

SUTZ-712-53-24-15

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงิน สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621/ 387 วันที่ 15 ก.พ. 2555
เรื่อง นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

SUTZ-712-52-24-63

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จและหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2553-2554 ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 1 โครงการ ดังนี้

โครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการ	จำนวนเงินคงเหลือ	ดอกเบี้ย	เงินที่โอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย (วันที่โอนเงิน)
การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกกดอัดอัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน	รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์	545,000.00	546,326.88	0.00	1,181.83	8/2/2555 โอน 1,181.83 บาท ส่วนเกิน 0.00 บาท

หมายเหตุ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนา:หัวหน้าโครงการ
จุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ
โทร 4072/4757



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงิน สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ 323

วันที่ 6 ก.พ. 2555

เรื่อง การตรวจสอบหลักฐานโครงการวิจัย

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ตามที่มหาวิทยาลัย ได้จัดสรรเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552-2553 ให้กับโครงการวิจัย เรื่อง “การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกกดโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน” จำนวนเงิน 545,000.00 บาท (ห้าแสนสี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน) โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ เป็นหัวหน้าโครงการ นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้ตรวจสอบหลักฐานการใช้จ่ายเงินเพื่อการวิจัยดังกล่าว ในการนี้จึงใคร่ขอแจ้งผลการตรวจสอบหลักฐานดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. ใบเสร็จรับเงินที่เกิดขึ้นจากการวิจัยเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 546,659.88 บาท (ห้าแสนสี่หมื่นหกพันหก ร้อยห้าสิบเก้าบาทแปดสิบแปดสตางค์) โดยมี

1.1 จำนวนเงินคงเหลือจากการวิจัย จำนวน 0.00 บาท

1.2 จำนวนเงินดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจากบัญชีโครงการทั้งหมด ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยถึง ณ วันที่ ปิดบัญชีโครงการ

2. จากข้อ 1.1 และ 1.2 หัวหน้าโครงการจะต้องดำเนินการโอนเงินจากบัญชี มทส.เสาคอนกรีต เลขที่ บัญชี 707-236165-4 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขาย่อยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โอนเข้าบัญชี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 707-2-14444-2 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. จัดส่งสำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการหลังปิดบัญชี และหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีตามข้อ 2 โดย รับรองสำเนาถูกต้องพร้อมใบเสร็จรับเงิน มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการด้วยจักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ศธ 5621/ว. 86

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย
ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา 30000

6 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอมอบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน สำเนาแจ้งท้าย

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา ได้รวบรวมรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ได้แก่ รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยบล็อกเหล็กและถูกไอบอร์ดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัยดังกล่าว สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอมอบรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์มาเพื่อใช้ประโยชน์ตามที่เห็นสมควรต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 044-224756 โทรสาร 044-224750



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 370/2066
วันที่ 30 มิ.ค. 2555
เวลา 10-00

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4287
ที่ ศธ 5614(22)/ 51 วันที่ 27 มกราคม 2555
เรื่อง ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

① เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยที่ได้รับจัดสรร
ทุนจากสำนักงานงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2552-2553 ของรองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์
ชื่อโครงการการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยบล็อกเหล็กและถูก
ไอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน จำนวน 15 ชุด พร้อม CD จำนวน 1 แผ่น

SUT-712-52-24-63

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

เรียน ฝ่ายประสานงานมหาวิทยาลัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รศ.ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

30 มี.ค. 2555

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคนบตี

สำเนาเรียน รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์

④ รับรายงานวิจัยจำนวน 15 เล่ม และ
☒ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ.....

③ เรียน ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย
เพื่อทราบ พร้อมนี้ได้นำส่งรายงานการวิจัย

จำนวน 15 เล่ม และ ☒ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ..... MS-Word

Signature
3 มี.ค. 55

✓ Pdf

System/Status/สรุป
✓ ✓ ✓

Signature
3 มี.ค. 55

* สรุป & จัดทำเสร็จแล้ว



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 1๕๖

วันที่ ๒๓ ธันวาคม 2554

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยของคณะอนุกรรมการฯ

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน มาเพื่อเสนอต่อคณะอนุกรรมการพิจารณาการขึ้นรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยนั้น

คณะอนุกรรมการฯ มีมติเห็นชอบร่างรายงานการวิจัยดังกล่าวแล้ว ตามหนังสือแจ้งเวียนที่ ศธ 5621/ว 0496 ลงวันที่ 14 ธันวาคม 2554

สถาบันวิจัยฯ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดังกล่าวเพื่อทราบมติของคณะอนุกรรมการฯ และส่งรายงานฉบับสมบูรณ์พร้อมทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้องให้สถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 31 มกราคม 2555 ตามรายการดังต่อไปนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 15 เล่ม ตามรูปแบบที่กำหนดคือ ปกสีฟ้า และเข้าเล่มแบบไสกาว ลำเนาหน้า/หลัง กรณีที่มีจำนวนหน้าตั้งแต่ 50 หน้าขึ้นไป (เพื่อนำไปเผยแพร่ให้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป กรณีที่มีข้อจำกัดในการเผยแพร่ โปรดแจ้งให้สถาบันวิจัยและพัฒนาทราบโดยด่วนด้วย)
2. เพื่อให้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติของระบบบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (NRPM) ขอให้ส่งแผ่น CD ที่บันทึกข้อมูลรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทั้งฉบับเป็นไฟล์ pdf และเฉพาะบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้บันทึกเพิ่มเป็นไฟล์ MS-Word อีก 1 ไฟล์
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (ตามแบบ สบพ.-ง-02)
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดจากการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ
5. กรณีที่มีการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยในการซื้อครุภัณฑ์หรือหนังสือ ต้องส่งครุภัณฑ์หรือหนังสือดังกล่าวคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาด้วย
6. สำเนาบัญชีเงินฝากของโครงการวิจัยเฉพาะหน้าที่มีการเคลื่อนไหวของเงิน (เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา จะแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบอีกครั้งเพื่อดำเนินการโอนเงินคงเหลือและดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นทั้งหมดให้มหาวิทยาลัยต่อไป)

(สำหรับรายละเอียดในข้อ 3-6 โปรดสอบถามเพิ่มเติมที่ฝ่ายธุรการของสถาบันฯ โทร. 4702)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดำเนินการต่อไปด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง พร้อมนี้ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยคืนมาด้วยแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว 0496

วันที่ 14 ธันวาคม 2554

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

ด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552-2553 วงเงินรวม 545,000 บาท ได้ส่งรายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูกไอบริดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย โดยมีรายละเอียดตามรายงานการวิจัยที่แนบมาพร้อมนี้

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณารายงานการวิจัยตามที่ได้เรียนให้ทราบข้างต้น และโปรดแจ้งผลการพิจารณารับรองรายงาน หรือความเห็นอื่นๆ ไปยังสถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังหนังสือฉบับนี้ ภายในวันที่ 21 ธันวาคม 2554 และขอความกรุณาส่งเอกสารคืนด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 1496/2554
วันที่ 13 ธ.ค. 2554
เวลา 10.00

หน่วยงาน.....สถานวิจัย.....สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....โทรศัพท์.....4229.....โทรสาร.....4287
ที่.....ศธ 5614(22)/ 633.....วันที่.....9 ธันวาคม 2554
เรื่อง.....ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง).....

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง) ที่ได้รับจัดสรรทุนงบประมาณจากสำนักงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2552-2553 ของ รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ชื่อโครงการการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีต และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน ซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้วจำนวน 7 ชุด พร้อมข้อเสนอแนะตามผู้ประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

เรียน ผ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป


(รศ.ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
14 ธ.ค. 2554


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคนบตี

สำเนาเรียน รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์

ส่งรายงาน พฤติกรรม ของ ค - อิมตาไนต์

คำอธิบายผลการพิจารณาร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูก
โอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

1. งานวิจัยมีประโยชน์มาก ที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกำลังเสาที่บกพร่อง ซึ่ง
ควรขยายผลการพัฒนางานวิจัยในการกำหนดค่าตัวคุณความปลอดภัยในมาตรฐานการ
ออกแบบ ทั้งนี้ รวมถึงการศึกษาด้านนี้วัดความน่าเชื่อถือ (Reliability Index) ด้วยก็จะ
ครอบคลุมการนำผลการวิจัยไปใช้ต่อในงานวิจัยอื่นๆ และเป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการ
จัดทำมาตรฐานการออกแบบ
ผู้วิจัยขอรับข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต
2. รายงานการวิจัยควรมีการตรวจทาน เพราะยังมีบางส่วนที่พิมพ์ผิดอยู่
ได้ทำการแก้ไขแล้ว



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 1๕๖2

วันที่ 24 พฤศจิกายน 2554

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552-2553 มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา จำนวน 1 ชุด เพื่อส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา นั้น

บัดนี้ ร่างรายงานการวิจัยเรื่องดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม รายละเอียดตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ และตามที่ปรากฏในร่างรายงานการวิจัย

สถาบันวิจัยฯ จึงขอความร่วมมือในการแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อทราบผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิและขอให้จัดส่งเอกสาร จำนวน 7 ชุด สำหรับแจ้งเวียนเพื่อขอความเป็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณาการประกันและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย ทั้งนี้ ขอให้ส่งไปยังสถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 30 ธันวาคม 2554 ดังนี้

1. ร่างรายงานการวิจัยที่แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. รายละเอียดการปรับปรุงแก้ไข ในกรณีที่ไม่มีปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ กรุณาชี้แจงเหตุผลให้ทราบด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าได้พิจารณาสาระทางวิชาการของร่างรายงานการวิจัยเรื่อง "การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน" เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งผลการพิจารณาพร้อมทั้งส่งคืนเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- | | |
|---|------------------------|
| 1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ | จำนวน 1 หน้า |
| 2. แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย | จำนวน 1 หน้า |
| 3. <u>แบบประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัยรายโครงการ</u> | จำนวน1..... หน้า |
| 4. แบบเสนอโครงการวิจัย | จำนวน 1 ชุด |
| 5. ร่างรายงานการวิจัย | จำนวน 1 ชุด |

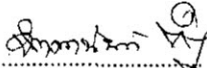
จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงนาม.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. สงวน วงษ์สวัสดิกุล)

๙ / ๗๔ / ๕๔

สำหรับเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

1) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติให้ฝ่ายธุรการดำเนินการเบิกจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เป็นเงิน 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน) พร้อมค่าธรรมเนียมในการจัดส่งเงินดังกล่าว (ถ้ามี)  (นางสาวจิตตานันท์ ดิกุล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ฝ่ายประสานงานการวิจัย ๒3 / ๗๔ / ๕๔	2) อนุมัติ (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา / /
---	--

ลับ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1

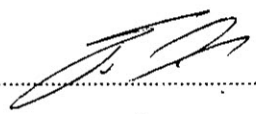
แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าขอแจ้งความประสงค์ในการรับเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ของโครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน" ดังนี้

- ☒ ยินดีรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องนี้ และประสงค์ให้ส่งค่าตอบแทนโดย
- ☐ ส่งธนาคัตติวงเงิน 1,000 บาท ส่งจ่าย ปณ.
- ☒ โอนเงินวงเงิน 1,000 บาท เพื่อเข้าบัญชีเงินฝาก (ยกเว้น ธนาคารออมสิน)
- ธนาคาร กสิกรไทย
- เลขที่บัญชี 200-2-78873-2
- ชื่อบัญชี สจจวน วงษ์ชวลิตกุล

- ☐ ไม่สะดวกในการรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องนี้ และขอแนะนำให้ติดต่อ
-
- หน่วยงาน.....
-
-

ลงนาม 

(รองศาสตราจารย์ ดร. สจจวน วงษ์ชวลิตกุล)

21 / 12 / 57

ลับ

แบบประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัยรายโครงการ
ของหน่วยงานภาครัฐระดับกรมที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ตามมติคณะรัฐมนตรี

แบบประเมินผลนี้ใช้สำหรับโครงการวิจัย/แผนงานวิจัย/แผนงานวิจัยบูรณาการ ที่มีแผนการดำเนินงาน
สิ้นสุดภายในปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 (30 กันยายน 2553) เท่านั้น

ส่วน ก ข้อมูลทั่วไป

1. ☒ ชื่อโครงการวิจัย ☐ ชื่อแผนงานวิจัย ☐ ชื่อแผนงานวิจัยบูรณาการ

การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูก
ไอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

2. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

3. ประเภทของการวิจัย

☐ การวิจัยพื้นฐาน

☐ การวิจัยประยุกต์

☒ การพัฒนาทดลอง

4. ความสอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ

4.1 ความสอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจ

และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) (เลือกตอบที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ)

☐ ยุทธศาสตร์การพัฒนาคุณภาพคนและสังคมไทยสู่สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้

☐ ยุทธศาสตร์การสร้างเสริมความเข้มแข็งของชุมชนและสังคมให้เป็นรากฐานที่มั่นคงของประเทศ

☒ ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน

☐ ยุทธศาสตร์การพัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพและการสร้างความมั่นคงของฐาน
ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

- ☐ ยุทธศาสตร์การเสริมสร้างธรรมาภิบาลในการบริหารจัดการประเทศ
- ☐ ไม่สอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554)

4.2 ความสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553)

(เลือกตอบที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ)

- ☐ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 1 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ
- ☐ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 2 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางสังคม
- ☒ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิชาการ และทรัพยากรบุคคล
- ☐ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การเสริมสร้างและพัฒนาทุนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- ☐ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 5 การบริหารจัดการความรู้ ผลงานวิจัย ทรัพยากร และภูมิปัญญาของประเทศสู่การใช้ประโยชน์ด้วยยุทธวิธีที่เหมาะสม
- ☐ ไม่สอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553)

4.3 ความสอดคล้องกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

(พ.ศ. 2551-2553) (เลือกตอบที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ)

- | | |
|--|--|
| ☐ การประยุกต์ใช้เศรษฐกิจพอเพียง | ☐ ความมั่นคงของรัฐและการเสริมสร้างธรรมาภิบาล |
| ☐ การปฏิรูปการศึกษา | ☐ การจัดการน้ำ |
| ☐ การพัฒนาพลังงานทดแทน | ☐ การเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกและลดการนำเข้า |
| ☐ การป้องกันโรคและการรักษาสุขภาพ | ☐ การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพ |
| ☒ เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม | ☐ การบริหารจัดการการท่องเที่ยว |
| ☐ ไม่สอดคล้องกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) | |

5. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

5.1 ตามข้อเสนอการวิจัย 2 ปี เดือน (2552-2551 - 2553)

(เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2553.)

5.2 ดำเนินการวิจัยจริง 3 ปี เดือน

(เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2554.)

ระยะเวลาดำเนินการวิจัยจริงแตกต่างจากข้อเสนอการวิจัย (ระบุสาเหตุ)

1. ข้อมูลของตัวอย่างทดสอบมีความผิดพลาด จึงต้องมีการแก้ไขใหม่ในบางส่วน

2. รอผลการตอบรับการนำเสนอผลงานเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

6. งบประมาณการวิจัย

☒ งบประมาณแผ่นดิน จำนวน 545,000 บาท (0/290,000/255,000)☐ แหล่งทุนอื่น (ระบุ) จำนวน บาท

7. ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย/แผนงานวิจัย/แผนงานวิจัยบูรณาการ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย/ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยบูรณาการ

ชื่อ นาย/นาง/นางสาว/ยศ. ดร. สิทธิชัย นามสกุล. แสงอาทิตย์

ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์

ตำแหน่งทางการบริหาร

หน่วยงาน สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

7.2 จำนวนผู้ร่วมดำเนินการวิจัย 2 คน

7.3 หน่วยงานร่วมดำเนินการวิจัย จำนวน หน่วยงาน

(กรุณาระบุรายละเอียดชื่อหน่วยงาน และลักษณะของการร่วมดำเนินการวิจัย)

ส่วน ข ผลการดำเนินการวิจัย

1. สถานภาพการวิจัย

1.1 ☐ ดำเนินการวิจัยเสร็จแล้ว

➤ รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

☒ มี

☐ ไม่มี (ระบุสาเหตุ)

1.2 ☐ ดำเนินการวิจัยแต่ยังไม่แล้วเสร็จ

(ระบุสาเหตุ)

คาดว่าจะแล้วเสร็จภายในเดือน.....พ.ศ.

1.3 ☐ ไม่ได้ดำเนินการวิจัย / ดำเนินการวิจัยแล้วต้องยุติ (ระบุสาเหตุ)

(หากไม่ได้ดำเนินการวิจัยหรือดำเนินการวิจัยแล้วต้องยุติ ให้ยุติการตอบข้อมูล)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

☒ เป็นไปตามวัตถุประสงค์

☐ ไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ (ระบุสาเหตุ)

3. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย

3.1 ☐ มีปัญหาและอุปสรรค (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ด้านนโยบายและแผนการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านหน่วยงานการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านความร่วมมือประสานงานทางการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านนักวิจัย/บุคลากรการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านผู้บริหารหน่วยงานวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านข้อมูล วัสดุ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านค่าใช้จ่ายและทุนอุดหนุนเพื่อการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านการส่งเสริมสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านการทำงานวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านผลงานวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านการเผยแพร่ผลงานวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านการนำผลงานวิจัยและพัฒนาไปใช้ประโยชน์ (ระบุ)

☐ ด้านการติดตามประเมินผลการวิจัยและพัฒนา (ระบุ)

☐ ด้านอื่นๆ (ระบุ)

3.2 ○ นักวิจัยมีแนวทางหรือวิธีการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นอย่างไร (ระบุ)

3.3 ○ หน่วยงานของท่านได้ดำเนินการหรือมีแนวทางแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น
อย่างไร (ระบุ)

3.4 ☒ ไม่มีปัญหาและอุปสรรค

4. ผลการวิจัยและการนำไปใช้ประโยชน์

4.1 ผลผลิต/สิ่งที่ได้จากการวิจัย (outputs) การวิจัยนี้เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน.....โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสา คอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้อาจยังสามารใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ.....ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย.....โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมโดยหน่วยงานหรือผู้ที่ให้นำผลงานการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่

1. ประชาชนทั่วไปที่ต้องการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. เอกชนที่ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบด้านงานก่อสร้างหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง การเคหะแห่งชาติ เทศบาล และ อบต. ต่างๆ เป็นต้น

4.2 จุดเด่นของผลการวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☒ แก้ปัญหาและพัฒนาประเทศตามประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554)

โครงการวิจัยสอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน ซึ่งให้ความสำคัญกับเรื่อง การปรับโครงสร้างการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพ และคุณค่าของสินค้าและบริการบนฐานความรู้และความเป็นไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่ตัวอย่างคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) แบบใหม่ และศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน เพื่อนำเสนอสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์กำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ ใช้ในการเสริมกำลัง (strengthening) ให้กับ

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์ ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ เช่น ไม่ต้องทุบทำลายโครงสร้างเก่าและสร้างโครงสร้างใหม่ และทางด้านสังคม เช่น ช่วยเพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงของโครงสร้างในกรณีที่เกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหว นอกจากนั้นแล้ว การใช้บล็อกเหล็กในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมโครงสร้างดังกล่าว แทนที่จะใช้วัสดุอื่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น fiber-reinforced composite จะเป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ และช่วยเสริมอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศอีกด้วย

☒ แก้ปัญหาและพัฒนาประเทศตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553)

โครงการวิจัยสอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิทยาการและทรัพยากรบุคคล ใน กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

แผนงานวิจัยที่ 1 การวิจัยและพัฒนา นวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข เทคโนโลยีด้านอวกาศยุทโธปกรณ์ เป็นต้น

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ เช่น การเสริมกำลังโดยการขยายขนาดหน้าตัดเสาให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ใช้สอยของอาคารและทำให้เกิดน้ำหนักคงที่ (dead load) กระทำต่ออาคารมากขึ้น

☐ สร้างความร่วมมือทางการวิจัยให้เป็นระบบเครือข่ายระหว่างภาครัฐและเอกชน

(ระบุ).....

☒ สร้างองค์ความรู้ใหม่/นวัตกรรมที่ทันสมัย

องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์ ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

☐ พัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่น

(ระบุ).....

☒ สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ (พัฒนานักวิจัย)

ในการดำเนินการวิจัยนี้จะมีนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 6 คนและระดับปริญญาโทจำนวน 2 คนของสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นผู้ช่วยวิจัย โดยจะได้ศึกษาในรายวิชาปริญญานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะสร้างนักศึกษาเหล่านี้มีทักษะและความรู้/ความคิดสร้างสรรค์ในด้านการวิจัย ซึ่งจะช่วยให้มีความใคร่รู้ มีความคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิต_นอกจากนั้นแล้ว นักศึกษาดังกล่าวจะได้เรียนรู้ถึงจรรยาบรรณนักวิจัยอีกด้วย

☐ มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย

(ระบุ).....

☒ ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ และคุณค่าเพิ่มทางสังคมและวัฒนธรรม

องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ เช่น ไม่ต้องทุบทำลายโครงสร้างเก่าและสร้างโครงสร้างใหม่ และทางด้านสังคม เช่น ช่วยเพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงของโครงสร้างในกรณีที่เกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหว นอกจากนั้นแล้ว การใช้บล็อกเหล็กในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมโครงสร้างดังกล่าว แทนที่จะใช้วัสดุอื่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น fiber-reinforced composite จะเป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ และช่วยเสริมอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศอีกด้วย

☐ อื่นๆ (ระบุ)

4.3 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (Outcomes)

1) ☐ นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์แล้ว (ตอบประเด็นที่นำไปใช้ประโยชน์มากที่สุดเพียง 1 ข้อ)

☐ ด้านคุณภาพชีวิตและสังคม ศักยภาพของคนและการศึกษา ด้านแพทย์และสาธารณสุข หลักประกันความมั่นคงของคนไทย สวัสดิการสังคม การสืบสานวัฒนธรรมไทย การส่งเสริมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงงามของสังคม ฯลฯ (ระบุ).....

☐ ด้านความมั่นคง อาทิ การเมือง การปกครอง กฎหมาย หลักธรรมาภิบาล การต่างประเทศ โครงสร้างพื้นฐาน และบริการด้านโทรคมนาคม (ระบุ).....

☐ ด้านเศรษฐกิจ อาทิ พาณิชยกรรม เกษตรกรรม อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พลังงาน ฯลฯ (ระบุ).....

☐ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ความหลากหลายทางชีวภาพ การบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด การป้องกันการทำลายและการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ การฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ (ระบุ).....

☐ อื่นๆ (ระบุ)

2) ☒ ยังไม่ได้นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (ระบุสาเหตุ).....

4.4 รูปแบบของการเผยแพร่และถ่ายทอดผลการวิจัย

(กรุณาระบุรายละเอียด เช่น ชื่อเรื่อง วัน/เดือน/ปี สถานที่ ชื่อวารสาร หรือรายการที่เผยแพร่)

☒ เสนอต่อที่ประชุม/สัมมนา ☒ ในประเทศ จำนวน.....3..... ครั้ง

☐ ต่างประเทศ จำนวน..... ครั้ง

ระบุชื่อการประชุม/สัมมนา.....

1.ชื่อเรื่อง Behavior of Circular Steel Tubed Concrete Specimens
Preconfined with Steel Jackets under Axial Compression.

วัน เดือน ปี 4-6 มีนาคม 2553

สถานที่ ณ โรงแรมรอยัลแมโงะ จังหวัดหนองคาย
 ชื่อวารสาร/รายการที่เผยแพร่ The 3rd Technology and Innovation for
 Sustainable Development International Conference (TISD2010.)

2. ชื่อเรื่อง การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกโอบรัดก่อน
 ด้วยปลอกเหล็ก (STUDY ON AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH OF
 SQUARE CONCRETE SPECIMENS PRECONFINED WITH STEEL
 JACKETS).....

วัน เดือน ปี 12-14 พฤษภาคม 2553

สถานที่ ณ โรงแรมสุรีย์ แกรนด์ คอนเวนชั่น เซนเตอร์ จ. อุบลราชธานี
 ชื่อวารสาร/รายการที่เผยแพร่ การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15

3. ชื่อเรื่อง ผลการโอบรัดก่อนด้วยปลอกเหล็กต่อพฤติกรรมของคอนกรีตหน้าตัด
 สี่เหลี่ยมจัตุรัสภายใต้การรับแรงในแนวแกน (Effect of Preconfined
 with Steel Jackets on Behaviors of Square Concrete
 Specimens under Axial Load).....

วัน เดือน ปี 18-20 พฤษภาคม 2554

สถานที่ ณ โรงแรมเดอะชาวัน จ. พัทยา
 ชื่อวารสาร/รายการที่เผยแพร่ การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16

☒ เสนอในสิ่งตีพิมพ์/วารสาร ☒ ในประเทศ จำนวน 1 ครั้ง
☐ ต่างประเทศ จำนวน ครั้ง

ระบุชื่อสิ่งตีพิมพ์.....

1. ชื่อเรื่อง พฤติกรรมและกำลังรับแรงกดอัดของ Concrete หน้าตัดกลมที่ถูกโอบรัด
 ก่อนด้วยปลอกเหล็ก

วัน เดือน ปี

สถานที่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

ชื่อวารสาร/รายการที่เผยแพร่ วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อุ.

- ☐ เสนอทางวิทยุ/โทรทัศน์/web site ☐ ในประเทศ จำนวน ครั้ง
☐ ต่างประเทศ จำนวน ครั้ง

ระบุชื่อและรายการสถานีวิทยุ/โทรทัศน์/ web site

- ☐ จัดฝึกอบรมกลุ่มเป้าหมาย ☐ ในประเทศ จำนวน ครั้ง
☐ ต่างประเทศ จำนวน ครั้ง

ระบุชื่อการฝึกอบรม/กลุ่มเป้าหมาย

- ☐ นำไปใช้ในการเรียนการสอน ในระดับการศึกษา
- (ระบุ)

4.5 การได้รับรางวัลต่าง ๆ การยื่นขอจดสิทธิบัตร อนุสิทธิบัตร หรือเครื่องหมายการค้า

- ☒ ได้รับรางวัล ชื่อรางวัล TISD 2010 Best Presentation Award (Session 7 on the Topic A : Civil Engineering and Construction Technology) สถาบันที่ให้รางวัล The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference (TISD 2010)

เมื่อวันที่ 4 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2553

- ☐ ยื่นขอจดสิทธิบัตร เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.
- ☐ ยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.
- ☐ ยื่นขอจดเครื่องหมายการค้า เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.

ลงชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย/

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยบูรณาการ

..... สิทธิชัย แสงอาทิตย์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

26 ตุลาคม 2554

ส่วน ค. การประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัย

หัวข้อ	ไม่สามารถ ประเมินผล ได้*	ความเห็นในการ ประเมินผล (P) (ระดับคะแนน A=1.0, B=0.8, C=0.6, D=0.4, E=0.2, F=0.0)	น้ำหนัก คะแนน (X)	คะแนน รวม (PX)
1. การบรรลุวัตถุประสงค์หลักของ การ		A	20	20
2. ความมีคุณค่าของผลการวิจัย		A	20	20
3. ความคุ้มค่าของผลการวิจัย		A	20	20
4. ผลลัพธ์ของการนำผลการวิจัยไป ใช้		B	15	12
5. การเผยแพร่ผลการวิจัยและ ทรัพยากร ทางปัญญาที่เกิดจากการวิจัย		A	15	15
6. ผลกระทบ (Impacts) ที่เกิดจาก การ นำผลการวิจัยไปใช้		B	10	8
รวม			100	95

หมายเหตุ : * โปรดระบุสาเหตุที่ไม่สามารถประเมินได้

ผลสรุปคุณภาพโดยรวมของผลการวิจัย

$\sum PX = 88 - 100$ ☒ ดีมาก

75 - 87 ☐ ดี

62 - 74 ☐ ดีพอใช้

50 - 61 ☐ พอใช้

< 50 ☐ ควรปรับปรุง

ข้อเสนอแนะของผู้ประเมินผลเพื่อการพัฒนางานวิจัยต่อไป

(ระบุประเด็น/เรื่องที่จะพัฒนางานวิจัยต่อไป และแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์)

1) งานวิจัยดังกล่าวมีประโยชน์มาก ที่จะนำไปใช้ใน มีใบประเมินตนเองแล้วของเจ้า
ที่มกพออง ซึ่งควรเร่งพัฒนาผลงานวิจัยในทางอื่นต่อให้มีความปลอดภัย ในมาตรฐาน
ทางออกของ ทั้งนี้รวมถึงการชี้แจงดัชนีชี้วัดความน่าเชื่อถือ (Reliability Index) ด้วยที่จะ
ครอบคลุม ครอบคลุมงานวิจัยนี้ไปใช้ทั่วในงานวิจัยอื่น ๆ และเป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการจัดทำมาตรฐาน
ทางออกของ

2) รายงานทั้งฉบับควรจัดทำเอกสาร และจัดพิมพ์บางส่วนที่พิมพ์ต่อไป

ลงชื่อผู้ประเมินผล



(รองศาสตราจารย์ ดร. สงวน วงษ์สวัสดิกุล)

ตำแหน่ง

เห็นชอบกับการประเมินผลการวิจัยนี้

ลงชื่อผู้บริหารหน่วยงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ตำแหน่ง

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ศธ 5621/ 1404



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

2 พฤศจิกายน 2554

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ร่างรายงานการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. สงวน วงษ์สวัสดิกุล

- | | | | | |
|------------------|---|-------|----|------|
| สิ่งที่ส่งมาด้วย | 1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ | จำนวน | 1 | หน้า |
| | 2. แบบแจ้งผลการพิจารณา ร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 1 | หน้า |
| | 3. แบบประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัยรายโครงการ
(แบบ ป-1) พร้อมคำชี้แจงการประเมินผล | จำนวน | 15 | หน้า |
| | 4. แบบเสนอโครงการวิจัย | จำนวน | 1 | ชุด |
| | 5. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ | จำนวน | 1 | ชุด |

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานะหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการเกี่ยวกับงานวิจัยของคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาศาสนาพุทธธรรมของคณาจารย์และเสาคณาจารย์เสริมหลักที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน” เป็นอย่างดี จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณา ร่างรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ทั้งนี้ มหาวิทยาลัยกำหนดอัตราค่าตอบแทนในการพิจารณา ร่างรายงานการวิจัย เรื่องละ 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดังนี้

1. โปรดกรอกรายละเอียดและลงนามในสิ่งที่ส่งมาด้วย 1 และ 2
2. โปรดประเมินร่างรายงานการวิจัยและลงนามในสิ่งที่ส่งมาด้วย 3 (แบบ ป-1 หน้า 12-13)

ทั้งนี้ ขอความกรุณาส่งเอกสารทั้งหมด (สิ่งที่ส่งมาด้วย 1, 2, 3, 4 และ 5 ยกเว้น หนังสือเรียนเชิญ)

คืนไปยังสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภายในวันที่ 6 ธันวาคม 2554

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและขอขอบคุณที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายประสานงานการวิจัย

โทรศัพท์ 0-4422-4753; โทรสาร 0-4422-4750 e-mail: jittanan@sut.ac.th, jittanan@g.sut.ac.th



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 1020/2554
วันที่ 26 ต.ค. 2554
เวลา 10.00

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4287
ที่ ศร.5614(22)/ 533 วันที่ 26 ตุลาคม 2554
เรื่อง ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง)

① เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง) ที่ได้รับจัดสรรทุนจากสำนักงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2552-2553 ของ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ชื่อโครงการการศึกษาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน เพื่อเสนอผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา จำนวน 1 เล่ม

๕๐๓๗-๗๑๒-๕๒-๒๔-๖๓

พ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

②

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

K. Santan

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการแทนคนบตี

(รศ.ดร.ยงนันทน์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

27 ต.ค. 2554

สำเนาเรียน รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์

3

เรียน ฝ่ายสารสนเทศการวิจัย
เพื่อทราบ

Stam/Status/Scan

1 wespe

Stam/Status/Scan

รับแล้ว

หน้าฝน

1 พ.ธ. 54



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบพ. -3-01
FORM IRD-B-01

สภามหาวิทยาลัยสุรนารี

วันที่ 4012/2553
วันที่ 29 ธ.ค. 2553
เวลา 10.30

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 4229 โทรสาร 4287
ที่ ศร 5614(22)/ 0812 วันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2553

เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 งวดที่ 2

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

5017-912-2-4-13

ตามที่ข้าพเจ้า รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัด สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ ได้รับเงินอุดหนุน
การวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษา
พฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัด
ในแนวแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 255,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบที่ 1. เป็น
จำนวนเงินทั้งสิ้น 128,000.00 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นแปดพันบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาตรี.....อัตราเดือนละ.....6,000.....บาท

ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....2.....คน เป็นเงิน.....72,000.....บาท

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....-.....อัตราเดือนละ.....-.....บาท

ระยะเวลา.....-.....เดือน จำนวน.....-.....คน เป็นเงิน.....-.....บาท

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ.....-.....บาท

ระยะเวลา.....-.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....-.....บาท

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ.....-.....บาท

ระยะเวลา.....-.....วัน จำนวน.....-.....คน เป็นเงิน.....-.....บาท

รวม... 72,000.....บาท

2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าตอบแทน - ค่าจ้างคนงานรายวันอัตรา 200 บาท/วัน/1 คน.....เป็นเงิน ..10,000.....บาท

ค่าใช้สอย - ค่าจ้างเหมาบริการ เช่น ค่าขนส่งวัสดุและอุปกรณ์และค่าจ้างทำแบบหล่อ.....เป็นเงิน ..10,000.....บาท

- ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก ค่ายานพาหนะ ค่าเช่ารถและน้ำมันรถยนต์.....เป็นเงิน ..10,000.....บาท

- ค่าพิมพ์รายงาน.....เป็นเงิน ..2,000.....บาท

- ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม.....เป็นเงิน ..2,000.....บาท

- ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการภายในประเทศ.....เป็นเงิน ..5,000.....บาท

ค่าวัสดุ - ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน.....เป็นเงิน ..7,000.....บาท

- ค่าวัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หินและทราย และโพลีเอสเตอร์.....เป็นเงิน ..10,000.....บาท

- วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและติดตั้งตัวอย่างทดสอบ.....เป็นเงิน ..50,000.....บาท

รวม..... 56,000.00 บาท

ค.วิ.อ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าโครงการวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ น.อ.ดร. วรพจน์ จำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

27 ส.ค. 2553

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินฯ วงค ที่ 1/888 แล้ว <i>28/8/54</i> ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายวง ที่ 2/53 ในวงเงิน 128,880 บาท (<i>มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์</i>) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก..... <i>ก.ม.ล</i> เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 27 ส.ค. 2554	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการ และ เงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... <i>ก.ม.ล</i> (รศ.ดร. อนันต์ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 7 ม.ค. 2554
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัย จำนวน 128,880 บาท (<i>หนึ่งแสนสองหมื่นแปดพันแปดสิบบาท</i>) เข้าบัญชีเงินฝาก ออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อ บัญชี <i>มทส. ใต้ตอนล่าง</i> เลขที่บัญชี 807-236165-4 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง <i>ก.ม.ล</i> (รศ.ดร. อนันต์ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 7 ม.ค. 2554	(4.2) ☒ เรียน. หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนารับบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุน การวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติ ฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็น หลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชี โครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป <i>ก.ม.ล</i> เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 7 ม.ค. 2554



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา
ที่ ศร 5621/ 0451
เรื่อง ขอส่งเอกสารด้านการเงินกลับคืน

โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750
วันที่ 20 เม.ย. 2554

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

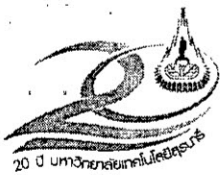
SUT 7-712-52-24-63

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารทางการเงินของโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่
ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน ขนาดที่ 1/2553 นั้น บัดนี้งานการเงิน
สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ตรวจสอบเอกสารทางการเงินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว (ตามเอกสารแนบ) แต่เนื่องจากในปัจจุบัน
สถาบันวิจัยและพัฒนาไม่มีพื้นที่เพียงพอในการเก็บเอกสารและอาจเกิดการสูญหายของใบเสร็จรับเงินได้ จึงขอส่งคืน
เพื่อแก้ไขใบเสร็จที่ไม่ถูกต้อง (ถ้ามี) เมื่อท่านพร้อมปิดโครงการวิจัย จึงขอยื่นเอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาใน
คราวเดียว หากมีข้อสงสัยประการใด ติดต่อได้ที่ คุณสุวิมล นิติเกตุโกศล โทร. 4702

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงิน สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/

วันที่

เรื่อง นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จและหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2553 ของสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 1 โครงการ ดังนี้

โครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการ	จำนวนเงินคงเหลือ	ดอกเบี้ย	เงินที่โอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย (วันที่โอนเงิน)
ทุนสนับสนุนวิจัยหลังปริญญาเอก (Post Doctoral Researcher) หรือนักวิจัยบัณฑิตศึกษา (Post Graduate Researcher) ให้แก่ นายบัญชา บุรณะบุญดี	รองศาสตราจารย์ ดร. หนึ่ง เตียอำรุง	324,000.00	324,000	0.00	0.00	0.00 โอน - โอน -

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ว. 1

วันที่ 1 มกราคม 2554

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนา ใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณารายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาที่แนบมาพร้อมนี้ ภายในวันที่ 7 มกราคม 2554 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ SUT7-712-52-24-63

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็ก และถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2552-2553)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 จำนวน 290,000.00 บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 จำนวน 255,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2552 จำนวน 145,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 148,664.00 บาท

งวดที่ 2/2552 จำนวน 145,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 135,066.80 บาท

งวดที่ 1/2553 จำนวน 127,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 114,461.60 บาท

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 2/2553 จำนวน 128,000.00 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบันคิดเป็น ร้อยละ รายละเอียดตามเอกสารรายงานความก้าวหน้า

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย - จำนวน 5 หน้า

2. รายงานผลการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2553 จำนวน 1 หน้า

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 1/2553

ผลการดำเนินการระหว่างวันที่ 11 ธันวาคม 2552 ถึงวันที่ 25 ธันวาคม 2553

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

(ภาษาอังกฤษ) Study on Mechanical Behaviors of Steel-Tubed Concrete and Steel-Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressive Loads

2. หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนน มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044)224420, 224421 โทรสาร (044) 224220 E-mail: sitichai@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket)

2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และได้ข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยอาศัยข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

5. แผนการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น		←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม					←→	←→	←→	←→
3.2 หน้าตัดกลม					←→	←→	←→	←→
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→	←→	←→	←→	←→	←→
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→	←→	←→	←→	←→	←→

6. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำถึงในช่วงที่รายงานนี้นับจากเริ่มโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น		←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม					←→	←→	←→	←→
3.2 หน้าตัดกลม					←→	←→	←→	←→
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→	←→	←→	←→	←→	←→
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→	←→	←→	←→	←→	←→

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริงนับจากเริ่มโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น								
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม					←→			
3.2 หน้าตัดกลม					←→			
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→		←→	←→		

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 45 (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 5 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค้นคว้าและศึกษางานวิจัยจากวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องมากกว่า 20 บทความ ได้ถูกดำเนินการนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุป โดยได้ดำเนินการเก็บเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (100%)

ขั้นตอนที่ 2: ศึกษาวิธีการทดสอบและออกแบบการทดสอบต่าง ๆ

- 2.1 ทำการจัดเตรียมและจัดเก็บวัสดุตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ห้องปฏิบัติการทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อรอการใช้งานและการทดสอบต่อไป
- 2.2 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่น universal testing machine, loading frame, hydraulic ram, hydraulic pump, pressure gauge, strain gage indicator, LVDT, และ dial gauge เป็นต้น ว่ามีจำนวนครบตามที่ต้องการและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี ซึ่งได้ดำเนินการแล้ว 100%

ขั้นตอนที่ 3: จัดหาวัสดุและจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบต่าง ๆ

ได้ดำเนินการจัดหาวัสดุและจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบได้เสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (90%)

ขั้นตอนที่ 4: การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ

ได้เริ่มดำเนินการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต ปลอกเหล็ก และคอนกรีตและปลอกเหล็ก โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 คอนกรีต

- ทำการทดสอบแรงกดอัดของคอนกรีตที่กำลังอัดประลัยที่ 18 MPa, 25 MPa และ 32 MPa ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (100%)

4.2 เหล็กเส้น

ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (100%)

4.3 ปลอกเหล็ก

- ทำการทดสอบแรงดึงของเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็กที่ความหนา 3.2 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (100%)

4.4 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก

- ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กแบบไม่มี pre-confinement และแบบที่มี pre-confinement ได้ดำเนินการเกือบเสร็จสมบูรณ์แล้ว (80%)

ขั้นตอนที่ 5: การทดสอบเสาในห้องปฏิบัติการ

- ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของเสาแล้วเสร็จบางส่วน (50%)

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ข้อมูล

ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้ดำเนินการไปแล้ว (60%)

ขั้นตอนที่ 7 : การสรุปผลการวิจัยและการเขียนรายงานและการเผยแพร่ผลงานวิจัย

ได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนบทความวิชาการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติแล้ว 1 เรื่อง ในการประชุมวิชาการระดับประเทศแล้ว 1 เรื่อง และกำลังดำเนินการส่งบทความวิชาการเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ และการประชุมวิชาการระดับประเทศอีกอย่างละ 1 เรื่อง (โปรดดูหัวข้อที่ 9)

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่งานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ

- ตีพิมพ์บทความและนำเสนอในงานประชุม The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference (TISD2010), Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Nongkhai Thailand, March 4-6, 2010
- ตีพิมพ์บทความและนำเสนอในงานประชุมงานประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15 (NCCE15) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 12-14 พฤษภาคม 2552

- อยู่ระหว่างดำเนินการส่งบทความฉบับเต็มลงพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- อยู่ระหว่างดำเนินการส่งบทความฉบับเต็ม เข้าร่วมงานการนำเสนอผลงานในงานประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16 (NCCE16) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

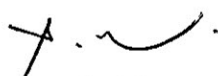
มีความผิดพลาดในการทดสอบเสาเกิดขึ้น ทำให้งานวิจัยล่าช้าประมาณ 3 เดือน

11. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์								
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต								
2.3 เหล็กเส้น								
2.4 ปลอกเหล็ก								
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก								
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม							←→	
3.2 หน้าตัดกลม							←→	
4. การวิเคราะห์ข้อมูล							←→	
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน							←→	

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ไม่มี -


 (รองศาสตราจารย์ ดร. สิตวิชัย แสงอาทิตย์)
 หัวหน้าโครงการวิจัย

24 ธ.ค. ๖๖

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ...2553.....
Research Expenditure for Fiscal Year.....

โครงการวิจัยเรื่อง.....การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน
 ภายใต้แรงอัดในแนวแกน.....

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)		
	งวดที่ 1* 1 st Installment	งวดที่ 2 2 nd Installment	รวมทั้งหมด Total
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย โปรดแสดงรายละเอียด Temporary Wages (Show details)			
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือนๆ ละ 6,000 บาท	72,000	72,000	144,000
รวมค่าจ้างชั่วคราว Total	72,000	72,000	144,000
2. ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Compensation, Service contracting, and nonrenewable materials expenses (show details)			
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน 200 บาท/วัน/คน จำนวน 100 วัน	10,000	10,000	20,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าขนส่งวัสดุ/อุปกรณ์ ค่าจ้างทำแบบ หล่อ ค่าหล่อตัวอย่างทดสอบ และค่าติดตั้ง strain gage เป็นต้น	10,000	10,000	20,000
2.3 ค่าเช่ารถ ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะ เดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	10,000	10,000	20,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	0	2,000	2,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเขียนเล่ม	0	2,000	2,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ	0	5,000	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	5,000	7,000	12,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หิน และทราย โพลีเอสเตอร์ coupling agent และ additive วัสดุหล่อตัวอย่าง และ fiber เป็นต้น	10,000	10,000	20,000
2.9 วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด เช่น strain gages และติดตั้ง ตัวอย่างทดสอบ เช่น กาวและจุกครอบรับ เป็นต้น	10,000	0	10,000
รวมค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ Total	55,000	56,000	111,000
3. ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Equipment (show details)			
3.1 ไม่มี	0	0	0
รวมค่าครุภัณฑ์ Total	0	0	0
รวมทั้งสิ้น (1+2+3) Grand total	127,000	128,000	255,000

(ลงชื่อ)..... หัวหน้าโครงการ
 Head of Project

(.....)

25/1/53

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของงวดที่ 1 เบิกได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดโครงการในแต่ละปี ยกเว้นกรณีที่

- 1) มีความจำเป็นต้องตั้งเบิกเกินกว่านี้ให้ทำบันทึกชี้แจงเหตุผลเสนอขออนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแนบมาด้วย
- 2) มีรายการครุภัณฑ์ ให้หักค่าครุภัณฑ์ทั้งหมดออกจากเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการก่อน ส่วนงบฯ ที่เหลือให้เบิกจ่ายใน รายการค่าจ้างชั่วคราว
 ค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ รวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 50



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ว. 0326

วันที่ 90 สิงหาคม 2553

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณาหลักเกณฑ์และจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่ง รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย จำนวน 6 โครงการ และขอขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย จำนวน 1 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ดังนี้

1. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเก้าอี้ขีวมวลในประเทศไทยเพื่อใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ (SUT7-712-53-12-13)
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรวัฒน์ สินศิริ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
2. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาต้นแบบโรงงานผลิตเชื้อเพลิงขีวมวลสำหรับชุมชน (SUT7-703-52-12-39)
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง (SUT7-703-48-12-74)
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
4. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาต้นแบบสถานีผลิตไฟฟ้าและความร้อนขนาดเล็กโดยใช้เตาผลิตก๊าซชีววมวลแบบสองทางออก (SUT7-703-48-12-75)
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
5. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและทดสอบเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขีวมวลแบบสองทาง สำหรับการอบแห้ง และการผลิตกระแสไฟฟ้า (SUT7-703-46-12-32)
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
6. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกต้นไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานขีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (SUT7-703-50-12-58)
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
7. ขอยกยเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง SUT7-712-51-24-47 (SUT7-712-51-24-47)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 25 สิงหาคม 2553 ด้วย

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ 1999

วันที่ ๕ สิงหาคม 2553

เรื่อง ขอให้เร่งรัดการส่งรายงานการวิจัยของ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัด สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งเรื่องเพื่อขอย้ายเวลาส่งรายงานการวิจัย จำนวน 2 เรื่อง และสถาบันวิจัยและพัฒนา (สบวพ.) ได้ส่งหนังสือที่ ศร 5621/0257 ลงวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2553 แจ้งมติคณะกรรมการพิจารณาการพิจารณาโครงการและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย ที่ได้เห็นชอบให้ขยายเวลาส่งรายงานการวิจัยทั้ง 2 เรื่องข้างต้นออกไป โดยมีระยะเวลาที่แตกต่างกันในแต่ละเรื่อง ดังนี้

รหัส/ชื่อโครงการ	มติคณะกรรมการฯ อนุมัติให้ขยายเวลาได้ถึง
1. SUT7-712-51-24-47 สมบัติทางกลของโพลีเอสเตอร์โพลีเมอร์คอนกรีตภายใต้แรงอัดและแรงดึง	วันที่ 22 พฤษภาคม 2553
2. SUT7-712-52-24-63 การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัด ก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน (พรีพรีสเทส)	วันที่ 30 มิถุนายน 2553

ให้ส่งภายใน
ขอเวลาให้
31 มี.ค. 54.

เนื่องจาก สบวพ. ยังไม่ได้รับรายงานการวิจัยทั้ง 2 เรื่องดังกล่าวตามกำหนดเวลาข้างต้น และได้ส่งเลยมาเป็นเวลาพอสมควรแล้ว ในการนี้ สบวพ. จึงขอความกรุณาสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ประสานกับรองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ในการจัดส่งรายงานการวิจัยทั้ง 2 เรื่อง เรื่องละ 1 ชุด ไปยัง สบวพ. ภายในวันที่ 31 สิงหาคม 2553 เพื่อส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาต่อไป ทั้งนี้ ในกรณีที่โครงการยังไม่แล้วเสร็จสามารถขอย้ายเวลาได้ครั้งละไม่เกิน 6 เดือน ตามแนบปฏิบัติ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้ง รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ เพื่อดำเนินการต่อไปด้วย
จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบพ. -4-0
FORM IRD-B-01

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 843/2553
วันที่ 12 มี.ค. 2553
เวลา 10.30

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 4229 โทรสาร 4287
ที่ ศร 5614(22)/ 0157 วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2553
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 งวดที่ 1

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

5079-912-52-24-63

ตามที่ข้าพเจ้า รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัด สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ ได้รับเงินอุดหนุน
การวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน เป็น
จำนวนเงินทั้งสิ้น 255,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงวดที่ 1. เป็น
จำนวนเงินทั้งสิ้น 127,000.00 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาตรี.....อัตราเดือนละ.....6,000.....บาท

ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....2.....คน เป็นเงิน.....72,000.....บาท

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ.....บาท

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ.....บาท

ระยะเวลา.....วัน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

รวม... 72,000.....บาท

2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าตอบแทน - ค่าจ้างคนงานรายวันอัตรา 200 บาท/วัน/1 คน.....เป็นเงิน ..10,000 บาท

ค่าใช้สอย - ค่าจ้างเหมาบริการ เช่น ค่าขนส่งวัสดุและอุปกรณ์และค่าจ้างทำแบบหล่อ.....เป็นเงิน ..10,000 บาท

- ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก ค่ายานพาหนะ ค่าเช่ารถและน้ำมันรถยนต์.....เป็นเงิน ..10,000 บาท

- ค่าพิมพ์รายงาน.....เป็นเงิน0. บาท

- ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม.....เป็นเงิน0. บาท

- ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการภายในประเทศ.....เป็นเงิน0. บาท

ค่าวัสดุ - ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน.....เป็นเงิน5,000 บาท

- ค่าวัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หินและทราย และโพลีเอสเตอร์.....เป็นเงิน10,000 บาท

- วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและติดตั้งตัวอย่างทดสอบ.....เป็นเงิน10,000 บาท

รวม..... 55,000.00 บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าโครงการวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

10 / 11 / 53

(รองศาสตราจารย์ น.อ.ดร. วรพจน์ ขำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

10 มี.ค. 2553

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงาน

ความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินฯ งวด

ที่ 2 / 53 แล้ว

☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายงวด

ที่ 1 / 53 ในวงเงิน 127,000 บาท

(หน่วยเงินบาท หรือ พันบาท)

☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก

ก. วิมล

(นางสุวิมล นิตีกุลโกศล)

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

สถาบันวิจัยและพัฒนา

123 มี.ค. 2553

(3)

☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการ และ เงื่อนไขข้างต้นได้

☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ

ก. วิมล

(รศ.ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

23 มี.ค. 2553

(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

เพื่อโปรดดำเนินการ โอนเงินอุดหนุนการวิจัย

จำนวน 127,000 บาท (หนึ่งแสนสองพัน

เจ็ดพันบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝาก

ออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อ

บัญชี มทส. 151 คณกร

เลขที่บัญชี 707-236165-6 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ก. วิมล

(รศ.ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

23 มี.ค. 2553

(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย

สวพ. ขอส่งสำเนารับทึบของอนุมัติเงินอุดหนุน การวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกของอนุมัติ ฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็น หลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการ โอนเงินเข้าบัญชี โครงการวิจัยแล้ว

เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ก. วิมล

(นางสุวิมล นิตีกุลโกศล)

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

สถาบันวิจัยและพัฒนา

23 มี.ค. 2553



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ 0450

วันที่ 11 มิ.ค. 2553

เรื่อง ขอรหัสครุภัณฑ์โครงการวิจัย

เรียน หัวหน้าส่วนพัสดุ

9๗ 7-712-52-24-63

ตามที่มหาวิทยาลัยได้จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนการดำเนินการวิจัย นั้น บัดนี้ โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดข” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย ได้ดำเนินการจัดซื้อครุภัณฑ์จำนวนหนึ่ง (ตามเอกสารแนบ) สถาบันวิจัยฯ จึงใคร่ขอความร่วมมือจากส่วนพัสดุในการจัดตั้งรหัสครุภัณฑ์เพื่อจัดทำทะเบียนครุภัณฑ์ต่อไป หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมติดต่อได้ที่ คุณสุวิมล นิติเกตุโกศล โทร.4702

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา
ที่ ศร 5621/ 0178
เรื่อง ขอส่งเอกสารด้านการเงินกลับคืน

โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750
วันที่ 17 6 มิ.ค 2553

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

501 9-712 -52-24-63

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารทางการเงินของโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูก
ห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดดันในแนวแกน งวดที่ 2/2552 นั้น บัดนี้งานการเงิน
สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ตรวจสอบเอกสารทางการเงินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว (ตามเอกสารแนบ) แต่เนื่องจากในปัจจุบัน
สถาบันวิจัยและพัฒนาไม่มีพื้นที่เพียงพอในการเก็บเอกสารและอาจเกิดการสูญหายของใบเสร็จรับเงินได้ จึงขอส่งคืน
เพื่อแก้ไขใบเสร็จที่ไม่ถูกต้อง (ถ้ามี) เมื่อท่านพร้อมปิดโครงการวิจัย จึงค่อยนำเอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาใน
คราวเดียว หากมีข้อสงสัยประการใด ติดต่อได้ที่ คุณสุวิมล นิตเกตุโกศล โทร. 4702

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ


(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 842/2553
วันที่ 12 มี.ค. 2553
โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
วันที่ 11 มีนาคม 2553

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศร.5614(22)/ 0165 วันที่ 11 มีนาคม 2553
เรื่อง ขอส่งเอกสารทำสัญญาโครงการวิจัย (โครงการต่อเนื่อง)

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งเอกสารประกอบการทำสัญญาโครงการวิจัยที่ได้รับจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย จากสำนักงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2552-2553 ของรองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ชื่อโครงการการพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน งบประมาณที่ได้รับจัดสรร 255,000 บาท พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบการทำสัญญาดังนี้

1. ข้อเสนอโครงการพร้อมแผนการใช้จ่ายเงิน 2 ชุด
2. รายงานการเงินงวดที่ 2 ของปี 2552 พร้อมใบเสร็จ
3. ใบขออนุมัติเบิกเงินงวดที่ 1 ปี 2553

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รศ.ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
15 มี.ค. 2553

K. Fungjir
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคนบดี

* หนึ่งขจร

15 มี.ค. 53

60 กสข.โครงการ 50 1-3 200. k สวิมล พงษ์สงวน

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

ปธ 5614 (227/0157

- โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน
- ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
- ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 ทั้งสิ้น 290,000 บาท
โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

☐ งวดที่ 1 ได้รับเงิน	133,000.00 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	148,664.00 บาท
☒ งวดที่ 2 ได้รับเงิน	145,000.00 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	135,066.80 บาท
☒ ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน	+27,000.00 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	11,900.00 บาท

คงรายละเอียดต่อไปนี้ คงเหลือ - 5,630.80 บาท

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี	เบิกจ่ายตามใบเสร็จ งวดที่ 1	เบิกจ่ายตามใบเสร็จ งวดที่ 2	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป	
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (แสดงรายละเอียด) Temporary Wages (Show details)					
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย นักศึกษา ป.โท 2 คน	144,000.00	60,000.00	72,000.00	12,000.00	
รวม Total	144,000.00	60,000.00	72,000.00	12,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)					
- ค่าจ้างคนงานรายวัน 200 บาท/วัน/คน	20,000.00	12,521.00	5,400.00	2,079.00	
- ค่าจ้างเหมาค่าจ้าง เช่น ค่าขนส่งวัสดุ/ อุปกรณ์ ค่าจ้างทำแบบหล่อ ค่าหล่อ	32,000.00	24,100.00		7,900.00	
ตัวอย่างทดสอบ และค่าติดตั้ง strain gage					
- ค่าเช่ารถ ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าน้ำ	20,000.00	4,755.00	10,330.00	4,915.00	
เลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และติดต่อดูสื่อสาร					
- ค่าพิมพ์รายงาน	1,000.00			1,000.00	
- ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	2,000.00			2,000.00	
- ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานวิชาการ	5,000.00		3,000.00	2,000.00	
- ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	10,000.00	1,969.00		8,031.00	
- ค่าวัสดุงานวิจัย เช่น ปูนซีเมนต์ หิน และ	18,000.00	11,818.00	23,430.00	17,248.00	
ทราย โพลีเอสเตอร์ coupling agent และ					
additive วัสดุหล่อตัวอย่าง และ fiber					
- วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด เช่น strain	26,000.00	33,501.00	20,494.80	27,995.80	
gages และติดตั้งตัวอย่างทดสอบ เช่น กาว			62,654.80		
และจลกรรรับ					
รวม Total	134,000.00	88,664.00	63,066.80	-17,318.80	
ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (แสดงรายละเอียด)					
- คอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็ก	12,000.00		11,900.00	100.00	
รวม Total	12,000.00	0.00	11,900.00	100.00	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น Grand total	290,000.00	148,664.00	146,966.80	5,218.80	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

หัวหน้าโครงการ

10 2-1-57

ตรวจสอบแล้ว

12 ส.ค. 2553



สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่ 42/2552 ลงวันที่ 11 ธันวาคม 2551

สัญญาฉบับนี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบล สุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 70 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ระหว่างมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี โดย รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับ มอบอำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 6/2552 ลงวันที่ 26 กันยายน 2552 และที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า "ผู้ให้ทุน" ฝ่าย หนึ่ง กับรองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี สุรนารี ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า "ผู้รับทุน" อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงแก้ไขเพิ่มเติมสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 42/2552 ลงวันที่ 11 ธันวาคม 2551 มีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงขยายเวลาและให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพิ่มเติม สำหรับโครงการวิจัย เรื่อง "การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกเหล็กและถูกโอบรัด ก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน" ตามเอกสารหมายเลข 1 ออกไปอีก มีกำหนดระยะเวลาประมาณ 16 เดือน นับตั้งแต่วันที่ 11 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ถึงวันที่ 31 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2554 เป็นจำนวนเงิน 255,000 บาท (สองแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตาม รายละเอียด ดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็น เงิน 127,000 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

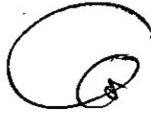
งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 128,000 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นแปดพันบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการ พร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการ ประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

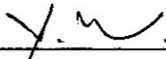
ข้อ 2. ผู้รับทุนจะนำส่งผลงานเพิ่มเติม ดังนี้

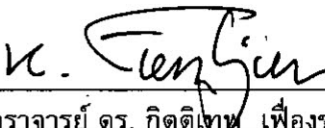
- (1) รายงานความก้าวหน้าของการวิจัยตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราวๆ ไป
- (2) รายงานการผลการวิจัยพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2552 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 และผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมรายงานการเงินงวดสุดท้าย เมื่อโครงการวิจัยเสร็จ สมบูรณ์

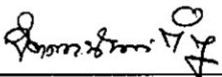
ข้อ 3. เงื่อนไขอื่นๆ ซึ่งไม่ได้กำหนดไว้ในสัญญานี้ ให้เป็นไปตามเดิมทุกประการ

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้
โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ)  ผู้รับทุน
(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ)  พยาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)  พยาน
(นางสาวจิตตานันท์ ดิกุล)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ...2553.....
Research Expenditure for Fiscal Year.....

โครงการวิจัยเรื่อง.....การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกหล่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดใน
 แนวแกน.....

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)		
	งวดที่ 1* 1 st Installment	งวดที่ 2 2 nd Installment	รวมทั้งหมด Total
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย โปรดแสดงรายละเอียด Temporary Wages (Show details)			
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือนๆ ละ 6,000 บาท	72,000	72,000	144,000
รวมค่าจ้างชั่วคราว Total	72,000	72,000	144,000
2. ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Compensation, Service contracting, and nonrenewable materials expenses (show details)			
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน 200 บาท/วัน/คน จำนวน 100 วัน	10,000	10,000	20,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าขนส่งวัสดุ/อุปกรณ์ ค่าจ้างทำแบบ หล่อ ค่าหล่อตัวอย่างทดสอบ และค่าติดตั้ง strain gage เป็นต้น	10,000	10,000	20,000
2.3 ค่าเช่ารถ ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะ เดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	10,000	10,000	20,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	0	2,000	2,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	0	2,000	2,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ	0	5,000	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	5,000	7,000	12,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หิน และทราย โพลีเอสเตอร์ coupling agent และ additive วัสดุหล่อตัวอย่าง และ fiber เป็นต้น	10,000	10,000	20,000
2.9 วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด เช่น strain gages และติดตั้ง ตัวอย่างทดสอบ เช่น กาวและจูดรองรับ เป็นต้น	10,000	0	10,000
รวมค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ Total	55,000	56,000	111,000
3. ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Equipment (show details)			
3.1 ไม่มี	0	0	0
รวมค่าครุภัณฑ์ Total	0	0	0
รวมทั้งสิ้น (1+2+3) Grand total	127,000	128,000	255,000

(ลงชื่อ).....

หัวหน้าโครงการ
Head of Project

(.....)

10 / 28.0 / 53

ตรวจสอบแล้ว

12 ส.ค. 2553

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของงวดที่ 1 เบิกได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดโครงการในแต่ละปี ยกเว้นกรณี

- 1) มีความจำเป็นต้องตั้งเบิกเกินกว่านี้ให้ทำบันทึกชี้แจงเหตุผลเสนอขออนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแบบมาด้วย
- 2) มีรายการครุภัณฑ์ ให้หักค่าครุภัณฑ์ทั้งหมดออกจากเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการก่อน ส่วนงบฯ ที่เหลือให้เบิกจ่ายใน รายการค่าจ้างชั่วคราว
ค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ รวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 50

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาที่ _____ /
โครงการวิจัยเรื่อง เทคโนโลยีการผลิตและใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรและสมุนไพร
จากพืชสมุนไพร

ชื่อบัญชี จกส- ๒๕๔๐๖๖๖๖

เลขที่บัญชี ๗๐๗-๕-3616๕-4

ธนาคาร ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

1. ดร.สุวิมล งามนวล งามนวล จกส- ๒๕๔๐๖๖๖๖๖ คณบดี
2. ดร.สุวิมล งามนวล งามนวล จกส- ๒๕๔๐๖๖๖๖๖ หัวหน้าสถานวิจัย
3. ดร.สุวิมล งามนวล งามนวล จกส- ๒๕๔๐๖๖๖๖๖ หัวหน้าโครงการวิจัย

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 3

ลงนาม จกส- ๒๕๔๐๖๖๖๖๖
(ดร.สุวิมล งามนวล งามนวล จกส- ๒๕๔๐๖๖๖๖๖)

ผู้รับทุน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

แบบ ว-1ด

(ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2550)

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอ ของงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย).....การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วย
ปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน.....

(ภาษาอังกฤษ).... Study on Mechanical Behaviors of Steel-Tubed Concrete and Steel-
Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressive Loads.....

ชื่อแผนงาน/ชุดโครงการวิจัย(กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย) (ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

.....โครงการวิจัยใหม่

...✓...โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...2...ปี ปีนี้เป็นปีที่...2...รหัสโครงการวิจัย.....

I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม
แห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ซึ่งประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (เลือกเพียง 1 ยุทธศาสตร์โดยทำ
เครื่องหมาย ✓ ที่ และระบุเฉพาะข้อความที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อเท่านั้น (ยุทธศาสตร์และ
ข้อความที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

.....✓... ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน

ให้ความสำคัญกับเรื่อง (เลือกเพียง 1 ข้อเท่านั้น)

3.1 การปรับโครงสร้างการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพ และคุณค่าของสินค้าและบริการบนฐานความรู้
และความเป็นไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่
คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) แบบใหม่ และศึกษาพฤติกรรมการรับ
แรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่
ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ ใช้ในการเสริม
กำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้าน โครงสร้าง (structurally
deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่
สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้
งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถถูก
นำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว
ในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัด
กาญจนบุรี ดาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลทั้ง
ทางด้านเศรษฐกิจ เช่น ไม่ต้องทุบทำลายโครงสร้างเก่าและสร้างโครงสร้างใหม่ และทางด้านสังคม เช่น ช่วย
เพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงของโครงสร้างในกรณีที่เกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหว นอกจากนั้นแล้ว การใช้
ปลอกเหล็กในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมโครงสร้างดังกล่าว แทนที่จะใช้วัสดุอื่นที่นำเข้าจาก

ต่างประเทศ เช่น fiber-reinforced composite จะเป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ และช่วยเสริมอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศอีกด้วย

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ซึ่งประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (เลือกเพียง 1 ยุทธศาสตร์โดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ และระบุเฉพาะกลยุทธ์และแผนงานวิจัยที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ เท่านั้น ยุทธศาสตร์ / กลยุทธ์ / แผนงาน ที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

.... ✓ ... ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิชาการและทรัพยากรบุคคล

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

แผนงานวิจัยที่ 1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข เทคโนโลยีด้านอวกาศโทรคมนาคม เป็นต้น

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ เช่น การเสริมกำลังโดยการขยายขนาดหน้าตัดเสาให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ใช้สอยของอาคารและทำให้เกิดน้ำหนักคงที่ (dead load) กระทำต่ออาคารมากขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ในการดำเนินการวิจัยนี้จะมีนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 6 คนและระดับปริญญาโทจำนวน 2 คนของสาขาวิศวกรรมโยธามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นผู้ช่วยวิจัย โดยจะได้ศึกษาในรายวิชาปริญญานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะสร้างนักศึกษาเหล่านี้มีทักษะและความรู้/ความคิดสร้างสรรค์ในด้านการวิจัย ซึ่งจะช่วยให้มีความใฝ่รู้ มีความคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนั้นแล้ว นักศึกษาดังกล่าวจะได้เรียนรู้ถึงจรรยาบรรณนักวิจัยอีกด้วย

III ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ซึ่งประกอบด้วย 10 กลุ่มเรื่อง (เลือกเพียง 1 กลุ่มเรื่องโดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ ข้อความที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

... ✓ ... เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ โดยเทคโนโลยีใหม่จะเป็นการพัฒนากระบวนการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปลอกเหล็ก เพื่อให้คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังและความเหนียวที่ดีขึ้น เพื่อใช้เป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหว

แดง ที่กรุงเทพมหานคร โดยไม่ต้องทำการรื้อถอนและก่อสร้างใหม่ ดังนั้น จะช่วยลดปัญหาการสูญเสียทางเศรษฐกิจได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันอาคารต่างๆ จำนวนมากในประเทศไทยจำเป็นต้องมีการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ซึ่งเทคโนโลยีที่ศึกษานี้จะเหมาะสมกับประเทศไทย เป็นการใช้ประโยชน์จากสินค้าที่ผลิตได้เองในประเทศให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และสุดท้ายจะช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศไทยให้ก้าวหน้าต่อไป นอกจากนั้นแล้ว เทคโนโลยีนี้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย

IV ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

1. นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง (เลือกเพียง 1 เรื่อง)

1.13 สร้างโอกาสให้ประชาชนได้มีที่อยู่อาศัยอย่างทั่วถึง

ดูเหตุผลข้อ III ประกอบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่เกิดจากการวิจัยนี้ย่อมมีผลทางอ้อมให้ประชาชนได้มีรูปแบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยที่มีประสิทธิภาพ มีความคงทน แข็งแรงสูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำผลลัพธ์ที่เกิดจากการวิจัยนี้ไปใช้ในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เช่น ในกรณีของแผ่นดินแดง ที่กรุงเทพมหานคร เป็นต้น

2. นโยบายระยะการบริหารราชการ 4 ปี ของรัฐบาล (เลือกเพียง 1 นโยบาย)

2.4 นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยจะก่อให้เกิดองค์ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ เช่น การเสริมกำลังโดยการขยายขนาดหน้าตัดเสาให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ใช้สอยของอาคารและทำให้เกิดน้ำหนักคงที่ (dead load) กระทำต่ออาคารมากขึ้น

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย (โปรดคำชี้แจงประกอบตอนท้าย)

1. ผู้รับผิดชอบ [คณะผู้วิจัย บทบาทของนักวิจัยแต่ละคนในการทำวิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)] และหน่วยงาน [ประกอบด้วยหน่วยงานหลัก หน่วยงานสนับสนุน โดยระบุที่อยู่ พร้อมทั้งลักษณะของการร่วมงานวิจัยกับหน่วยงานอื่น (ถ้ามี)]

ผู้รับผิดชอบ

หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. สิริชัย แสงอาทิตย์

Assoc. Prof. Dr. Sittichai Seangatith

สัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 100%

หน่วยงาน

หน่วยงานหลัก

สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 อ. มหาวิทยาลัย ด. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224326

E-mail: sitichai@sut.ac.th

2. ประเภทของการวิจัย/ประกอบด้วยการวิจัยพื้นฐาน หรือการวิจัยประยุกต์ หรือการพัฒนาทดลอง ระบุเพียง 1 ประเภทเท่านั้น

การพัฒนาทดลอง (Experimental Development)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย (จัดตามกลุ่มของ วช. โปรดดูคำชี้แจงที่ <http://www.su.ac.th/ird>)

สาขาวิชาการ: วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

กลุ่ม: วิศวกรรมอุตสาหกรรมวิจัย

4. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ของโครงการวิจัย

คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อเหล็ก, เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็ก,

การโอบรัดก่อน, แรงกดอัดในแนวแกน

Steel-Tubed concrete, Steel-Tubed Reinforced Concrete Column, /
Pre-confinement, Axial compressive load

5. ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในประเทศไทย อาคารประเภทต่างๆ เช่น บ้าน ทาวเฮาส์ และอาคารพาณิชย์ เป็นต้น มักจะถูกก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเฉพาะเป็นการก่อสร้างแบบหล่อในที่ (cast-in-place construction) ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ ประหยัด - เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีราคาที่ย่อมเยา หาซื้อได้ง่าย และต้องการการดูแลรักษาน้อย ความเหมาะสมของวัสดุสำหรับงานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง - เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถทำให้เป็นรูปร่าง ลักษณะ และขนาดที่ต้องการได้ง่าย ความต้านทานต่อไฟไหม้ - คอนกรีตมีความต้านทานต่อไฟไหม้ได้ดี โดยไม่ต้องมีถูกพันทับด้วยฉนวนกันไฟ และความแกร่ง (rigidity) - เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีมวลมากและความแกร่งสูง ดังนั้น การสั่น (vibration) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจึงมีน้อยกว่าในโครงสร้างเหล็ก อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องดำเนินการเป็นขั้นตอนตามลำดับคือ ติดตั้งแบบหล่อและค้ำยัน ผูกเหล็ก เทคอนกรีต และรอให้คอนกรีตแข็งตัวจนมีกำลังเพียงพอจึงทำการถอดแบบ ซึ่งการก่อสร้างลักษณะนี้มักจะใช้ระยะเวลาการก่อสร้างนานและทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างสูง โดยเฉพาะระหว่างขั้นตอนการเทคอนกรีตและถอดแบบหล่อคอนกรีต นอกจากนั้นแล้ว การก่อสร้างดังกล่าวจะต้องมีการจัดเตรียมไม้แบบเพื่อทำแบบหล่อและติดตั้งค้ำยัน ซึ่งมักจะต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือค่อนข้างสูงไม่เช่นนั้นแล้วจะเกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา เช่น แบบหล่อไม้ได้ขนาดตามที่กำหนด แบบรั่วทำให้คอนกรีตไหลออกในตอนที่เทคอนกรีต และแบบแตก เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เสียเงินและเสียเวลาในการดำเนินการเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องผลทางด้านเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งมีการแข่งขันกันในด้านฝีมือ ราคา และความรวดเร็วในการดำเนินการ ในทางอ้อม การใช้ไม้เป็นแบบหล่อคอนกรีตก่อให้เกิดปัญหาการตัดไม้ ซึ่งเป็นผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

เนื่องจากปัญหาในการก่อสร้างอาคารที่กล่าวข้างต้น จึงเกิดการพัฒนารูปแบบการก่อสร้างแบบต่างๆ ขึ้นมา โดยเฉพาะการนำระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (prefabrication) มาช่วยเสริมในบางส่วนของโครงสร้าง เช่น แผ่นพื้นสำเร็จรูป และคานสำเร็จรูป (กรรมและสิทธิฯ, 2548 และ จักษุและสิทธิฯ, 2548) เป็นต้น และการใช้แบบหล่อสำเร็จรูปที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งการใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จเป็นแบบหล่อให้กับ โครงสร้างและให้รับแรงกระทำร่วมกับโครงสร้างโดยไม่มีการถอดแบบหล่อดังกล่าวออกจากโครงสร้าง เช่น การใช้ท่อเหล็ก

(Johansson, 2000 และ 2001) หรือท่อซีเมนต์ไยหิน (สรัญและสิทธิชัย, 2547) เป็นแบบหล่อสำเร็จรูปถาวรของเสา เป็นต้น โดยในปัจจุบัน เสาเชิงประกอบหรือเสาคอมโพสิท (composite column) เช่น เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็ก (steel-encased reinforced concrete column) ได้ถูกนำมาใช้ในงานโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ดังปรากฏรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบในมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design ของ American Institute of Steel Construction และ Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures ของ Architectural Institute of Japan โดยมีข้อดีที่สำคัญคือ เสาเชิงประกอบดังกล่าวช่วยทำให้การก่อสร้างมีความสวยงามและรวดเร็ว โดยใช้ท่อเหล็กหรือปลอกเหล็กเป็นแบบหล่อถาวรให้โครงสร้าง และปลอกเหล็กดังกล่าวยังร่วมกับแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กในการรับแรงกระทำโดยอาศัย composite action ซึ่งเป็นผลทำให้เสาดังกล่าวมีกำลังรับแรงกดอัด (compressive strength) และความเหนียว (ductility) สูงกว่าเสาเหล็กรูปพรรณและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมาก นอกจากนั้นแล้ว composite action ยังช่วยทำให้เสาดังกล่าวมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้มากก่อนที่จะเกิดการวิบัติ และเหมาะสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในพื้นที่ที่มีแผ่นดินไหว (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992) ซึ่งพฤติกรรม composite action ดังกล่าวจะมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวได้ถูกพิจารณาเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวระดับปานกลางแล้ว ดังนั้น การศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรม composite action จึงมีประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยที่การเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ จะช่วยให้อาคารดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการกระทำของแรงแผ่นดินไหวมากขึ้น อีกทั้งจะช่วยลดความสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สินที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากภัยแผ่นดินไหว นอกจากนั้น การเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ จะช่วยให้ไม่ต้องทำการรื้อถอนและสร้างอาคารขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจได้เป็นอย่างมาก

ในการใช้งานอีกรูปแบบหนึ่ง ท่อเหล็กและปลอกเหล็กข้างต้นยังได้ถูกนำมาเสริมกำลังแบบภายนอก (external strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งาน โครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น วิธีการเสริมกำลังดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่มี composite action ระหว่างปลอกเหล็กและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และรูปแบบที่ไม่มี composite action โดยรูปแบบที่หนึ่งจะเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่ารูปแบบที่ 2 เนื่องจากข้อดีของ composite action ดังที่กล่าวข้างต้นจะช่วยทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังมีกำลัง ความเหนียว และมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้สูงขึ้นกว่าในรูปแบบที่ 2 การเสริมกำลังแบบภายนอกให้กับเสา คอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างและที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์นั้นมีผลดีทางด้านเศรษฐกิจเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วข้างต้น กล่าวคือ จะช่วยให้อาคารเดิมสามารถใช้งานได้ต่อไป โดยสามารถถูกออกแบบเสริมกำลังให้เป็นไปตามข้อบังคับของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ดูรายละเอียดสำหรับอาคารที่จะต้องถูกตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารได้ที่ <http://www.inspector->

engineering.com/building-inspector-standard-engineering.asp) ได้ ทำให้ไม่ต้องทำการรื้อถอนและสร้างอาคารขึ้นมาใหม่

โดยสรุปแล้ว การใช้ปลอกเหล็กในการห่อหุ้มเสาคอนกรีตหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายนอกดังที่กล่าวข้างต้นนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งในการก่อสร้างโครงสร้างใหม่และปรับปรุง/ซ่อมแซมโครงสร้างเดิมที่มีอยู่แล้ว ซึ่งก่อให้เกิดผลดีทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและมาตรฐานการออกแบบของ ว.ศ.ท. 1008-38 พบว่า สมการออกแบบของ ว.ศ.ท. ก็ไม่ได้พิจารณาถึง composite action โดยข้อกำหนดที่ 4314 กำหนดให้ออกแบบเสาเชิงประกอบโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป ซึ่งการไม่ได้พิจารณาถึง composite action ของมาตรฐานการออกแบบของ ว.ศ.ท. 1008-38 นั้นน่าจะมีสาเหตุหลักมาจากความไม่แน่นอนในการพัฒนา composite action ที่เกิดขึ้นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยอาศัยความแข็งแรงและความหนาของปลอกเหล็กเป็นหลัก ตลอดจนมาตรฐานการควบคุมการก่อสร้างในประเทศไทยยังไม่สมบูรณ์มากนัก ตลอดจนวิศวกรไทยยังขาดความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรม composite action จึงเป็นสาเหตุของความไม่แน่นอนมากขึ้น ดังนั้น การไม่พิจารณาถึง composite action จึงน่าเป็นเรื่องที่เหมาะสม แต่จะทำให้ขาดประสิทธิภาพในการใช้องค์การดังกล่าวและก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองทางเศรษฐกิจ ดังนั้น เพื่อก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรม composite action ที่มากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการให้หน่วยแรงโอบรัดแก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการให้ pre-confinement แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยจะทำการพัฒนาระบบการให้ pre-confinement แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ง่ายและสามารถปฏิบัติได้ในสนามและทำการทดสอบ เพื่อช่วยให้เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับแรงกดอัดและการวิบัติของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กดังกล่าว

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket)
2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และได้ข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยอาศัยข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และการวิบัติ โดยตัวอย่างที่ศึกษาเป็นคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่าและทรงกลม โดยมีกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนอย่างน้อย 300 kN และไม่เกิน 1500 kN เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือทดสอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า พฤติกรรมของเสาคอนกรีตในลักษณะข้างต้นขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น กำลังของคอนกรีต หน่วยแรงคราก (yielding stress) และโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของเหล็ก ลักษณะการให้แรงกดอัดกระทำต่อเสา อัตราส่วนของความกว้างของปลอกเหล็กต่อความหนาของปลอกเหล็ก (B/t) อัตราส่วนความสูงของเสาต่อความกว้างของหน้าตัดเสา (L/B) อัตราส่วนกำลังของคอนกรีตต่อกำลังของเหล็ก และรูปร่างหน้าตัดของปลอกเหล็ก (Huang et.al., 2002) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดขอบเขตของงานวิจัยโดยมีรายละเอียดของดังนี้

7.1 ตัวแปรหลักที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 ตัวแปร คือ

1. คอนกรีตมีกำลังรับแรงกดอัดประลัย 18 MPa, 25 MPa และ 32 MPa ตามมาตรฐานการทดสอบ โดยคอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ (ready-mixed concrete) ที่ขายในเชิงพาณิชย์และมักถูกใช้ในการก่อสร้างอาคารในประเทศไทย
2. ปลอกเหล็ก หรือ steel jacket มีลักษณะเป็นท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่ากลวงและท่อเหล็กหน้าตัดกลมกลวงที่ผลิตโดยการพับแผ่นเหล็กโครงสร้างแบบเย็น (cold-formed) เป็นสองส่วนและนำมาเชื่อมรอยต่อเข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแผ่นเหล็กเป็นเหล็กตามมาตรฐานเหล็กโครงสร้างของ มอก. ที่มีความหนา 3.2 mm 4.5 mm และ 6.0 mm โดยปลอกเหล็กที่มีความหนา 4.5 mm มีค่า B/t ผ่านเกณฑ์ของมาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ของข้อกำหนดของ AISC LRFD 1994 ปลอกเหล็กที่มีความหนา 3.2 mm มีค่า B/t ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งสองข้างต้น และปลอกเหล็กที่มีความหนา 6.0 mm มีค่า B/t ผ่านเกณฑ์ทั้งสองข้างต้น และมีอัตราส่วนของปริมาณปลอกเหล็กต่อพื้นที่หน้าตัดเสามากกว่า 4% ตามข้อกำหนดของ AISC LRFD

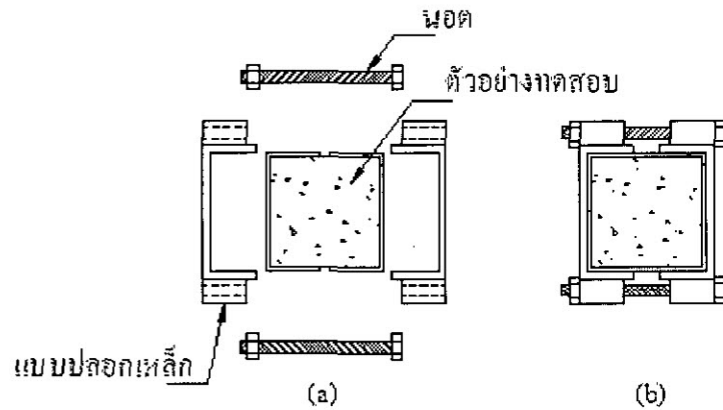
7.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต แผ่นเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็ก และเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ถูกกระทำตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

7.3 ตัวอย่างทดสอบ มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าขนาด 150×150 mm และหน้าตัดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm โดยตัวอย่างทดสอบคอนกรีตมีความสูง 300 mm และตัวอย่างทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีความสูง 750 mm ทำให้มีค่า L/B เท่ากับ 5.0 ซึ่งเป็นค่าที่มักใช้ในการก่อสร้างอาคารเดี่ยวและอาคารสูงปานกลางในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีก้อยู่ในช่วง 5 ถึง 9 (Schneider, 1998) และถูกจำกัดโดยความสูงของเครื่องมือทดสอบ โดยเสาตัวอย่างทดสอบไม่มีระบบที่ใช้ในการถ่ายแรงเฉือนระหว่างแกนคอนกรีตเสริมเหล็กและปลอกเหล็ก

7.4 แรงกระทำเป็นแรงกดอัดในแนวแกนที่กระทำต่อแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กของตัวอย่างทดสอบ โดยผ่านแผ่นรับแรงแบกทาน (bearing plate) ซึ่งเทียบได้กับการกระทำของแรงกดอัดต่อเสาเชิงประกอบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38 ข้อ 4314(ค)

7.5 หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) จะได้จากระบบการให้แรงกระทำ ซึ่งประกอบด้วยนอตและแบบปลอกเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 1(a) ซึ่งในการให้ pre-confinement ต่อตัวอย่างทดสอบนั้น แกนคอนกรีตจะถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กก่อน จากนั้น จะถูกห่อหุ้มด้วยแบบปลอกเหล็กถ่ายแรงอีกชั้นหนึ่ง จากนั้น ใช้นอตยึดแบบปลอกเหล็กถ่ายแรง ดังที่แสดงในรูปที่ 1(b) และทำการให้แรงบิดกระทำต่อนอต ซึ่งจะทำให้แบบปลอกเหล็กถ่ายแรงทำการอัดต่อปลอกเหล็กและแกนคอนกรีตตามลำดับ ซึ่งแรงดังกล่าวจะเป็นหน่วยแรงโอบรัดก่อน โดยในเบื้องต้น หน่วยแรงโอบรัดก่อนที่ใช้ในการศึกษาจะก่อให้เกิดหน่วยแรงโอบรัดต่อตัวอย่างทดสอบคอนกรีต 2 ค่า

ดังต่อไปนี้สำหรับตัวอย่างทดสอบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า ใช้น้ำหนักแรงโอบรัดก่อน คือประมาณ 0.05 และ 0.1 เท่าของกำลังประลัยของคอนกรีต และตัวอย่างทดสอบหน้าตัดกลม ใช้น้ำหนักแรงโอบรัดก่อน คือประมาณ 0.05 และ 0.08 เท่าของกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบและความสามารถของเครื่องมือทดสอบ)



รูปที่ 1 (a) ชิ้นส่วนต่างๆ ในการประกอบตัวอย่างทดสอบและ (b) หน้าตัดของตัวอย่างทดสอบขณะถูกห่อหุ้มด้วยระบบให้ pre-confinement

8. ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) ในอาคารขนาดเล็ก คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างเสามีกำลังรับแรงกดอัดประลัย, f'_c , เท่ากับกำลังของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างคานและพื้น ซึ่งมักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-25 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนเสาที่ใช้มักจะเป็นเหล็กที่มี yield stress, f_y , อยู่ระหว่าง 300-400 MPa เสา มักจะมีหน้าตัดอยู่ระหว่าง 0.15-0.25 m และสูง 2.2-2.8 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแนวแกน, A_{st} , จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด, A_g , ของเสา เสาจะต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 9 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ

ในกรณีเสาสั้นและใช้เหล็กปลอกเดี่ยวที่มักใช้ในอาคารขนาดเล็ก มาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดให้กำลังที่ยอมให้, $\phi P_{n(max)}$, ของเสาดังกล่าวที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะหาได้จากสมการ

$$\phi P_{n(max)} = 0.80\phi[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (1)$$

เมื่อเทอม 0.80 เป็นตัวคูณลดกำลังเนื่องจาก accidental moment เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น โมเมนต์เนื่องจาก unbalanced moment ที่เกิดขึ้นในคาน การที่เสาในชั้นต่างๆ ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และการที่คอนกรีตในเสาถูก compact ไม่ทั่วกันตลอดความยาวของเสา เป็นต้น ACI กำหนดเทอมค่าคงที่ 0.85 จากผลการทดสอบเสา 564 ต้นที่ University of Illinois และ Lehigh University เทอม ϕ เป็น strength reduction factor โดยกำหนดให้มีค่า 0.75 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวและ 0.70 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการทดสอบที่พบว่า เสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวมี ductility ที่สูงกว่าเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว

จากการทดสอบคอนกรีตที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในสามแกน (triaxially compressive loading test) พบว่า กำลังและ ductility ของคอนกรีตมีค่าสูงกว่ากำลังและ ductility ของคอนกรีตที่กระทำโดยแรงกดอัดในแกนเดียว (axially compressive loading test) โดยกำลังของคอนกรีตในสภาพดังกล่าว, f_1 , จะหาได้จากสมการ

$$f_1 = f'_c + 4.1f_2 \quad (2)$$

เมื่อ f_2 เป็นหน่วยแรงรักรอบ (confined stress) ซึ่งเทอมที่สองทางขวามือของเครื่องหมายเท่ากับแสดงให้เห็นถึงผลของการโอบรัดหรือการรักรอบของปลอกเหล็กแฉกที่เกิดขึ้นที่ต่อคอนกรีต ซึ่งน่าที่จะเป็นไปได้ที่ผลการรักรอบดังกล่าวจะมีต่อเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเช่นกัน ซึ่งการโอบรัดดังกล่าวจะทำให้เสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังรับแรงกดอัดสูงกว่าเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ และจะเป็นผลทำให้กำลังที่ยอมให้ของเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกรักรอบที่หาจากสมการออกแบบข้างต้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตที่ผ่านมาพบว่า การโอบรัดหรือการรักรอบดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนา ค่า yielding stress และค่า modulus of elasticity ของปลอกเหล็กและแรงโอบรัดจะเป็นแบบ passive confinement ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่มากนัก ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กถูกกระทำโดยหน่วยแรงรัรอบ f_2 โดยตรง ซึ่งจะเป็นผลทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

9. การทบทวนวรรณกรรม (reviewed literature) / สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

9.1 พฤติกรรมและกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

9.1.1 เสาคอนกรีตล้วน

จากการทดสอบเสาคอนกรีตที่ปราศจากเหล็กเสริมโดยการกดอัดในแนวแกน ซึ่งพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อกำลังรับแรงกดอัดของเสา เช่น ขนาดรูปร่างของเสา คุณภาพของคอนกรีต อัตราการให้แรงกดอัด ความชะลูดของเสา ตลอดจนลักษณะของการล่อเสาดัวอย่างนี้อาจหล่อในแนวดิ่งหรือในแนวนอน พบว่า พฤติกรรมการรับแรงกดอัดของเสาคอนกรีตล้วนมีลักษณะแบบเปราะ (brittle) ที่คล้ายกับพฤติกรรมการรับแรงกดอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีต กล่าวคือ ในช่วงแรกของการให้แรงกระทำ ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง (stress) และความเครียด (strain) ในแนวแกนของเสาคอนกรีตจะเป็นเส้นค่อนข้างตรงจนถึงประมาณ 50% ของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีต จากนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีความโค้งมากขึ้น เนื่องจากการแตกร้าวภายในที่มากขึ้น จนถึงกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดที่จุดที่เส้นกราฟความสัมพันธ์มีความชันเป็นศูนย์ จากนั้น ความสามารถในการรับแรงกดอัดของเสาคอนกรีตจะลดลงอย่างต่อเนื่อง สุดท้าย เสาคอนกรีตจะเกิดการวิบัติโดยจะเกิดการแตกออก (splitting) ในแนวยาวของเสาหรือเป็นแบบเฉือนขนานในระนาบเอียง โดยหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.85 เท่าของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีตหรือ $0.85f'_{co}$ ดังนั้น ถ้าเสาคอนกรีตมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิ A_c และมีกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก f'_{co} แล้ว กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดในแนวแกนของเสาคอนกรีต P จะหาได้จากสมการ

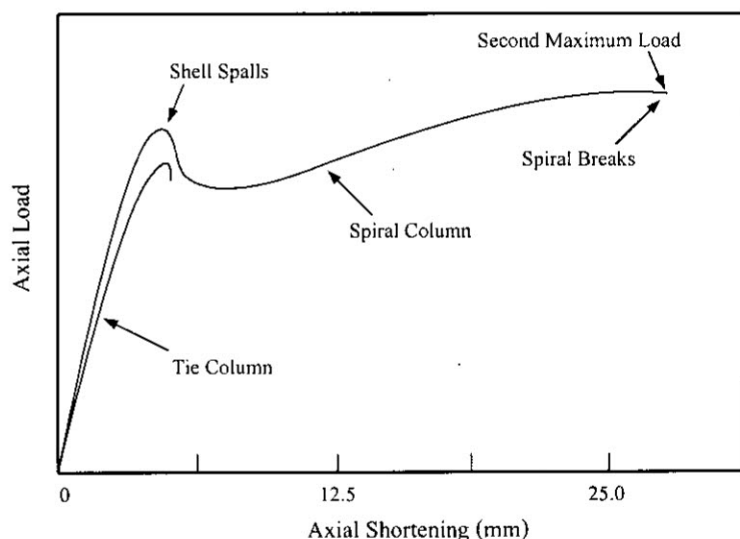
$$P = 0.85f'_{co} A_c \quad (3)$$

9.1.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

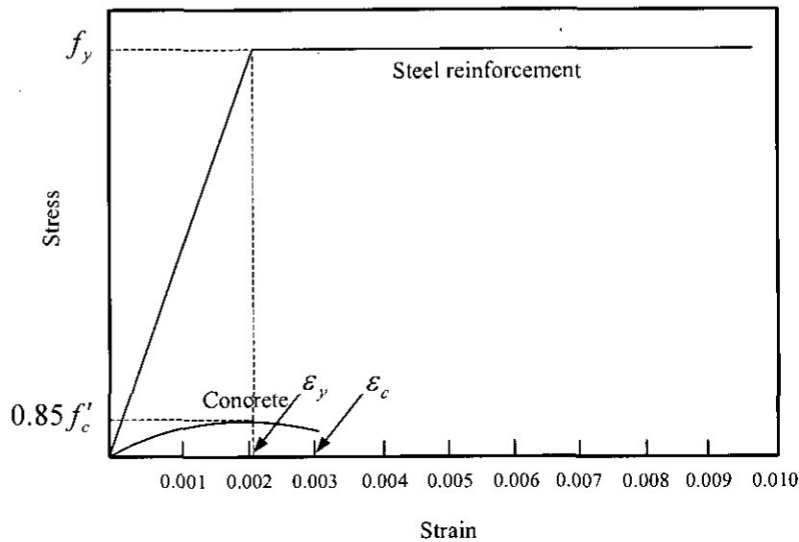
เสาคอนกรีตที่เสริมเฉพาะเหล็กเสริมหลักอย่างเดียว (ไม่มีเหล็กปลอก) มีพฤติกรรมแบบเปราะและการวิบัติค่อนข้างคล้ายกับการวิบัติของเสาคอนกรีต กล่าวคือทันทีที่คอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมหลักถูกกด

อัดแตกและร่อนออก เหล็กเสริมหลักจะถูกกดอัดและเกิดการวิบัติโดยการ โกงเดาะ แต่เมื่อเสาคอนกรีตดังกล่าว ถูกเสริมด้วยเหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กปลอกเดี่ยว เหล็กปลอกจะช่วยโอบรัดแกนคอนกรีตภายในไว้หลังจาก ที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตก ทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นมีกำลังรับแรงกดอัดเพิ่มขึ้น และช่วยให้เสามี พฤติกรรมแบบเหนียว (ductile) มากขึ้น ก่อนที่จะเกิดการวิบัติ

รูปที่ 2 แสดงพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยว ถ้าเสา ปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตและมีปริมาณเหล็กเสริมหลักเท่ากันและ สมมติว่าเหล็กเสริมหลักมีกำลังจุดครากไม่สูงมากนัก (เช่น เหล็กเส้น SD30 และ SD40) แล้ว จากการทดสอบ พบว่า เมื่อหน่วยแรงกดอัดในคอนกรีตและเหล็กเสริมมีค่าอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (elastic) ความสัมพันธ์ระหว่างแรง กดอัดกับการหดตัวในแนวแกนของเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยวก่อนข้างเหมือนกัน โดยความสัมพันธ์ ดังกล่าวจะมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรงในช่วงเริ่มต้น แต่เมื่อเสารับแรงกดอัดมากขึ้นจนหน่วยแรงกดอัดใน คอนกรีตมีค่าสูงเกินกว่า $0.5f'_{co}$ โดยประมาณแล้ว ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งมากขึ้น เรื่อยๆ เมื่อแรงกดอัดมีค่าสูงจนกระทั่งหน่วยแรงกดอัดในเหล็กเสริมถึงจุดครากแล้ว แรงกระทำที่เพิ่มขึ้นจะถูก รองรับโดยคอนกรีต จากนั้น คอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมจะเริ่มแตกร้าว ถ้าระยะห่างของเหล็กปลอกเดี่ยวนั้น ค่ามากเกินไป เมื่อคอนกรีตหุ้มถูกอัดแตกแล้ว เสาจะเกิดการวิบัติอย่างทันทีทันใด (abrupt failure) เพราะเหล็ก เสริมหลักที่อยู่ระหว่างเหล็กปลอกเดี่ยวนั้นจะถูกกดอัดและ โกงเดาะทางข้างทันที ทำให้เสามีพฤติกรรมการวิบัติ แบบเปราะ แต่ถ้าเหล็กปลอกเดี่ยวนั้นมีระยะห่างน้อยกว่าที่มาตรฐานการออกแบบกำหนดแล้ว กำลังรับแรงกดอัด ของเสาจะค่อยๆ ลดลงภายหลังจากที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตกทำให้เสามีพฤติกรรมการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไป (progressive failure) มากขึ้น อย่างไรก็ดี ในทางทฤษฎีถือว่าเสานั้นไม่เหมาะที่จะใช้งานอีกต่อไปเมื่อคอนกรีต หุ้มเหล็กเสริมหลักถูกอัดแตก



รูปที่ 2 พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียว (Macgregor, 1997)



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม (วินิต ช่อวิเชียร, 2540)

การวิเคราะห์กำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาสั้น พิจารณาได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริมดังแสดงในรูปที่ 3 โดยกำหนดให้คอนกรีตมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุดเท่ากับ $0.85f'_{co}$ ที่ความเครียดกดอัดเท่ากับ 0.002 mm/mm (ACI committee 318-05) และให้คอนกรีตมีความเครียดกดอัดสูงสุดก่อนวิบัติเท่ากับ 0.003 mm/mm โดยกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียว (ก่อนที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตก) มีค่าเท่ากับผลรวมของกำลังรับแรงกดอัดที่ได้จากคอนกรีตและเหล็กเสริมหลัก เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม ดังรูปที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อใช้เหล็กเสริมที่มีหน่วยแรงที่จุดคราก f_y (yield stress) อยู่ระหว่าง 300-400 MPa แล้ว เหล็กเสริมนั้นจะมีความเครียดที่จุดคราก (ϵ_y) เท่ากับ $0.0015-0.002 \text{ mm/mm}$ ซึ่งทำให้เหล็กเสริมหลักในเสาจะถูกกดอัดถึงจุดครากก่อนที่คอนกรีตถูกกดอัดจนถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น ก่อนที่คอนกรีตหุ้มจะถูกอัดแตก หน่วยแรงกดอัดของคอนกรีตจะถูกสมมุติให้มีค่า $0.85f'_{co}$ และหน่วยแรงกดอัดของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับหน่วยแรงคราก f_y ดังนั้น กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะหาได้จากสมการ

$$P = 0.85f'_{co}(A_g - A_s) + f_y A_s \quad (4)$$

เมื่อ A_g คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา

A_s คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมหลัก

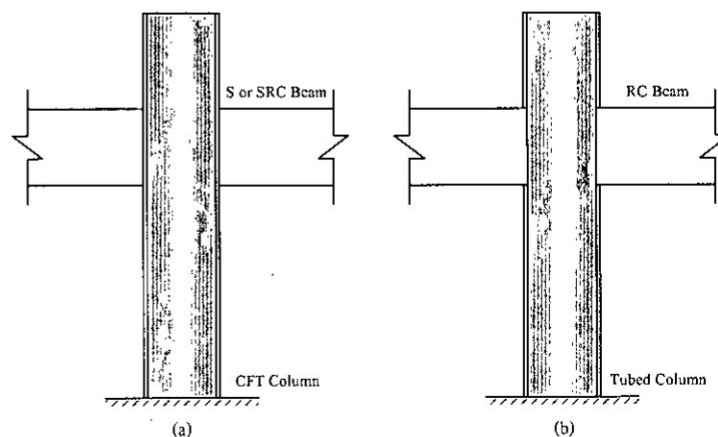
f_y คือกำลังรับแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริมหลัก

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) สำหรับอาคารขนาดเล็กในประเทศไทย คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างมักถูกกำหนดให้มีกำลังรับแรงกดอัดสูงสุด (f'_{co}) อยู่ในช่วง 18-25 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนมักจะมี yield stress อยู่ในช่วง 300-400 MPa และเสามักมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่ขนาด 0.15-0.25 m และสูง 2.20-2.80 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแนวแกน (A_s) มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (A_g) ของเสา เสาคอนกรีตต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 6 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ

9.2 เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) หรือเสา CFT เป็นเสาคอมโพสิต (composite column) หรือเสาเชิงประกอบที่ก่อสร้างโดยใช้ท่อเหล็กกลวงหรือปลอกเหล็กกลวง ซึ่งมีหน้าตัดทรงกลมหรือหน้าตัดสี่เหลี่ยมเป็นแบบหล่อและเทคอนกรีตลงในช่องว่างของปลอกเหล็กเพื่อใช้เป็นแกนของเสา โดยปลอกเหล็กได้ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับคอนกรีตเพื่อให้เกิด composite action โดยปลอกเหล็กอาจจะถูกออกแบบให้ทำหน้าที่หลักในการรองรับหน่วยแรงในแนวแกน (axial stress) ที่เกิดจากแรงกดอัดและโมเมนต์ดัด และ/หรืออาจจะถูกออกแบบให้รองรับหน่วยแรงตามขวาง (transverse stress) ที่เกิดจากแรงเฉือนและ/หรืออาจจะถูกออกแบบให้รองรับแรงดันเนื่องจากการขยายตัวของแกนคอนกรีตภายใต้แรงกดอัด ซึ่งทำให้เกิดการโอบรัด (confining effect) ต่อแกนคอนกรีต ในขณะเดียวกัน แกนคอนกรีตทำหน้าที่ช่วยปลอกเหล็กในการรองรับหน่วยแรงในแนวแกนบางส่วนและยังช่วยให้ปลอกเหล็กมีความต้านทานต่อการเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ของผนังของปลอกเหล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งผลของ composite action ข้างต้นทำให้เสา CFT มีข้อดีเหนือกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาเหล็กโครงสร้าง ทั้งในด้านความแกร่ง (stiffness) กำลัง (strength) ความเหนียว (ductility) และการดูดซับพลังงาน (energy absorption) และส่งผลให้เสา CFT เป็นเสาที่ใช้ปริมาณเหล็กลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเสาเหล็กโครงสร้าง และปลอกเหล็กยังทำหน้าที่เป็นแบบหล่อและค้ำยัน ซึ่งทำให้การก่อสร้างดำเนินการได้ง่ายและช่วยทำให้ราคาก่อสร้างโครงสร้างลดลง ดังนั้น จากข้อดีข้างต้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เสา CFT จึงได้รับความนิยมและประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา จีน และญี่ปุ่น (Xiao et.al., 2005) โดยในสหรัฐอเมริกา เสา CFT ที่ใช้อาคารเดี่ยวและอาคารสูงปานกลางมักจะมีอัตราส่วนของความกว้างของเสาต่อความหนาของปลอกเหล็กอยู่ในช่วง 26 ถึง 48 และมีอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้างของเสาอยู่ในช่วง 5 ถึง 9 (Schneider, 1998)

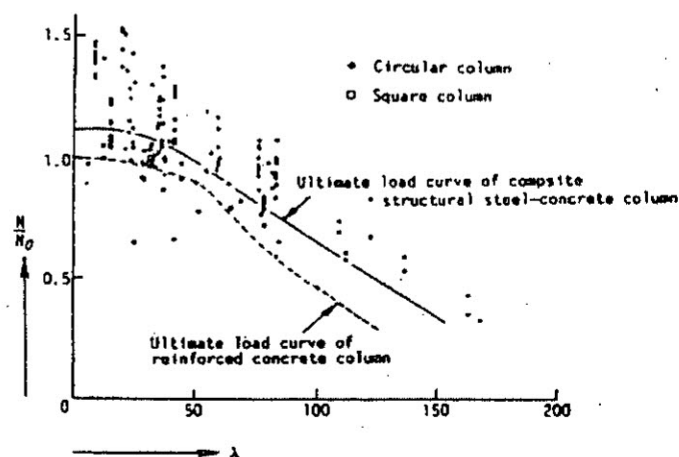
ในปัจจุบัน เสา CFT ถูกแบ่งตามลักษณะการออกแบบให้ปลอกเหล็กรองรับหน่วยแรงเป็น 2 แบบ ดังที่แสดงในรูปที่ 4 คือ 1.) ปลอกเหล็กทำหน้าที่หลักเป็นเหล็กแกน (longitudinal reinforcement) รองรับหน่วยแรงในแนวแกน โดยเสา CFT จะถูกก่อสร้างอย่างต่อเนื่องโดยมีความสูงหลายชั้นหรือสูงตลอดความสูงของอาคาร ดังที่แสดงในรูปที่ 4a ซึ่งเสา CFT แบบนี้จะรองรับแรงที่กระทำผ่านปลอกเหล็กและคอนกรีตร่วมกัน และมักถูกเรียกว่า “CFT column” และ 2.) ปลอกเหล็กทำหน้าที่หลักเป็นเหล็กเสริมในแนวขวาง (transverse reinforcement) โดยมีรายละเอียดของจุดเชื่อมต่อ การออกแบบ และการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 4b ซึ่งมักถูกเรียกว่า “Tubed column”



รูปที่ 4 เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต a.) CFT column และ b.) Tubed column

เสา CFT แบบแรกได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยจำนวนมากตั้งแต่ปี 1967 ทั้งในรูปการทดสอบและการทำ finite element analysis (Schneider, 1998) ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกเสนอโดย Schneider ในปี 1998 Sakino et. al. ในปี 2004 และ Xiao et. al. ในปี 2005 จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่า พฤติกรรมของเสา CFT ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลักได้แก่ อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนา (B/t) และอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้าง (L/B) รูปร่างหน้าตัดของปลอกเหล็ก และอัตราส่วนของกำลังของคอนกรีตต่อกำลังของเหล็ก โดยเสา CFT หน้าตัดสี่เหลี่ยมมีผลของการโอบรัดของปลอกเหล็กต่อแกนคอนกรีตต่ำกว่าเสา CFT หน้าตัดทรงกลม เนื่องจากผนังของปลอกเหล็กกลมจะต้านความดันจากการขยายตัวของคอนกรีตโดยอาศัยหน่วยแรงในแนวเส้นรอบวง (hoop stress) แต่ผนังของปลอกเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจะต้านความดันดังกล่าวโดยอาศัยความแข็งแกร่งต่อการดัด (flexural rigidity) ของผนังปลอกในรูปของ plate ซึ่งเมื่อผนังปลอกถูกกระทำโดยแรงกดอัดและแรงตามขวางพร้อมกันแล้ว ผนังปลอกจะเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ได้ง่าย ในปัจจุบัน การออกแบบเสา CFT ประเภทนี้ทำได้ตามมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ปี 2538 Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design (LRFD) ของ AISC ปี 1994 และ Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures ของ Architectural Institute of Japan ปี 1997 เป็นต้น โดยรายละเอียดของข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตจะถูกกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อที่ 9.5

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดสูงสุด (ultimate load) และ nominal slenderness ratio ของเสา CFT column และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นเสาหน้าตัดกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าภายใต้แรงกดอัดตรงศูนย์กลางในแนวแกน โดย ultimate load หรือ N ได้ถูก normalized โดยการหารด้วย nominal axial load capacity หรือ N_o ซึ่งเป็นผลรวมของกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตและเหล็ก โดยค่าต่ำสุดของ radius of gyration ที่ใช้ในการคำนวณ nominal slenderness ratio หรือ λ เท่ากับ 0.25 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสากลม หรือ 0.29 เท่าของความกว้างด้านนอกของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า จากรูป จะเห็นว่า ultimate load ของเสาหน้าตัดกลมมีค่ามากกว่า nominal axial load capacity มาก เนื่องจากผลของ strain-hardening ของปลอกเหล็กและผลการโอบรัดของปลอกเหล็ก โดยจะมีค่าลดลงเมื่อ nominal slenderness ratio หรือความยาวของเสาเพิ่มมากขึ้น โดยการโอบรัดของปลอกเหล็กจะไม่เพิ่ม ultimate load ของเสาเมื่อ nominal slenderness ratio มีค่ามากกว่า 44.3

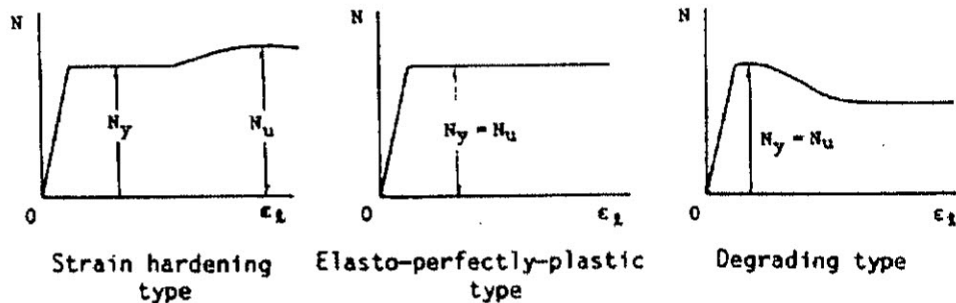


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ultimate load และ nominal slenderness ratio

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992)

การเพิ่มขึ้นของ ultimate load ของเสา CFT สัมพันธ์อยู่กับหลายปัจจัย เช่น รูปร่างและขนาดของปลอกเหล็กและคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ในปี 1977 Tomii et.al. ได้ทำการทดสอบเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต สันยาได้แรงกดอัดในแนวแกนที่มี slenderness ratio น้อยกว่า 36 จำนวน 270 ตัวอย่าง โดยเสาที่ศึกษามีหน้าตัดกลม หน้าตัดแปดเหลี่ยม และหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยตัวอย่างทดสอบได้ถูก annealing เพื่อศึกษาถึงผลของ strain hardening ที่มีต่อ ultimate load ของเสา ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกนและความเครียด ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัด อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนา และกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีต โดยพฤติกรรมการรับกดอัดของเสาดังกล่าวถูกแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ 1. strain-hardening 2. elastic-perfectly plastic และ 3. degrading ดังที่แสดงในรูปที่ 6 โดยที่ความสัมพันธ์แบบ strain-hardening และแบบ elastic-perfectly plastic มักเกิดขึ้นในเสาที่มีหน้าตัดกลมและเสาหน้าตัดแปดเหลี่ยม และแบบ degrading มักเกิดขึ้นในเสาหน้าตัดกลมและเสาหน้าตัดแปดเหลี่ยมบางส่วน

แนวคิดของแรงคราก (yielding load) N_y ได้ถูกนำเสนอเป็นกำลังของเสา CFT แทน ultimate load ของเสา ซึ่งมีปัญหาคือขึ้นอยู่กับ slenderness ratio และความหนาของปลอกเหล็กอย่างมากและมักมีค่าที่ค่อนข้างกระจายตัวมาก เมื่อตัวแปรทั้งสองมีค่าเปลี่ยนแปลง จากการทดสอบพบว่า yielding load ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า slenderness ratio น้อยมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.25 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาหน้าตัดกลม และมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.15 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาหน้าตัดแปดเหลี่ยม และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 1.1 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยใช้ plastic theory Tomii et.al. ได้เสนอ semiempirical formula ในการคำนวณหา yielding load ของเสาดังกล่าว



รูปที่ 6 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกนและความเครียดของเสา

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992)

ในการนำมาใช้งานจริง ในประเทศญี่ปุ่น เสา CFT มักถูกใช้ในเฟรมรับโมเมนต์ (moment frame) ซึ่งมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 700 mm โดยไม่ใช้ตัวถ่ายแรงเฉือน (shear connector) ภายในปลอกเหล็ก เพื่อทำการถ่ายเทแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็ก แต่ในสหรัฐอเมริกา เสาประเภทนี้มักถูกใช้ในเฟรมที่มีการค้ำยัน (braced frame) โดยมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1000 mm และคอนกรีตที่ใช้มักเป็นคอนกรีตกำลังสูงเพื่อให้เสามีความแข็งแรงสูงสุด และอาจจะมีการใช้ shear connector เพื่อถ่ายเทแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็กในบางกรณี ในประเทศไทย เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตได้ถูกนำมาใช้งานบางประเภท เช่น ใช้เป็นเสาเข็ม micropile เพื่อใช้ในการแก้ไขการทรุดตัวของอาคารในหลายพื้นที่ เช่น ในการซ่อมอาคารศูนย์เครื่องมือ F5 และอาคารหอพักพนักงานศึกษา S7 และ S9 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นต้น โดยปลอกเหล็กที่ใช้ในงานลักษณะนี้จะเป็ปลอกเหล็กกลมกลวง

แนวคิดของเสา CFT แบบที่สองได้ถูกนำเสนอโดย Tomii et. al. ในปี 1985 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ปลอกเหล็กของเสา CFT รองรับแรงกระทำตามขวางและโมเมนต์เนื่องจากแผ่นดินไหว ซึ่งเสาประเภทนี้มักถูกเรียกว่า “Tubed column” โดยแรงกระทำจะกระทำผ่านแกนคอนกรีตเสริมเหล็กและปลอกเหล็กไม่ได้ถูกออกแบบให้รองรับหน่วยแรงในแนวแกนโดยตรง โดยการเว้นช่องว่างระหว่างปลอกเหล็กกับท้องคานหรือฐานรากที่ปลายทั้งสองของเสา ดังนั้น ภายใต้แรงกระทำ ปลอกเหล็กทำหน้าที่เป็นปลอก (jacket) ห่อหุ้มแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งช่วยเพิ่มกำลังรับหน่วยแรงในแนวแกนและความเหนียวของเสาให้สูงขึ้น นอกจากนั้นแล้ว แนวคิดนี้ยังได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังและซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการเชื่อมปลอกเหล็ก (steel jacket) เพื่อรัดรอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและทำการอัดมอร์ต้า (mortar) เพื่อปิดช่องว่างระหว่างปลอกเหล็กและเสา ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกนำเสนอโดย Priestley et. al. ในปี 1994 อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การศึกษาเกี่ยวกับ Tubed column มีค่อนข้างน้อยและเป็นการศึกษาเสาหน้าตัดกลมและถูกกระทำโดยแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวเป็นหลัก นอกจากนั้นแล้ว จากการที่ Tubed column ถูกกระทำโดยแรงผ่านแกนคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้น Tubed column จึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของเสาที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมกำลังให้กับเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีอยู่แล้ว ซึ่งการเสริมกำลังจะทำได้โดยการห่อหุ้มเสาดังกล่าวด้วยปลอกเหล็ก โดยการรัดรอบระหว่างปลอกเหล็กและเสาจะทำให้เกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น การอัด grout ประเภท expansive เข้าไปในรอยเชื่อมต่อระหว่างปลอกเหล็กและเสา หรือการใช้สลักเกลียวในการรัดปลอกเหล็กให้เข้ากับเสาโดยตรง ดังนั้น ด้วยเหตุผลข้างต้น กอปรกับมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1008-38 และข้อกำหนดของ AISC LRFD 1994 มีความแตกต่างกันในการกำหนดความหนาต่ำสุดที่ต้องใช้ในเสา CFT และแนวคิดของสมการออกแบบ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาพฤติกรรมทางโครงสร้างของ Tubed column เพิ่มเติม เพื่อที่จะพัฒนา Tubed column ให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของการวิเคราะห์หาความสามารถในการเสริมกำลังของปลอกเหล็กใน Tubed column อันเนื่องมาจากการห่อหุ้มของปลอกเหล็กที่มีต่อเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

9.3 ผลการโอบรัดทางด้านข้างต่อพฤติกรรมของคอนกรีต

พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตถูกหาได้โดยการทดสอบแรงกดอัดตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ เช่น มาตรฐาน ASTM C39 เป็นต้น ซึ่งถูกแสดงในรูปของแผนภาพหน่วยแรงและความเครียด การทดสอบดังกล่าวเป็นการให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตอยู่ในสภาวะหน่วยแรงแบบแกนเดียว (uniaxial state of stress) อย่างไรก็ตาม ในสภาพการใช้งานจริง เช่นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาเชิงประกอบ เป็นต้น คอนกรีตมักถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนและโมเมนต์ดัด ทำให้เนื้อคอนกรีตที่อยู่ในบริเวณแกนของเสาถูกกระทำโดยหน่วยแรง ซึ่งอยู่ในสภาวะหน่วยแรงแบบหลายแกน (multiaxial state of stresses) โดยที่สภาวะหน่วยแรงแบบแกนเดียวตามลักษณะการทดสอบเป็นเพียงหนึ่งในสภาวะหน่วยแรงแบบหลายแกนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างเท่านั้น และเนื่องจากพฤติกรรมการรับแรงของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของหน่วยแรงทางด้านข้างที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ดังนั้น การรู้พฤติกรรมของคอนกรีตภายใต้การกระทำของหน่วยแรงประเภทต่างๆ จึงมีความสำคัญในการออกแบบองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

คอนกรีตเป็น frictional material ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลที่ไวต่อแรงกระทำทางด้านข้าง ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน คอนกรีตจะเกิดการขยายตัวออกทางด้านข้างเนื่องจาก Poisson's effect และถูกด้านทานหรือโอบรัดโดยวัสดุที่ห่อหุ้ม เช่น ปลอกเหล็กกลวงที่อยู่ภายนอกในกรณีของเสาเชิงประกอบ และเหล็กปลอกหรือ

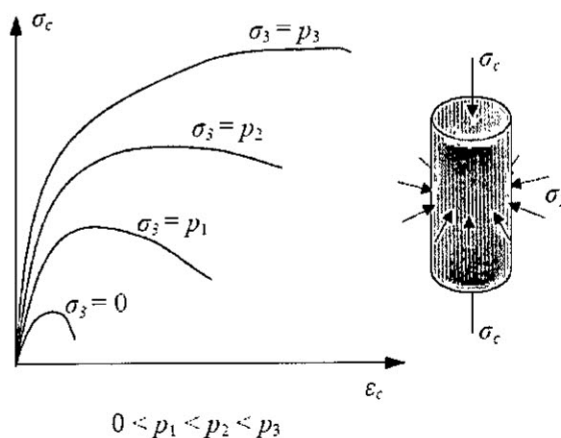
เหล็กเสริมทางขวางในกรณีของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น ซึ่งเป็นผลทำให้เกิด composite action ระหว่างปลอกเหล็กและคอนกรีตในรูปของการถ่ายแรงระหว่างปลอกเหล็กและคอนกรีตและ confining effect ขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้เสาในลักษณะดังกล่าวมีกำลังและความเหนียว (ductility) เพิ่มขึ้นจากเสาคอนกรีต

9.3.1 ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ

การศึกษาผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ (normal strength concrete) ได้ถูกศึกษาเป็นจำนวนมาก เช่น Richart et al. (1928) และ Mills และ Zimmerman (1970) เป็นต้น ในช่วงเริ่มต้น Richart et al. (1928) เป็นบุคคลแรกที่ได้ทดสอบให้เห็นผลของการโอบรัดคอนกรีตที่ทำให้คอนกรีตมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุด ความแกร่ง และความเครียดที่หน่วยแรงกดอัดสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และแรงกระทำทางด้านข้าง (lateral load) โดยให้แรงกระทำทางด้านข้างมีค่าที่เปลี่ยนแปลงได้โดยใช้ความดันของของเหลว หรือเรียกอีกชื่อว่า active confinement และในปีต่อมา Richart et al. ได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกที่ถูกโอบรัดด้วย continuous steel spiral ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน หรือเรียกอีกชื่อว่า passive confinement โดยพบว่าผลการทดสอบในกรณีของ active confinement มีลักษณะเช่นเดียวกับกรณี passive confinement ถ้าระยะห่างระหว่าง spiral มีค่าน้อยๆ และได้ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ความดันทางด้านข้างค่าต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 7 จากรูปจะเห็นได้ว่า ภายใต้หน่วยแรงโอบรัด (confining stress) ที่เพิ่มขึ้น คอนกรีตจะมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุดสูงขึ้น และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้มากขึ้นก่อนเกิดการวิบัติ นอกจากนี้การวิบัติจะเป็นการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไปมากขึ้น เนื่องจากคอนกรีตภายใต้หน่วยแรงโอบรัดมีความเหนียว (ductility) เพิ่มขึ้น โดยจากการทดสอบ Richart et al. ได้เสนอสมการทำนายกำลังต้านทานแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตเนื่องจากแรงกระทำทางด้านข้างในรูป

$$f'_{cc} = f'_{co} + k_1 f_1 \quad (5)$$

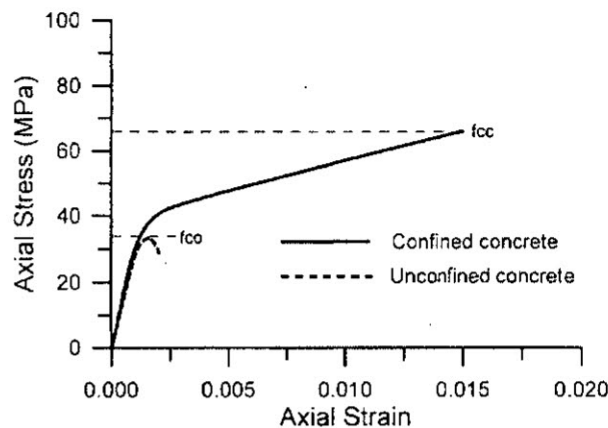
- เมื่อ f'_{cc} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อมีแรงดันรอบข้าง
 f'_{co} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อไม่มีแรงดันรอบข้าง
 f_1 คือ ความดันรัตรอบ (confining pressure)
 k_1 คือ confinement effectiveness coefficient มีค่าเท่ากับ 4.1



รูปที่ 7 ผลของหน่วยแรงโอบรัดต่อพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีต

(Johansson, 2000)

รูปที่ 8 เป็นกราฟตัวอย่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกปกติและคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกห่อหุ้มชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต จากรูป พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของแท่งคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนโดยที่ ในช่วงแรก กราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตทั้งสองกรณีมีลักษณะที่เหมือนกันจนถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุด f'_{co} เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีค่า Poisson's ratio ที่ต่ำ ทำให้การขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตมีค่าน้อยมาก เป็นผลทำให้ไม่มี composite action เกิดขึ้นระหว่างคอนกรีตและชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต และคอนกรีตจึงเป็นวัสดุหลักในการรับแรงกดอัด ในช่วงที่สอง หลังจากคอนกรีตถึงกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดแล้ว คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวอย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้ความเครียดในคอนกรีตเพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็วมากกว่าหน่วยแรง ดังนั้น slope ของกราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกรัดรอบจึงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง กราฟความสัมพันธ์จะเป็นเส้นตรงอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากการแตกร้าวอย่างต่อเนื่องทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวทางด้านข้างเพิ่มขึ้นจนทำให้เกิด composite action ระหว่างคอนกรีตและชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต และถ้าชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีตมีกำลังและความแข็งแรงเพียงพอแล้ว คอนกรีตจะถูกกระทำโดยความดันรัดรอบ (confining pressure) ซึ่งทำให้คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต มีพฤติกรรมเหมือนวัสดุเหนียว (ductile material) จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ



รูปที่ 8 กราฟตัวอย่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีต

รูปทรงกระบอกที่ถูกรัดรอบและไม่ถูกรัดรอบ (Lin และ Chen, 2001)

9.3.2 ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังสูง

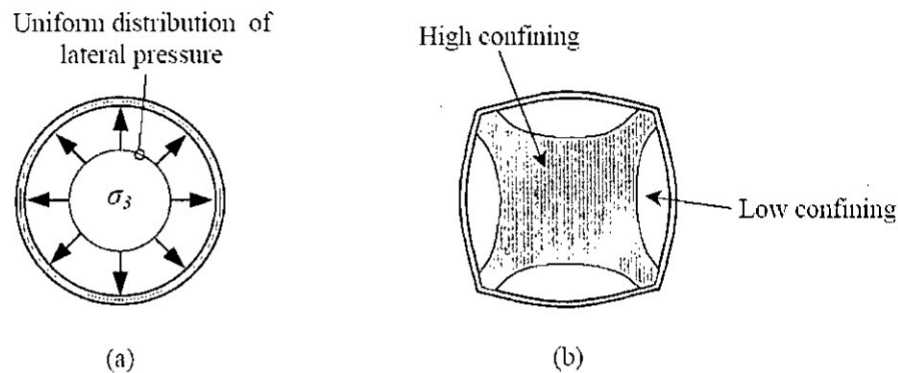
สำหรับคอนกรีตกำลังสูง (high-strength concrete) Attard *et al.* ในปี 1996 ได้ทำการศึกษาโดยการทดสอบแท่งคอนกรีตประเภทดังกกล่าวภายใต้หน่วยแรงโอบรัดซึ่งมีค่าไม่มากนัก และ Ansari และ Li ในปี 1998 ได้ทำการทดสอบแท่งคอนกรีตประเภทดังกกล่าวภายใต้หน่วยแรงโอบรัดที่มีค่าสูงถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้ศึกษา จากผลการศึกษาทั้ง 2 กรณีพบว่า ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังสูงมีค่าน้อยกว่าที่เกิดขึ้นในคอนกรีตกำลังปกติ ซึ่งจากศึกษาพบว่า สำหรับคอนกรีตกำลังสูงและคอนกรีตมวลเบา ค่า k_1 ในสมการที่ 2.4 ควรมีค่าลดลงจาก 4.1 เหลือ 2.0 โดยคอนกรีตกำลังสูงจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับค่าของแรงโอบรัดที่กระทำต่อคอนกรีต

9.4 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก

สภาวะหน่วยแรงในสามแกน (triaxial stresses) ในคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยหลายท่าน เช่น Gardner และ Jacobson ในปี 1967, Tomii *et al.* ในปี 1977, Orito *et al.* ในปี 1987

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992) และ Schneider ในปี 1998 จากการศึกษาพบว่า คอนกรีตที่ถูกโอบรัดแบบ passive confinement โดยปลอกเหล็กจะมีพฤติกรรมแตกต่างจากคอนกรีตที่ถูกโอบรัดแบบ active confinement โดยขึ้นอยู่กับขนาดของการเปลี่ยนรูปร่างตามขวางของแกนคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของปลอกเหล็ก อย่างไรก็ตาม ผลของการโอบรัดต่อคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นแบบ passive confinement หรือแบบ active confinement จะมีลักษณะที่เหมือนกันตามที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 9.3.1

คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กกลวงที่มีขนาดเส้นถูกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะมีกำลังที่จุดวิบัติสูงกว่าผลรวมของกำลังของปลอกเหล็กรวมกับกำลังของคอนกรีต จากการศึกษาของ Schneider พบว่า ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลม (circular steel jacket) มีความสามารถในการโอบรัดต่อคอนกรีตมากกว่าปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular steel jacket) เนื่องจากปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลมทำให้เกิด effective hoop tension ที่ทำให้เกิดหน่วยแรงรัศรอบที่สม่ำเสมอ ดังที่แสดงในรูปที่ 9(a) มากกว่าหน่วยแรงรัศรอบของปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านของหน้าตัดที่เรียบ ซึ่งมีความแข็งแกร่งต่อการดัดที่ไม่เพียงพอในการต้านทานต่อแรงดันเนื่องจากการขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตที่กระทำตั้งฉากกับด้านของหน้าตัดดังกล่าว ดังนั้น การโอบรัดโดยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นเฉพาะกับคอนกรีตด้านในของแกนเสา และที่มุมของหน้าตัดเสา ดังที่แสดงโดยพื้นที่ระบายสีทึบของรูปที่ 9(b) โดยความดันโอบรัดที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดคอนกรีต



รูปที่ 9 การกระจายของหน่วยแรงโอบรัด (a) ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลม
(b) ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม (Johansson, 2000)

9.4.1 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กหน้าตัดกลม

ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ความดันโอบรัด (confining pressure, f_1) หรือหน่วยแรงโอบรัดในเสาคอนกรีตหน้าตัดทรงกลมมีค่าคงที่รอบเส้นรอบวงของหน้าตัด เมื่อปลอกเหล็ก (steel jacket) ถึงจุดคราก (yielding) ความดันโอบรัดดังกล่าวจะมีค่าสูงสุด โดยหาได้จาก

$$f_1 = \frac{2\sigma_j t}{D} = \frac{2E_s \varepsilon_j t}{D} \quad (6)$$

เมื่อ σ_j คือ หน่วยแรงทางขวาง (hoop stress) ของปลอกเหล็ก
 E_s คือ modulus of elasticity ของปลอกเหล็ก
 ε_j คือ ความเครียดทางขวาง (hoop strain) ของปลอกเหล็ก
 t คือ ความหนาของปลอกเหล็ก

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของแกนคอนกรีตหน้าตัดทรงกลมที่ถูกโอบรัด

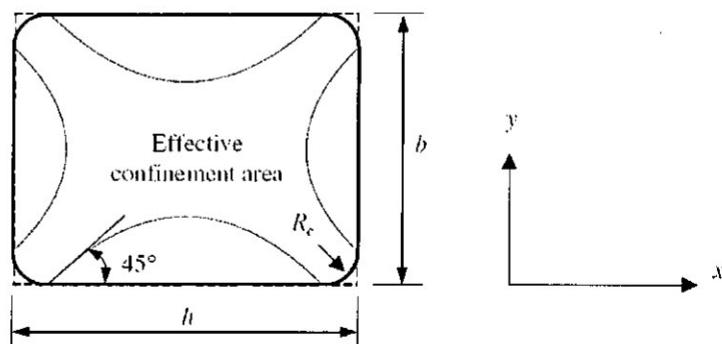
ระดับของการโอบรัดที่ได้จากปลอกเหล็กถูกแสดงอยู่ในรูปของอัตราส่วนการโอบรัด (confinement ratio, CR) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความดันโอบรัดสูงสุด (f_1) และกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ไม่ถูกโอบรัด (compressive strength of unconfined concrete, f'_{co}) หรือ

$$CR = \frac{f_1}{f'_{co}} \quad (7)$$

จากการศึกษาพบว่า เมื่อความหนาของปลอกเหล็กมีค่ามากกว่าค่า λ หนึ่ง ซึ่งทำให้กำลังรับแรงกดอัดและความเครียดในแนวแกนของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยปลอกเหล็กมีค่าสูงสุดที่จุดเดียวกัน ซึ่งทำให้ผลของการโอบรัดมีค่าสูงสุดแล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยปลอกเหล็กจะเป็นแบบ bilinear ดังที่แสดงในรูปที่ 8 อย่างไรก็ตาม ถ้าความหนาของปลอกเหล็กมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าวแล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยปลอกเหล็กจะเป็นแบบกราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตปกติ ซึ่งกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดจะถึงก่อนการคราก (yielding) ของปลอกเหล็ก ซึ่งทำให้ผลของการโอบรัดมีค่าไม่สูงสุด โดยที่ขนาดหน้าตัดของปลอกเหล็กที่ทำให้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นแบบ bilinear นั้น จะเป็นขนาดที่ทำให้ค่า confinement ratio, (f_1 / f'_{co}) มีค่ามากกว่า 0.07 (Lam and Teng, 2003)

9.4.2 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยม

รูปที่ 10 แสดงพื้นที่ของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็กของเสาคอนกรีตหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมที่มีหน้าตัดกว้าง b และลึก h ซึ่งมุมของปลอกเหล็กดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะมน โดยมีรัศมี R_c เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการโอบรัดที่เกิดขึ้นในแกนคอนกรีต จากการศึกษาของ Park และ Paulay ในปี 1975, Mander et al. ในปี 1988, Cusson และ Paultre ในปี 1995 (Lam และ Teng, 2003) พบว่า แกนคอนกรีตจะถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็กภายนอกโดยการเกิด arching action ในปลอกเหล็กซึ่งพื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล (effective confinement area) ของคอนกรีตดังกล่าวจะอยู่ภายในกรอบพาราโบลา 4 ด้านที่ตัดกับขอบของหน้าตัดเสาที่มุมประมาณ 45° และเนื่องจากการโอบรัดที่เกิดขึ้นมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดของแกนคอนกรีต ดังนั้น ที่ความเครียดในแนวแกนค่าหนึ่งที่เกิดขึ้นบนเสาดังกล่าว หน่วยแรงที่ถูกรองรับโดยคอนกรีตจะมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัด ซึ่งทำให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดเสาถูกประมาณให้อยู่ในรูปของหน่วยแรงในแนวแกนเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงกระทำหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของเสา



รูปที่ 10 คอนกรีตที่ถูกโอบรัดในเสาน้ำตัดรูปสี่เหลี่ยม (Lam และ Teng, 2003)

9.4.3 แบบจำลองของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกหน้าตัดสี่เหลี่ยม

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดในเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งทำให้ได้แบบจำลองของกำลังรับแรงกดอัดและความเครียดสูงสุดในแนวแกนต่างจากการทบทวนงานที่เกี่ยวข้องพบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแบบจำลองของกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่สำคัญ 4 แบบจำลอง โดย Restrepol และ De Vito ในปี 1996, Mirmiran et al. ในปี 1998, ACI Committee 440 ในปี 2002 และ Campione และ Miraglia ในปี 2003 (Lam และ Teng, 2003) ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะแบบจำลองของ ACI Committee 440 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการเป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากองค์กรที่มีชื่อเสียงทางด้านคอนกรีตมากที่สุดแห่งหนึ่งและได้มีการนำไปใช้งานแล้วอย่างกว้างขวาง

สำหรับเสาคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยม ACI Committee 440 ได้เสนอให้ทำการเปลี่ยนหน้าตัดเสาจากหน้าตัดสี่เหลี่ยมให้เป็นหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลกัน โดยใช้อัตราส่วนรูปร่าง (shape factor, k_s) สำหรับการพิจารณาผลของการโอบรัดที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่ง shape factor ได้ถูกนิยามให้เป็นอัตราส่วนของพื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล (effective confinement area) ต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต โดยสมมติให้พื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล เป็นพื้นที่ของคอนกรีตที่อยู่ภายในกรอบพาราโบลา 4 ด้านที่ตัดกับขอบของหน้าตัดเสาที่มุม 45° ดังที่แสดงในรูปที่ 10 โดยที่สมการของ shape factor (k_s) จะเขียนได้ในรูป

$$k_s = \frac{A_e}{A_c} = \frac{1 - ((b - 2R_c)^2 + (h - 2R_c)^2) / 3A_g - \rho_{sc}}{1 - \rho_{sc}} \quad (8)$$

เมื่อ A_e คือ พื้นที่การโอบรัดประสิทธิผลของคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยม

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

A_g คือ พื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีต มีค่าเท่ากับ $bh - (4 - \pi)R_c^2$

ρ_{sc} คือ ปริมาณเหล็กเสริม (cross-sectional area ratio) ของเหล็กเสริมในแนวแกน

ในสมการที่ 8 ปริมาณเหล็กเสริมของเหล็กเสริมในแนวแกน (ρ_{sc}) ของเสาที่อยู่นอกพื้นที่รับความดันโอบรัดจะถูกหักลบออกจากพื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีตเป็นสองเท่า

ในแบบจำลองนี้ เสาหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลจะถูกนิยามเป็นเสาที่มีอัตราปริมาตร (volumetric ratio) ของเหล็กที่เท่ากับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมเดิม ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลหาได้จากสมการ

$$D = \frac{2bh}{b + h} \quad (9)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาหน้าตัดทรงกลม

b คือ ความกว้างของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม

h คือ ความลึกของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม

จากสมการที่ 9 ค่าความดันโอบรัดของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมจะถูกหาโดยการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลลงในสมการที่ 6 นอกจากนี้ Mirmiran et al. (1998), ACI Committee 440 (2002), และ Campione และ Miraglia (2003) ได้เสนอให้ปรับแก้ค่าความดันโอบรัดของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมอีกครั้ง โดยใช้ค่า shape factor (k_s) เพื่อปรับความดันโอบรัดของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเรียกความดันโอบรัดที่ผ่านการปรับแก้ว่า ความดันโอบรัดประสิทธิผล (effective confining pressure) ของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$f'_1 = k_s f'_l \quad (10)$$

เมื่อ f'_1 คือ ความดันโอบรัดประสิทธิผลของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม

k_s คือ อัตราส่วนรูปร่าง (shape factor) จากสมการที่ 8

f_1 คือ ความดันโอบรัด จากสมการที่ 6

แบบจำลองของ ACI Committee 440 มีพื้นฐานมาจากแบบจำลองที่ถูกเสนอโดย Mander et al. (1988) ซึ่งเป็นบุคคลแรกที่ได้พัฒนาวิธี unified stress-strain approach สำหรับทำนายกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็ก โดยสมการดังกล่าวสามารถใช้ได้ทั้งคอนกรีตที่มีหน้าตัดทรงกลมและคอนกรีตที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางที่สุดแบบจำลองหนึ่ง โดย Mander ได้แนะนำสมการดังกล่าวอยู่ในรูปสมการแบบไร้เชิงเส้นตรง (nonlinear) โดยเขียนได้ในรูป

$$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f'_1}{f'_{co}}} - 2 \frac{f'_1}{f'_{co}} - 1.254 \quad (11)$$

เมื่อ f'_{cc} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อมีแรงดันด้านข้าง

f'_{co} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อไม่มีแรงดันด้านข้าง

นอกจากนั้นแล้ว ACI Committee 440 ยังได้แนะนำให้สมการที่ใช้ในการทำนายค่าสูงสุดของความเครียดในแนวแกนสูงสุดของคอนกรีตเนื่องจากการโอบรัด ϵ_{cu} อยู่ในรูป

$$\epsilon_{cu} = \frac{1.71(5f'_{cc} - 4f'_{co})}{E_c} \quad (12)$$

เมื่อ E_c คือ modulus of elasticity ของคอนกรีตที่ไม่ถูกโอบรัด

9.5 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับ Tubed concrete column และ Tubed RC column

Tubed concrete column และ Tubed RC column เป็นเสาเชิงประกอบ (composite column) ที่อยู่ในรูปแบบเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) ในการออกแบบเสาดังกล่าวมีมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องที่ใช้สำหรับประเทศไทยโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (ว.ส.ท.) คือ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38) ซึ่งได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 4314 องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงกดอัด โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังนี้

(ก) องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงกดอัดให้รวมถึงองค์อาคารเสริมเหล็กตามยาวด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ปลอกกลมหรือท่อเหลี่ยม ซึ่งอาจมีเหล็กเส้นตามยาวหรือไม่ก็ได้

(ข) กำลังขององค์อาคารเชิงประกอบให้คำนวณหาโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป

(ค) กำลังในการรับแรงตามแนวแกนใดๆ ที่กำหนดให้รับโดยคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องถ่ายผ่านเข้าไปในคอนกรีตโดยองค์อาคารหรือเป็นหูช้างในลักษณะแบกทานโดยตรงลงบนคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบนั้น

(ง) กำลังรับแรงตามแนวแกนทั้งหมดที่ไม่ได้กำหนดให้รับโดยคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องถ่ายผ่านโดยตรงด้วยจุดต่อไปยังเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม

(ฉ) เหล็กโครงสร้างหุ้มแกนคอนกรีต

1. ความหนาของเหล็กซึ่งหุ้มแกนคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องไม่น้อยกว่า

$$B \sqrt{\frac{f_y}{3E_s}} \quad \text{สำหรับแต่ละด้านซึ่งความกว้างเท่ากับ } B \quad (13)$$

$$\text{หรือ } \frac{B}{t} \leq \sqrt{\frac{3E_s}{f_y}}$$

และต้องไม่น้อยกว่า

$$D \sqrt{\frac{f_y}{8E_s}} \quad \text{สำหรับหน้าตัดกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ } D \quad (14)$$

$$\text{หรือ } \frac{D}{t} \leq \sqrt{\frac{8E_s}{f_y}}$$

เมื่อ E_s คือค่า modulus of elasticity ของเหล็กและ f_y คือ yielding stress ของเหล็ก

2. เหล็กเส้นตามยาวที่อยู่ภายในแกนคอนกรีตที่ถูกหุ้มอาจนำมาพิจารณาในการคำนวณหาค่าเนื้อที่ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (A_s) ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยมในหน้าตัดเชิงประกอบและโมเมนต์อินเนอร์เซียของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม รอบแกนศูนย์กลางของหน้าตัดองค์อาคารเชิงประกอบ (I_p)

10. เอกสารอ้างอิง (reference) ของโครงการวิจัย

- ACI Committee 318 (2005). Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary. Farmington Hills: ACI Committee 318R-05.
- ACI Committee 440 Report (2002). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI Committee 440, Technical Committee Document 440.2R-02.
- American Institute of Steel Construction (1994). Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design (LRFD). 2nd Ed., Chicago.
- Architectural Institute of Japan (1997). Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures, AIJ. Tokyo, Japan.
- Ansari, F., and Li, Q. (1998). High Strength Concrete Subjected to Triaxial Compression. ACI Materials Journal. 95(6): 747-755.
- ASTM A276-03 (2003). Standard Specifications for Stainless Steel Bars and Shapes. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM A370-03 (2003). Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C39-96 (1996). Standard Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C192-98 (1994). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

- ASTM C469-94 (1994). Standard Test Methods for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM E8-98 (1998). Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Attard, M.M. and Setung, S. (1996). Stress-Strain Relationship of Confined and Unconfined Concrete. *ACI Materials Journal*. Title no.93-M49: 432-442.
- Huang, C.S., Yeh, Y.K., Liu, G.Y., Hu, H.T., Tsai, K.C., Weng, Y.T., Wang, S.H. and Wu, M.H. (2002). Axial load Behavior of Stiffened Concrete Filled Steel Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 128(9): 1222-1230.
- Johansson, M. (2000). Structural Behavior of Circular Steel-Concrete Composite Columns, [Licentiate Thesis]. Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden.
- Johansson, M. and Gylltoft, K. (2001). Structural Behavior of Slender Circular Steel-Concrete Composite Columns under Various Means of Load Application. *Steel and Composite Structures*. 1(4):393-410.
- Lam, L. and Teng, J.G. (2003). Design-oriented Stress-Strain Model for FRP-confined Concrete in Rectangular Columns. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 22(13):1149-1186.
- Lin, H.J. and Chen, C.T. (2001). Strength of Concrete Cylinder Confined by Composite Materials. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 20(18): 1577-1600.
- MacGregor, J.G. (1992). Reinforced Concrete Mechanics and Design. Second edition. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 114(8):1804-1826.
- Mills, L.L. and Zimmerman, R.M. (1970). Compressive Strength of Plain Concrete under Multiaxial Loading Conditions, *Journal of American Concrete Institute*. 67: 802-807.
- Priestley, M.J.N., Seible, F., Xiao, Y. and Verma, R. (1994b). Steel Jacket Retrofitting of RC Bridge Columns for Enhanced Shear Strength: Test Result and Comparison with Theory. *ACI Structural Journal*, ACI. 91(5): 537-551.
- Richard, F.E., Brandtzaeg, A., and Brown, R.L. (1928). A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses. University of Illinois Engineering Experimental Station Bulletin 185.
- Sakino, K., Nakahara, H., Morino, S. and Nishiyama, I. (2004). Behavior of Centrally Loaded Concrete-Filled Steel-Tube Short Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 130(2): 1125-1138.
- Schneider, S.P. (1998). Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 124(10): 1125-1138.
- Tomii, M., Sakino, K., Watanabe, K. and Xiao, Y. (1985). Lateral Load Capacity of Reinforced Concrete Short Columns Confined by Steel Tube. *Proceeding of International Speciality Conference on Concrete Filled Steel Tubular Structures*. Harbin, China, 19-26.

- Thumrongvut, J. and Seangatith, S., "Experimental Investigation on Concrete Columns Confined with Steel Jackets Subjected to Concentric Axial Compression," The 6th National Symposium on Graduate Research, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok, October 13-14, 2006, paper no. J1_J0028. (in CD-Rom format)
- Xiao, Y., He, W. and Choi, K. (2005). Confined Concrete Filled Tubular Columns. Journal of Structural Engineering, ASCE. 131(3): 488-497.
- จักษดา ชำรงวุฒิและสิทธิชัย แสงอาทิตย์, "ผลของการโอบรัดของปลอกเหล็กและปลอก stainless steel ต่อพฤติกรรมเสาคอนกรีต," การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2, สมาคมคอนกรีตไทย, อุตรธานี, 25-27 ตุลาคม 2549. paper no. STR-002. (in CD-Rom format)
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2538). มาตรฐานการสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008.38. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2544). ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.
- สิทธิชัย แสงอาทิตย์และจักษดา ชำรงวุฒิ "พฤติกรรมทางโครงสร้างของ tubed column หน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า," การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, พิษณุโลก, 2-4 พฤษภาคม 2550. paper no. STR-018. (in CD-Rom format)
- ศรัณย์ กำจัดโรค และสิทธิชัย แสงอาทิตย์, "เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อซีเมนต์ใยหินภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน," การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมสำหรับการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 23-24 มกราคม 2547. (ในรูปแบบ CD-Rom)

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่น่าผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (*โปรดดูคำชี้แจงเพิ่มเติม*)

การวิจัยนี้เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีต โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนกำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดโดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ดาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

โดยหน่วยงานหรือผู้ที่ให้นำผลงานการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่

- 1 ประชาชนทั่วไปที่ต้องการเสริมกำลัง/ซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
- 2 เอกชนที่ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง/ซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

3 หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบด้านงานก่อสร้าง/ซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง การเคหะแห่งชาติ เทศบาลและ อบต. ต่างๆ เป็นต้น

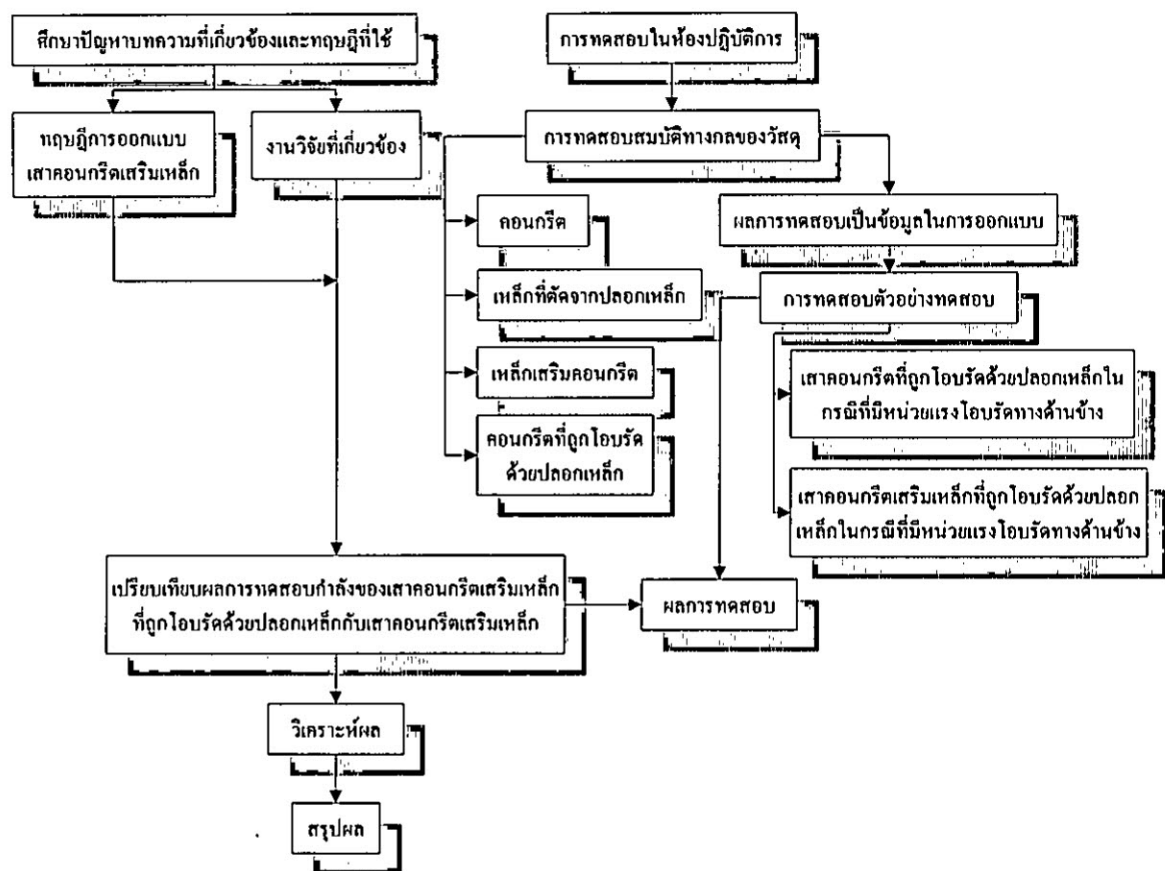
12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

- ทำการเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารหรือการประชุมวิชาการในประเทศหรือต่างประเทศอย่างน้อย 2 บทความ
- อาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงมาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ในส่วนที่เกี่ยวข้อง

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

13.1 วิธีดำเนินการวิจัย

รูปที่ 11 แสดงกรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 11 กรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย

13.1.1 การค้นคว้า ศึกษา และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ทำการทบทวนรายงาน บทความ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตที่ถูกโอบรัดทางด้านข้าง เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังด้วยปลอกเหล็ก เพื่อให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมรับแรงและการวิบัติของคอนกรีตและเสาดังกล่าว และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

13.1.2 การจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

13.1.2.1 ทำการจัดเตรียมและจัดเก็บวัสดุ เช่น เหล็กเส้น, ปูนซีเมนต์, aggregate, vibrator, สารผสมเพิ่ม, strain gage, และจอร์จรับตัวอย่างทดสอบ เป็นต้น ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ห้องปฏิบัติการทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อการใช้งานและการทดสอบต่อไป

13.1.2.2 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่น universal testing machine, loading frame, hydraulic ram, hydraulic pump, pressure gauge, strain gage indicator, LVDT, และ dial gauge เป็นต้น ว่ามีจำนวนครบตามที่ต้องการและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

13.1.3 ขั้นตอนในห้องปฏิบัติการ

13.1.3.1 การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุ ในการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของเสาที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 13.1 ในเบื้องต้นนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุประกอบด้วย

1. การทดสอบแรงกดอัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 และ C469 โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 2 รูปแบบของหน้าตัด [หน้าตัดทรงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า] x 3 กำลังคอนกรีต x 3 ตัวอย่าง/ชุด = 18 ตัวอย่างทดสอบ

2. การทดสอบแรงดึงของเหล็กที่ตัดจากบล็อกเหล็กตามมาตรฐาน ASTM E8 โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 3 ค่าความหนาของบล็อกเหล็ก x 3 ตัวอย่าง/ชุด = 9 ตัวอย่างทดสอบ

3. การทดสอบแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้เสริมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน ASTM E8 โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 2 ขนาดของเหล็กเส้น x 3 ตัวอย่าง/ชุด = 6 ตัวอย่างทดสอบ

4. การทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยบล็อกเหล็กแบบปกติแบบที่มี pre-confinement เพื่อศึกษาผลของการรัดรอบของบล็อกเหล็กทั้งแบบหน้าตัดทรงกลมและแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 2 รูปแบบของหน้าตัด [หน้าตัดทรงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า] x 3 ค่าความหนาของบล็อกเหล็ก x 3 กำลังคอนกรีต x 3 ค่าหน่วยแรงโอบรัด [(1 reference/no confinement + 2 pre-confinement) x 3 ตัวอย่าง/ชุด] = 162 ตัวอย่างทดสอบ

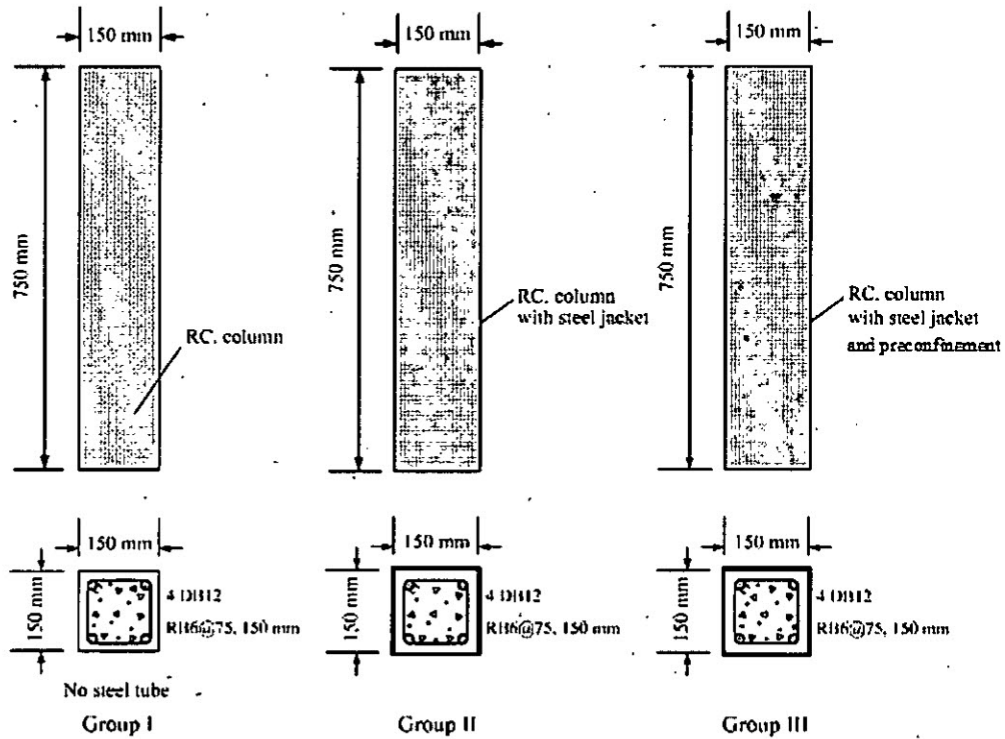
13.1.3.2 การทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกโอบรัดด้วยบล็อกเหล็ก

ตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยบล็อกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนที่ใช้ในการศึกษานี้จะเป็นตัวอย่างเสาที่ถูกออกแบบการทดลองโดยอาศัยข้อมูลของความหนาของบล็อกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 โดยการทดสอบเสาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

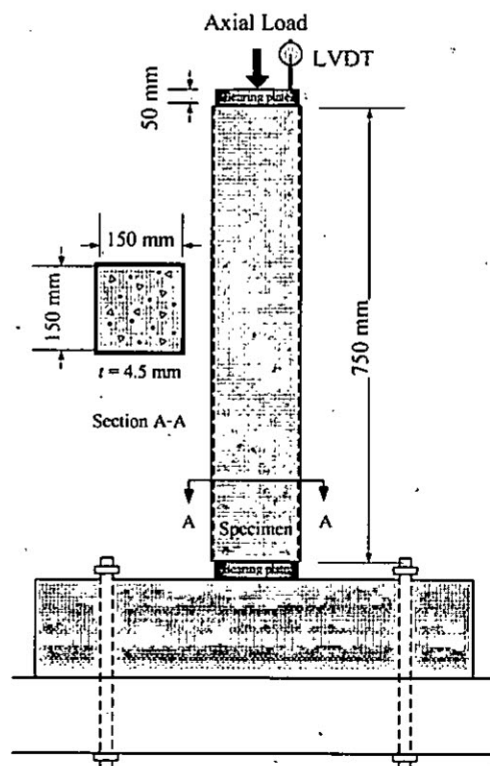
1. เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า

จุดประสงค์หลักของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน รูปที่ 12 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้นของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและรูปที่ 13 แสดงการติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ (1 ขนาดหน้าตัด) x (มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมคอนกรีต

1 คำ) x (มีความสูง 1 คำ) x (3 กำลั้งค่อนกริต) (เสามี pre-confinement 1 คำบวกเส
 อ้างอิง 1 (ไม่มี pre-confinement) บวกเสาค่อนกริตเสริมเหล็กปกติ 1) x (ความหนา
 ของบล็อกเหล็ก 1 คำ) x (2 เสาค่อหนึ่งรูปแบบ) = 18 ตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 12 ตัวอย่างของรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

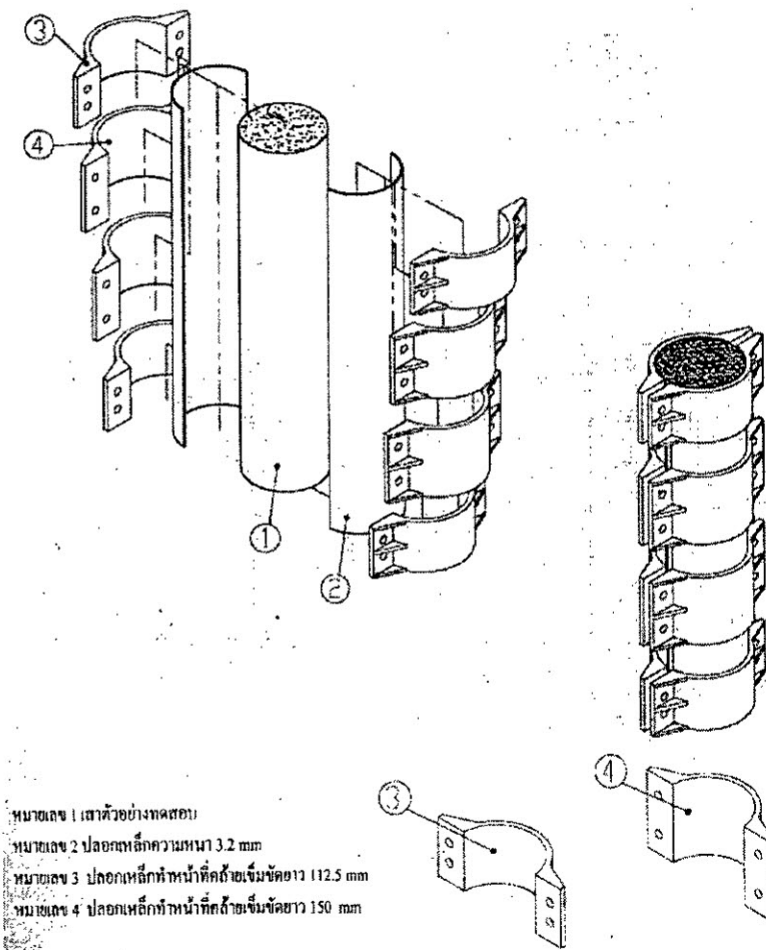


รูปที่ 13 แผนภาพการติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

2. เสาหน้าตัดทรงกลม

จุดประสงค์หลักของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ (1 ขนาดหน้าตัด) x (มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมคอนกรีต 1 ค่า) x (มีความสูง 1 ค่า) x (3 กำลังคอนกรีต) (เสามี pre-confinement 1 ค่าบวกเสาอ้างอิง 1 (ไม่มี pre-confinement) บวกเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ 1) x (ความหนาของปลอกเหล็ก 1 ค่า) x (2 เสาต่อหนึ่งรูปแบบ) = 18 ตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภาพของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น เพื่อก่อให้เกิด pre-confinement กระทำต่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กกลม โดยที่แกนเสาคอนกรีต (หมายเลข 1) และปลอกเหล็ก (หมายเลข 2) ถูก pre-confinement โดยแบบปลอกเหล็ก (หมายเลข 3 และ 4) ที่ทำหน้าที่คล้ายเข็มขัดรัด (โดยแรง pre-confinement เกิดขึ้นจากการขันนอตยึดแบบปลอกเหล็กให้มีความตึงตามที่ได้ออกแบบไว้) แล้วปลอกเหล็กจะถูกเชื่อมให้ติดกันด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้าตามแนวแกนของปลอกเหล็ก จากนั้นเมื่อคลายนอต และนำแบบปลอกเหล็กออกแล้ว การยึดของรอยเชื่อมและความแกร่งของปลอกเหล็กจะก่อให้เกิดหน่วยแรงโอบรัดต่อแกนคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยในเบื้องต้น ค่าแรงโอบรัดดังกล่าวคาดว่าจะคำนวณได้จากสมการที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 9.4



รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภาพของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

13.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการบัณฑิตศึกษาด้านวิศวกรรมโยธาและห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

14. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนโดยละเอียด)

ใช้ระยะเวลา 2 ปี (ตุลาคม 2551-กันยายน 2553) โดยมีแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยดังที่แสดง โดยโปรดดูรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยประกอบ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต	←→							
2.3 เหล็กเส้น					←→			
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม					←→			→
3.2 หน้าตัดกลม					←→			→
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					→
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			◆		◆	◆	←→	

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะที่ต้องการเพิ่มเติม

1. อุปกรณ์รองรับเสาในการทดสอบแบบต่างๆ ซึ่งต้องออกแบบเฉพาะเพื่อทดสอบในการศึกษานี้

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ(เฉพาะปีที่เสนอขอ) แยกตามหมวดเงินประเภทต่าง

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือนๆ ละ 6,000 บาท	144,000
2. ค่าตอบแทน ค่าใช้สอย และค่าวัสดุ	
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน เช่น ผู้ช่วยวิจัย ป.ตรี ช่างเชื่อมไฟฟ้า และกรรมกร	20,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าคอนกรีตสำเร็จรูป ค่าขนย้ายวัสดุ ค่าทำแบบบล็อก และค่าทำจตุรรองรับ เป็นต้น	20,000
2.3 ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	20,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	2,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	2,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	12,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น เหล็กเส้น นอตยัด ปะแฉัดแรงบิด และ บล็อกเหล็ก เป็นต้น	20,000
2.9 ค่าวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น strain gages และวัสดุที่เกี่ยวข้อง	10,000
รวมงบประมาณทั้งสิ้น	255,000

ตรวจสอบแล้ว

16.2 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

290,000 บาท

ก.ม.บ.
12 ส.ค. 2553

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ (โปรดคำชี้แจงเพิ่มเติม)

17.1 ผลสำเร็จระดับ P คือ ได้ทราบพฤติกรรมทางกลและลักษณะการวิบัติของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยบล็อกเหล็กและมีแรง pre-confinement ค่าต่างๆ ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการทดลองขั้นต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อการเผยแพร่ข้อมูลที่ได้แก่วิศวกรและนักวิชาการ/วิชาชีพเพื่อให้ตระหนักถึงข้อดีต่างๆ ของการ pre-confinement คอนกรีต

17.2 ผลสำเร็จระดับ I คือ ได้ทราบพฤติกรรมทางกลและลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและหน้าตัดทรงกลม ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นว่า ภายใต้รูปแบบของการเสริมกำลังโดยการห่อหุ้มเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยบล็อกเหล็กโดยมี pre-confinement ตามที่ศึกษานี้จะทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังและความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในการเสริมกำลังและซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อการเผยแพร่ข้อมูลที่ได้แก่วิศวกรและนักวิชาการ/วิชาชีพเพื่อให้ตระหนักถึงข้อดีต่างๆ ของการ pre-confinement เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและหน้าตัดทรงกลม และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

17.3 ผลสำเร็จระดับ G คือ จากข้อมูลที่ได้ในผลสำเร็จระดับ P และระดับ I จะนำไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบของ วสท. ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำเสนอเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาพัฒนามาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องต่อไป

18. สำหรับโครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณที่ผ่านมา
ข้าพเจ้า รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ขอรับรองว่า โครงการวิจัยนี้ได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณ 2552

ลงชื่อ

(รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

18.2 โปรดระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอขอของงบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่นหรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)

ไม่มี

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ค)

ไม่มีเพราะเพิ่งได้รับจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณ 2552 อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ผ่านมาได้ดำเนินการจัดทำกรทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปแล้วบางส่วน

19. กำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

ไม่มี

(ลายเซ็น)

(รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

(ลายเซ็น)

(รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าสาขาวิชา

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

(ลายเซ็น)

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 16 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

ส่วน ก : ประวัติคณะผู้วิจัย (ต้องระบุประวัติคณะผู้วิจัย / ที่ปรึกษาโครงการฯ ครบทุกคน)

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายสิทธิชัย แสงอาทิตย์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sittichai Seangatith
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน (กรณีเป็นชาวต่างชาติโปรดระบุเลขที่ passport)
3-7699-00019-50-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - 3.1 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 - 3.2 รักษาการแทนหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 - 3.3 รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224326
Email: sitichai@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จาก University of Texas at Arlington, Texas, USA
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
วิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมโครงสร้าง
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น
 - 7.1 การบริหารงานวิจัย
 1. หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ก.ย. 2544-ปัจจุบัน
 2. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2546-ก.ย. 2547
 3. รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ค.ค. 2547-2548
 - 7.2 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย
 1. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดปราจีนบุรี, 2543, รองผู้จัดการโครงการ
 2. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545, ผู้จัดการโครงการ
 - 7.3 หัวหน้าโครงการวิจัย
 1. "Optimization of Pultruded GFRP Composite Bridge Railing System", 1996
 2. "Characterization and Analysis of Composite Beams Subjected to Impact Loads", 1997
 3. การพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ, 2541
 4. การหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก, 2542

5. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545
 6. การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทูดขึ้นหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงอัดและแรงคด
- 7.4 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
1. "Optimization of Pultruded GFRP Composite Bridge Railing System", 1996, หัวหน้าโครงการวิจัย
 2. "GFRP Composite Columns with Various End Conditions", 1996, ผู้ร่วมวิจัย
 3. "Characterization and Analysis of Composite Beams Subjected to Impact Loads", 1997, หัวหน้าโครงการวิจัย
 4. "Tests on FRP Composite Beams and Panels", 1997, ผู้ร่วมวิจัย
 5. "Development of Design Equations for FRP Composite Columns", 1997, ผู้ร่วมวิจัย
 6. การพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ, 2541, หัวหน้าโครงการวิจัย
 7. การพัฒนาอิฐบล็อก, 2541, ผู้ร่วมวิจัย
 8. การพัฒนา Cement-lime Mortar สำหรับใช้ในประเทศไทย, 2541, ผู้ร่วมวิจัย
 9. การหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก, 2542, หัวหน้าโครงการวิจัย
 10. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดปราจีนบุรี, 2543, รองผู้จัดการ โครงการ
 11. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545, ผู้จัดการ โครงการ
 12. การทดสอบหาค่าดึงของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรงโดยการเสริมกำลังภายนอก, 2545, ผู้ร่วมวิจัย
 13. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อซีเมนต์ใยหินภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน, 2546, ผู้ร่วมวิจัย
 14. การตรวจสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปที่มีเหล็กหน้าตัดรูปตัวซีฝังที่ส่วนรองรับภายใต้แรงกระทำเป็นจุดตามขวาง, 2547, ผู้ร่วมวิจัย
 15. การพัฒนาคานสำเร็จรูปแบบคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำหรับอาคารขนาดเล็ก, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 16. โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดชัยภูมิ, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 17. โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดมหาสารคาม, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 18. "โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดศรีสะเกษ, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 19. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นพลาสติกที่ใช้แล้วแบบสั้น, 2549, ผู้ร่วมวิจัย
 20. การพัฒนาคานสำเร็จรูปแบบคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำหรับอาคารขนาดเล็ก, 2549, ผู้ร่วมวิจัย
 21. โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษาสภาพลำน้ำและคุณภาพน้ำลำตะคอง, 2549, ผู้ร่วมวิจัย

22. การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมทางกลของรอยต่อของคานคอนกรีตสำเร็จรูป, 2550, ผู้ร่วมวิจัย
23. การทดสอบและพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังโดยใช้ stainless steel แจ็คเก็ต, 2550, หัวหน้าโครงการวิจัย
24. โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล, 2550, ผู้ร่วมวิจัย

7.5 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. การพัฒนาพื้นแยกส่วนสำเร็จรูปพร้อมคานยึดหย่อน, 80 %, ผู้ร่วมวิจัย
2. การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทูด้านหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงอัดและแรงคด, 25 %, หัวหน้าโครงการวิจัย
3. การพัฒนากระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในเชิงธุรกิจ, 50%, ผู้ร่วมวิจัย
4. โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน, 5 %, ผู้ร่วมวิจัย



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT7-712-52-24-63

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4702 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 0570

วันที่ 24 มิ.ค. 2553

เรื่อง การทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 (โครงการต่อเนื่อง ปีที่ 2)

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 จำนวน 1 โครงการ ประกอบด้วย

- สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย (ต้นฉบับ/คู่ฉบับ)
- แบบรายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย (แบบ สบวพ.-ง-02) จำนวน 1 ชุด
- หัวข้อรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยประกอบการขออนุมัติเบิกเงิน ฯ จำนวน 1 ชุด

เพื่อให้การจัดทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ลงนามในสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งต้นฉบับและคู่ฉบับ พร้อมด้วยพยาน 1 ท่าน ตามที่ระบุ
2. กรอกรายละเอียดในแบบขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อขอเบิกจ่ายเงินงวดที่ 1/2553 ตามวงเงินที่ระบุไว้ในสัญญา

สำหรับแบบฟอร์มต่าง ๆ ซึ่งจะต้องส่งให้สถาบันวิจัยฯ โปรดใช้ตามแบบที่ส่งมาด้วยแล้ว หรือติดต่อเจ้าหน้าที่สถานวิจัยในสำนักวิชาของท่าน หรือ ดูจาก เว็บไซต์ ของสถาบันฯ ที่ <http://www.sut.ac.th/ird>

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการต่อไป และโปรดส่งเอกสารตามข้อ 1 และ 2 คืนให้สถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 31 มีนาคม 2553 ทั้งนี้ เมื่อผู้เกี่ยวข้องลงนามในสัญญาครบถ้วนและอนุมัติให้เบิกจ่ายเงินงวดที่ 1/2553 แล้ว สถาบันวิจัยฯ จะส่งสัญญาคู่ฉบับพร้อมทั้งสำเนาแบบขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยที่ได้รับอนุมัติแล้วให้ท่านเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ 0๕๖๕

วันที่ 24 มีนาคม 2553

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาการขอเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ ชื่อ และรายละเอียดโครงการวิจัย

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งเรื่องเพื่อขอเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ ชื่อ และรายละเอียดโครงการวิจัย โดยมีเหตุผลตามหนังสือที่ ศร 5614(12)/0173 ลงวันที่ 10 มีนาคม 2553 นั้น

คณะอนุกรรมการพิจารณากันกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย ตามหนังสือแจ้งเวียนที่ ศร 5621/ว.0104 ลงวันที่ 17 มีนาคม 2553 มีมติเห็นชอบให้เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ ชื่อ และรายละเอียดโครงการวิจัยได้ตามที่หัวหน้าโครงการเสนอ ดังนี้

ชื่อเดิม การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน (Development of steel-tubed reinforced concrete columns with pre-confinement under axially compressive loads)

ชื่อใหม่ การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน (Study on Mechanical Behaviors of Steel-Tubed Concrete and Steel-Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressi

สำหรับวัตถุประสงค์ และรายละเอียดของโครงการให้เป็นไปตามที่ระบุในหนังสือที่ ศร 5614(12)/0173 ลงวันที่ 10 มีนาคม 2553

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยทราบต่อไปด้วย


(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สป.วท.



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว. 0104

วันที่ 17 มีนาคม 2553

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณาหลักเกณฑ์และจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งเรื่องขอขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย และขอเปลี่ยนวัตถุประสงค์และชื่อโครงการวิจัย มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ดังนี้

1. ขอยกเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง อิทธิพลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคต่อระบบสมดุล อุณหภูมิภายในวัยรุ่นและวัยกลางคนในคนไทยที่ได้รับความเครียดจากอุณหภูมิในขณะออกกำลังกาย โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรวิ วิจารณ์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์
- (2) ขอเปลี่ยนวัตถุประสงค์และชื่อโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน โดย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนดังกล่าว รายละเอียดตามเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณารับรองเรื่องที่แจ้งเวียน หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณา ด้านหลังของหนังสือฉบับนี้ ภายในวันที่ 22 มีนาคม 2553 ด้วย

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศช 5621/ว. 0102

วันที่ 15 มีนาคม 2553

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณาหลักเกณฑ์และจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย และขอขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ดังนี้

1. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง จุดปฏิบัติการที่ดีที่สุดของเครื่องอบแห้งแบบข้าวหล่นอิสระ
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีชัย จิตรสมบูรณ์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
2. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอก
เหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. ขอยขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง ผลของการเสริมกรดไขมันต่อสรีรวิทยาของมดลูกในโคนม
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพญ. ดร. ศจีรา คุปพิทยานันท์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์
4. ขอยขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง ผลของยาต้านจุลชีพต่อการหดตัวของมดลูกสุกร
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพญ. ดร. ศจีรา คุปพิทยานันท์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบ ดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 18 มีนาคม 2553 ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ **SUT7-712-52-24-63**

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2552-2553)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 จำนวน 290,000.00 บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 จำนวน 255,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2552 จำนวน 145,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 148,664.00 บาท (รวมค่าครุภัณฑ์)

งวดที่ 2/2552 จำนวน 145,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 135,066.80 บาท

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 1/2553 จำนวน 127,000.00 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย จำนวน 4 หน้า

2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 2/2552 จำนวน 1 หน้า

**รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 1/2553**

ผลการดำเนินการระหว่างวันที่ 11 ธันวาคม 2551 ถึงวันที่ 10 มีนาคม 2553

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

(ภาษาอังกฤษ) Study on Mechanical Behaviors of Steel-Tubed Concrete and Steel-Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressive Loads

2. หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนน มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044)224420, 224421 โทรสาร (044) 224220 E-mail: sitichai@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket)

2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และได้ข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยอาศัยข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

5. แผนการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น		←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าที่ดัดสี่เหลี่ยม					←→			
3.2 หน้าที่ดัดกลม					←→			
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→		←→	←→	←→	←→

6. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น		←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าที่ดัดสี่เหลี่ยม								
3.2 หน้าที่ดัดกลม								
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→		←→			

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น								
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก			←→					
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม								
3.2 หน้าตัดกลม								
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→		←→			

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 45 (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 5 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค้นคว้าและศึกษางานวิจัยจากวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องมากกว่า 20 บทความ ได้ถูกดำเนินการนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุป โดยได้ดำเนินการเกือบเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (80%)

ขั้นตอนที่ 2: ศึกษาวิธีการทดสอบและออกแบบการทดสอบต่าง ๆ

2.1 ทำการจัดเตรียมและจัดเก็บวัสดุตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ห้องปฏิบัติการทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อรอการใช้งานและการทดสอบต่อไป

2.2 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่น universal testing machine, loading frame, hydraulic ram, hydraulic pump, pressure gauge, strain gage indicator, LVDT, และ dial gauge เป็นต้น ว่ามีจำนวนครบตามที่ต้องการและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

ซึ่งได้ดำเนินการแล้ว 80%

ขั้นตอนที่ 3: จัดหาวัสดุและจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบต่าง ๆ

ได้ดำเนินการจัดหาวัสดุและจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบได้เสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (50%)

ขั้นตอนที่ 4: การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ

ได้เริ่มดำเนินการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต ปลอกเหล็ก และคอนกรีตและปลอกเหล็ก โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 คอนกรีต

- ทำการทดสอบแรงกดอัดของคอนกรีตที่กำลังอัดประลัยที่ 18 MPa, 25 MPa และ 32 MPa ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (100%)

4.2 เหล็กเส้น

- ยังไม่มีการดำเนินการ

4.3 ปลอกเหล็ก

- ทำการทดสอบแรงดึงของเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็กที่มีความหนา 3.2 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (100%)

4.4 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก

- ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กแบบไม่มี pre-confinement และแบบที่มี pre-confinement ได้ดำเนินการเกือบเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (80%)

ขั้นตอนที่ 5: การทดสอบเสาในห้องปฏิบัติการ

- ยังไม่มีการดำเนินการ -

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ข้อมูล

ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้ดำเนินการไปแล้ว (40%)

ขั้นตอนที่ 7 : การสรุปผลการวิจัยและการเขียนรายงานและการเผยแพร่ผลงานวิจัย

ได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- บทที่ 1 บทนำ (60%)
- บทที่ 2 หลักการ ทฤษฎี และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (60%)
- บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย (75%)
- บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย (30%)
- บรรณานุกรม เขียนส่วนอ้างอิงจากบทที่ 1

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่งานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ

- ตีพิมพ์บทความและนำเสนอในงานประชุม The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference (TISD2010), Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Nongkhai Thailand, March 4-6, 2010

- อยู่ระหว่างดำเนินการส่งบทความฉบับเต็ม เข้าร่วมงานการนำเสนอผลงานในงานประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15 (NCCE15) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 12-14 พฤษภาคม 2552

10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

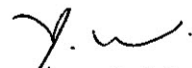
เครื่องทดสอบแรงกดอัดเกิดการชำรุด ทำให้งานวิจัยล่าช้า

11. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์								
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ 2.1 คอนกรีต 2.3 เหล็กเส้น 2.4 ปลอกเหล็ก 2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก					↔			
3. การทดสอบเสา 3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม 3.2 หน้าตัดกลม					←→	←→	←→	←→
4. การวิเคราะห์ข้อมูล					←→	←→	←→	←→
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน						↔	←→	←→

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ไม่มี -


 (รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
 หัวหน้าโครงการวิจัย

รายงานผลการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ทั้งสิ้น 255,000 บาท
โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

☒	งวดที่ 1 ได้รับเงิน	127,000 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	114,461.60 บาท
☐	งวดที่ 2 ได้รับเงิน	128,000 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	บาท
			ใช้จ่ายไปทั้งสิ้น	114,461.60 บาท
	คงเหลือเงิน			140,538.40 บาท

ดังรายละเอียดต่อไปนี้

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี	เบิกจ่ายตามใบเสร็จ งวดที่ 1	เบิกจ่ายตามใบเสร็จ งวดที่ 2	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป	
1. ค่าจ้างชั่วคราว (โปรดแสดงรายละเอียด)					
1.1 ค่าผู้ช่วยวิจัยวุฒิ ป.ตรี อัตราเดือนละ 6000 บาท เวลา 6 เดือน จำนวน 2 คน	144,000.00	42,000.00		102,000.00	
รวม	144,000.00	42,000.00	0.00	102,000.00	
2. ค่าตอบแทน ค่าใช้สอยและค่าวัสดุ (โปรดแสดงรายละเอียด)					
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวันอัตรา 200 บาท/วัน	20,000.00	9,800.00		10,200.00	
2.2 ค่าจ้างเหมาบริการ เช่น ค่าขนส่งวัสดุและอุปกรณ์และค่าจ้างทำแบบหล่อ ค่าหล่อ	20,000.00	23,960.00		-3,960.00	
2.3 ค่าเช่ารถ ค่าน้ำมันรถ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่ายานพาหนะเดินทางและค่าติดต่อสื่อสาร	20,000.00	10,137.60		9,862.40	
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	2,000.00			2,000.00	
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	2,000.00			2,000.00	
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการในประเทศ	5,000.00			5,000.00	
2.7 ค่าวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน	12,000.00			12,000.00	
2.8 ค่าวัสดุงานวิจัย เช่น ค่าปูนซีเมนต์ หิน และทราย และ โพลีเอสเตอร์ coupling agent	20,000.00	28,174.00		-8,174.00	
2.9 วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด เช่น strain gages และติดตั้งตัวอย่างทดสอบ เช่นกาวและ	10,000.00	390.00		9,610.00	
รวม	111,000.00	72,461.60	0.00	38,538.40	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น Grand total	255,000.00	114,461.60	0.00	140,538.40	ตรวจสอบแล้ว

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

I certify that the above is true in all respects.

(ลงชื่อ).....

(.....รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์.....)

หัวหน้าโครงการ

24 / 8.1. / 53

29 S.A. 2553



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
วันที่ 837 / 2553
วันที่ 12 มี.ค. 2553
เวลา 10.30

หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศธ 5614(12) / 0173 วันที่ 10 มีนาคม 2553
เรื่อง ขออนุมัติเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ ชื่อ และรายละเอียดของโครงการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หัวหน้าสถานวิจัย สำนัก
วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา)

ตามที่ผมได้จัดสรรทุนอุดหนุนโครงการวิจัยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 เรื่อง การพัฒนาเสา
คอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน ตามสัญญาเลขที่
42/2552 ตั้งแต่วันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2551 ถึงวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2552 เป็นจำนวนเงิน 290,000 บาท
และในปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 เป็นจำนวนเงิน 255,000 บาท โดยงบประมาณที่ได้รับจัดสรรมีจำนวนน้อย
กว่าที่ได้ขอตั้งงบประมาณไว้ประมาณ 40% ซึ่งส่งผลกระทบทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์ของ
การวิจัย โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปรับเพิ่มจำนวนคอนกรีตจาก 48 ตัวอย่างเป็น 162 ตัวอย่างและปรับลด
จำนวนตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจาก 96 ตัวอย่างเป็น 36 ตัวอย่าง และรายละเอียดของวัตถุประสงค์ของ
การวิจัยที่ถูกปรับเปลี่ยนจะถูกแสดงโดยตัวอักษรเข้มนดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กและ
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket)

2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของ
คอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และได้ข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่
เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีต
เสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยอาศัยข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและ
หน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

4. เพื่อนำเสนอสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่ากำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วย
ปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

และเนื่องจากมีการปรับวัตถุประสงค์ข้างต้นทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนชื่อของโครงการวิจัยให้เหมาะสมกับ
วัตถุประสงค์ใหม่เป็น

การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบ
รัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน (Study on Mechanical Behaviors of Steel-Tubed Concrete and Steel-
Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressive Loads)

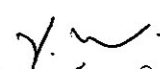
โดยข้อเสนอโครงการวิจัยเมื่อถูกปรับให้สอดคล้องกับใหม่วัตถุประสงค์จะมีรายละเอียดดังที่แสดงตาม
เอกสารแนบ

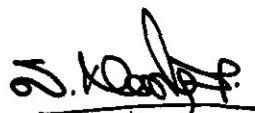
โดยความก้าวหน้าของโครงการถึงปัจจุบันได้ดำเนินการไปแล้วประมาณ 45% โดยมีการเผยแพร่ผลงานแล้วในการประชุมวิชาการนานาชาติ The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference 1 บทความและได้ส่งบทความฉบับเต็มเข้าร่วมพิจารณาเพื่อตีพิมพ์และนำเสนอผลงานในงานประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15 จำนวน 1 บทความ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ ชื่อ และรายละเอียดของโครงการวิจัย

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป


(รศ.ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
15 มิ ค 2553


(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธีชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย
วันที่ 10 เดือน มิ ค พ.ศ. 2553


(รองศาสตราจารย์ ดร. สุษันต์ หอพิบูลสุข)
หัวหน้าสาขาวิชา
วันที่ 10 เดือน มิ ค พ.ศ. 2553


(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย
วันที่ 10 เดือน มิ ค พ.ศ. 53


(รองศาสตราจารย์ น.อ. ดร. วรพจน์ จำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 10 เดือน มิ ค พ.ศ. 53

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอ ของงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย).....การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วย
ปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน.....

(ภาษาอังกฤษ).... Study on Mechanical Behaviors of Steel-Tubed Concrete and Steel-
Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressive Loads.....

ชื่อแผนงาน/ชุดโครงการวิจัย(กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย) (ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

.....โครงการวิจัยใหม่

...✓...โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...2...ปี ปีนี้เป็นปีที่....2...รหัสโครงการวิจัย.....

I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม
แห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ซึ่งประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (เลือกเพียง 1 ยุทธศาสตร์โดยทำ
เครื่องหมาย ✓ ที่ และระบุเฉพาะข้อความที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อเท่านั้น (ยุทธศาสตร์และ
ข้อความที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

....✓... ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน

ให้ความสำคัญกับเรื่อง (เลือกเพียง 1 ข้อเท่านั้น)

3.1 การปรับโครงสร้างการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพ และคุณค่าของสินค้าและบริการบนฐานความรู้
และความเป็นไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่
คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) แบบใหม่ และศึกษาพฤติกรรมการรับ
แรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่
ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริม
กำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally
deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่
สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้
งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถถูก
นำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว
ในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัด
กาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้ง
ทางด้านเศรษฐกิจ เช่น ไม่ต้องทุบทำลายโครงสร้างเก่าและสร้างโครงสร้างใหม่ และทางด้านสังคม เช่น ช่วย
เพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงของโครงสร้างในกรณีที่เกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหว นอกจากนั้นแล้ว การใช้
ปลอกเหล็กในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมโครงสร้างดังกล่าว แทนที่จะใช้วัสดุอื่นที่นำเข้ามาจาก

ต่างประเทศ เช่น fiber-reinforced composite จะเป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ และช่วยเสริมอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศอีกด้วย

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ซึ่งประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (เลือกเพียง 1 ยุทธศาสตร์โดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ และระบุเฉพาะกลยุทธ์และแผนงานวิจัยที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ เท่านั้น ยุทธศาสตร์ / กลยุทธ์ / แผนงาน ที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

.... ✓ ... ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิทยาการและทรัพยากรบุคคล

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

แผนงานวิจัยที่ 1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข เทคโนโลยีด้านอวกาศยุทธโธปกรณ์ เป็นต้น

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ เช่น การเสริมกำลังโดยการขยายขนาดหน้าตัดเสาให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ใช้สอยของอาคารและทำให้เกิดน้ำหนักคงที่ (dead load) กระทำต่ออาคารมากขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ในการดำเนินการวิจัยนี้จะมีนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 6 คนและระดับปริญญาโทจำนวน 2 คนของสาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นผู้ช่วยวิจัย โดยจะได้ศึกษาในรายวิชาปริญญานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะสร้างนักศึกษาเหล่านี้มีทักษะและความรู้/ความคิดสร้างสรรค์ในด้านการวิจัย ซึ่งจะช่วยให้มีความรู้ มีความคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนั้นแล้ว นักศึกษาดังกล่าวจะได้เรียนรู้ถึงจรรยาบรรณนักวิจัยอีกด้วย

III ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ซึ่งประกอบด้วย 10 กลุ่มเรื่อง (เลือกเพียง 1 กลุ่มเรื่องโดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ ข้อความที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

... ✓ ... เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ โดยเทคโนโลยีใหม่ที่จะเป็นการพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปลอกเหล็ก เพื่อทำให้คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังและความเหนียวที่ดีขึ้น เพื่อใช้เป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหว

แดง ที่กรุงเทพมหานคร โดยไม่ต้องทำการรื้อถอนและก่อสร้างใหม่ ดังนั้น จะช่วยลดปัญหาการสูญเสียทางเศรษฐกิจลงได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันอาคารต่างๆ จำนวนมากในประเทศไทยจำเป็นต้องมีการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ซึ่งเทคโนโลยีที่ศึกษานี้จะเหมาะสมกับประเทศไทย เป็นการใช้ประโยชน์จากสินค้าที่ผลิตได้เองในประเทศให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และสุดท้ายจะช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศไทยให้ก้าวหน้าต่อไป นอกจากนั้นแล้ว เทคโนโลยีนี้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย

IV ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

1. นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง (เลือกเพียง 1 เรื่อง)

1.13 สร้างโอกาสให้ประชาชนได้มีที่อยู่อาศัยอย่างทั่วถึง

ดูเหตุผลข้อ III ประกอบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่เกิดจากการวิจัยนี้ย่อมมีผลทางอ้อมให้ประชาชนได้มีรูปแบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยที่มีประสิทธิภาพ มีความคงทน แข็งแรงสูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำผลลัพธ์ที่เกิดจากการวิจัยนี้ไปใช้ในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เช่น ในกรณีของแฟลตดินแดง ที่กรุงเทพมหานคร เป็นต้น

2. นโยบายระยะการบริหารราชการ 4 ปี ของรัฐบาล (เลือกเพียง 1 นโยบาย)

2.4 นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยจะก่อให้เกิดองค์ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ เช่น การเสริมกำลังโดยการขยายขนาดหน้าตัดเสาให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ใช้สอยของอาคารและทำให้เกิดน้ำหนักคงที่ (dead load) กระทำต่ออาคารมากขึ้น

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย (โปรดคัดลอกข้อความประกอบตอนท้าย)

1. ผู้รับผิดชอบ [คณะผู้วิจัย บทบาทของนักวิจัยแต่ละคนในการทำวิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)] และหน่วยงาน [ประกอบด้วยหน่วยงานหลัก หน่วยงานสนับสนุน โดยระบุที่อยู่ พร้อมทั้งลักษณะของการร่วมงานวิจัยกับหน่วยงานอื่น (ถ้ามี)]

ผู้รับผิดชอบ

หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. สติชัย แสงอาทิตย์

Assoc. Prof. Dr. Sittichai Seangatith

สัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 100%

หน่วยงาน

หน่วยงานหลัก

สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224326

E-mail: sitichai@sut.ac.th

2. ประเภทของการวิจัย/ประกอบด้วยการวิจัยพื้นฐาน หรือการวิจัยประยุกต์ หรือการพัฒนาทดลอง ระบุเพียง 1 ประเภทเท่านั้น

การพัฒนาทดลอง (Experimental Development)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย (จัดตามกลุ่มของ วช. โปรดดูคำชี้แจงที่ <http://www.sut.ac.th/ird>)

สาขาวิชาการ: วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

กลุ่ม: วิศวกรรมอุตสาหกรรมวิจัย

4. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ของโครงการวิจัย

คอนกรีตที่ถูกล้อมหุ้มด้วยท่อเหล็ก, เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกล้อมหุ้มด้วยปลอกเหล็ก,

การโอบรัดก่อน, แรงกดอัดในแนวแกน

Steel-Tubed concrete, Steel-Tubed Reinforced Concrete Column,

Pre-confinement, Axial compressive load

5. ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในประเทศไทย อาคารประเภทต่างๆ เช่น บ้าน ทาวเฮาส์ และอาคารพาณิชย์ เป็นต้น มักจะถูกก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเฉพาะเป็นการก่อสร้างแบบหล่อในที่ (cast-in-place construction) ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ ประหยัด - เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีราคาที่ไม่แพงเกินไป หาซื้อได้ง่าย และต้องการการดูแลรักษาน้อย ความเหมาะสมของวัสดุสำหรับงานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง - เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถทำให้เป็นรูปร่าง ลักษณะ และขนาดที่ต้องการได้ง่าย ความต้านทานต่อไฟไหม้ - คอนกรีตมีความต้านทานต่อไฟไหม้ได้ดี โดยไม่ต้องมีถูกพันหุ้มด้วยฉนวนกันไฟ และความแข็งแรง (rigidity) - เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีมวลมากและความแข็งแรงสูง ดังนั้น การสั่น (vibration) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจึงมีน้อยกว่าในโครงสร้างเหล็ก อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องดำเนินการเป็นขั้นตอนตามลำดับคือ ดัดตั้งแบบหล่อและค้ำยัน ผูกเหล็ก เทคอนกรีต และรอให้คอนกรีตแข็งตัวจนมีกำลังเพียงพอจึงทำการถอดแบบ ซึ่งการก่อสร้างลักษณะนี้มักจะใช้ระยะเวลาก่อสร้างนานและทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างสูง โดยเฉพาะระหว่างขั้นตอนการเทคอนกรีตและถอดแบบหล่อคอนกรีต นอกจากนั้นแล้ว การก่อสร้างดังกล่าวจะต้องมีการจัดเตรียมไม้แบบเพื่อทำแบบหล่อและติดตั้งค้ำยัน ซึ่งมักจะต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือค่อนข้างสูงไม่เช่นนั้นแล้วจะเกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา เช่น แบบหล่อไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด แบบรั่วทำให้คอนกรีตไหลออกในตอนเทคอนกรีต และแบบแตก เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เสียเงินและเสียเวลาในการดำเนินการเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องพลวัตทางด้านเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งมีการแข่งขันกันในด้านฝีมือ ราคา และความรวดเร็วในการดำเนินการ ในทางอ้อม การใช้ไม้เป็นแบบหล่อคอนกรีตก่อให้เกิดปัญหาการตัดไม้ ซึ่งเป็นผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

เนื่องจากปัญหาในการก่อสร้างอาคารที่กล่าวข้างต้น จึงเกิดการพัฒนารูปแบบการก่อสร้างแบบต่างๆ ขึ้นมา โดยเฉพาะการนำระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (prefabrication) มาช่วยเสริมในบางส่วนของโครงสร้าง เช่น แผ่นพื้นสำเร็จรูป และคานสำเร็จรูป (กรรมและสิทธิฯ, 2548 และ จักษดาและสิทธิฯ, 2548) เป็นต้น และการใช้แบบหล่อสำเร็จรูปที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งการใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จเป็นแบบหล่อให้กับโครงสร้างและได้รับแรงกระทำร่วมกับโครงสร้างโดยไม่มีการถอดแบบหล่อดังกล่าวออกจากโครงสร้าง เช่น การใช้ท่อเหล็ก

(Johansson, 2000 และ 2001) หรือท่อซีเมนต์ใยหิน (ครีเมนต์และสทิซซี่, 2547) เป็นแบบหล่อสำเร็จรูปถาวรของเสา เป็นต้น โดยในปัจจุบัน เสาเชิงประกอบหรือเสาคอมโพสิท (composite column) เช่น เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็ก (steel-encased reinforced concrete column) ได้ถูกนำมาใช้ในงานโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ดังปรากฏรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบในมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิกัลลิ่ง ว.ส.ท. 1008-38 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design ของ American Institute of Steel Construction และ Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures ของ Architectural Institute of Japan โดยมีข้อดีที่สำคัญคือ เสาเชิงประกอบดังกล่าวช่วยให้การก่อสร้างมีความสวยงามและรวดเร็ว โดยใช้ท่อเหล็กหรือปลอกเหล็กเป็นแบบหล่อถาวรให้โครงสร้าง และปลอกเหล็กดังกล่าวยังร่วมกับแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กในการรับแรงกระทำโดยอาศัย composite action ซึ่งเป็นผลทำให้เสาดังกล่าวมีกำลังรับแรงกดอัด (compressive strength) และความเหนียว (ductility) สูงกว่าเสาเหล็กรูปพรรณและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมาก นอกจากนั้นแล้ว composite action ยังช่วยให้เสาดังกล่าวมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้มากก่อนที่จะเกิดการวิบัติ และเหมาะสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในพื้นที่ที่มีแผ่นดินไหว (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992) ซึ่งพฤติกรรม composite action ดังกล่าวจะมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ดาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวได้ถูกพิจารณาเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวระดับปานกลางแล้ว ดังนั้น การศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรม composite action จึงมีประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยที่การเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ จะช่วยให้อาคารดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการกระทำของแรงแผ่นดินไหวมากขึ้น อีกทั้งจะช่วยลดความสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สินที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากภัยแผ่นดินไหว นอกจากนั้น การเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ จะช่วยให้ไม่ต้องทำการรื้อถอนและสร้างอาคารขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจได้เป็นอย่างมาก

ในการใช้งานอีกรูปแบบหนึ่ง ท่อเหล็กและปลอกเหล็กข้างต้นยังได้ถูกนำมาเสริมกำลังแบบภายนอก (external strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งาน โครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น วิธีการเสริมกำลังดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่มี composite action ระหว่างปลอกเหล็กและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และรูปแบบที่ไม่มี composite action โดยรูปแบบที่หนึ่งจะเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่ารูปแบบที่ 2 เนื่องจากข้อดีของ composite action ดังที่กล่าวข้างต้นจะช่วยทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังมีค่ากำลัง ความเหนียว และมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้สูงขึ้นไปกว่าในรูปแบบที่ 2 การเสริมกำลังแบบภายนอกให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างและที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์นั้นมีผลดีทางด้านเศรษฐกิจเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วข้างต้น กล่าวคือ จะช่วยให้อาคารเดิมสามารถใช้งานได้ต่อไป โดยสามารถถูกออกแบบเสริมกำลังให้เป็นไปตามข้อบังคับของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ดูรายละเอียดสำหรับอาคารที่จะต้องถูกตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารได้ที่

engineering.com/building-inspector-standard-engineering.asp) ได้ทำให้ไม่ต้องทำการรื้อถอนและสร้างอาคารขึ้นมาใหม่

โดยสรุปแล้ว การใช้ปลอกเหล็กในการห่อหุ้มเสาคอนกรีตหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายนอกดังที่กล่าวข้างต้นนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งในการก่อสร้างโครงสร้างใหม่และปรับปรุง/ซ่อมแซมโครงสร้างเดิมที่มีอยู่แล้ว ซึ่งก่อให้เกิดผลดีทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1008-38 พบว่า สมการออกแบบของ ว.ส.ท. ก็ไม่ได้พิจารณาถึง composite action โดยข้อกำหนดที่ 4314 กำหนดให้ออกแบบเสาเชิงประกอบโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป ซึ่งการไม่ได้พิจารณาถึง composite action ของมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1008-38 นั้นน่าจะมีสาเหตุหลักมาจากความไม่แน่นอนในการพัฒนา composite action ที่เกิดขึ้นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยอาศัยความแข็งแรงและความหนาของปลอกเหล็กเป็นหลัก ตลอดจนมาตรฐานการควบคุมการก่อสร้างในประเทศไทยยังไม่สมบูรณ์มากนัก ตลอดจนวิศวกรไทยยังขาดความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรม composite action จึงเป็นสาเหตุของความไม่แน่นอนมากขึ้น ดังนั้น การไม่พิจารณาถึง composite action จึงน่าเป็นเรื่องที่เหมาะสม แต่จะทำให้ขาดประสิทธิภาพในการใช้องค์อาคารดังกล่าวและก่อให้เกิดความสับสนป้อนทางเศรษฐกิจ ดังนั้น เพื่อก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรม composite action ที่มากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการให้หน่วยแรงโอบรัดแก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการให้ pre-confinement แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยจะทำการพัฒนาระบบการให้ pre-confinement แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ง่ายและสามารถปฏิบัติได้ในสนามและทำการทดสอบ เพื่อช่วยให้เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับแรงกดอัดและการวิบัติของคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กดังกล่าว

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket)
2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และได้ข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน โดยอาศัยข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และการวิบัติ โดยตัวอย่างที่ศึกษาเป็นคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่าและทรงกลม โดยมีกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนอย่างน้อย 300 kN และไม่เกิน 1500 kN เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือทดสอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า พฤติกรรมของเสาคอนกรีตในลักษณะข้างต้นขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น กำลังของคอนกรีต หน่วยแรงคราก (yielding stress) และ โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของเหล็ก ลักษณะการให้แรงกดอัดกระทำต่อเสา อัตราส่วนของความกว้างของปลอกเหล็กต่อความหนาของปลอกเหล็ก (B/t) อัตราส่วนความสูงของเสาต่อความกว้างของหน้าตัดเสา (L/B) อัตราส่วนกำลังของคอนกรีตต่อกำลังของเหล็ก และรูปร่างหน้าตัดของปลอกเหล็ก (Huang et.al., 2002) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดขอบเขตของงานวิจัยโดยมีรายละเอียดของดังนี้

7.1 ตัวแปรหลักที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 ตัวแปร คือ

1. คอนกรีตมีกำลังรับแรงกดอัดประลัย 18 MPa, 25 MPa และ 32 MPa ตามมาตรฐานการทดสอบ โดยคอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ (ready-mixed concrete) ที่ขายในเชิงพาณิชย์และมักถูกใช้ในการก่อสร้างอาคารในประเทศไทย
2. ปลอกเหล็ก หรือ steel jacket มีลักษณะเป็นท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่ากลวงและท่อเหล็กหน้าตัดกลมกลวงที่ผลิตโดยการพับแผ่นเหล็กโครงสร้างแบบเย็น (cold-formed) เป็นสองส่วนและนำมาเชื่อมรอยต่อเข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแผ่นเหล็กเป็นเหล็กตามมาตรฐานเหล็กโครงสร้างของ มอก. ที่มีความหนา 3.2 mm 4.5 mm และ 6.0 mm โดยปลอกเหล็กที่มีความหนา 4.5 mm มีค่า B/t ผ่านเกณฑ์ของมาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ของข้อกำหนดของ AISC LRFD 1994 ปลอกเหล็กที่มีความหนา 3.2 mm มีค่า B/t ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งสองข้างต้น และปลอกเหล็กที่มีความหนา 6.0 mm มีค่า B/t ผ่านเกณฑ์ทั้งสองข้างต้น และมีอัตราส่วนของปริมาณปลอกเหล็กต่อพื้นที่หน้าตัดเสามากกว่า 4% ตามข้อกำหนดของ AISC LRFD

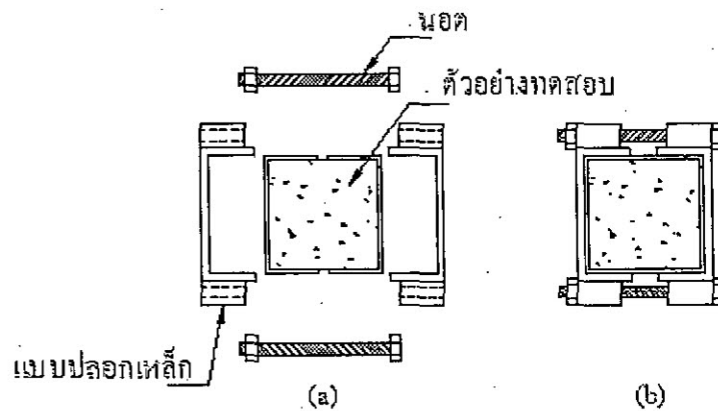
7.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต แผ่นเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็ก และเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ถูกกระทำตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

7.3 ตัวอย่างทดสอบ มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าขนาด 150×150 mm และหน้าตัดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm โดยตัวอย่างทดสอบคอนกรีตมีความสูง 300 mm และตัวอย่างทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีความสูง 750 mm ทำให้มีค่า L/B เท่ากับ 5.0 ซึ่งเป็นค่าที่มักใช้ในการก่อสร้างอาคารเดี่ยวและอาคารสูงปานกลางในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมักอยู่ในช่วง 5 ถึง 9 (Schneider, 1998) และถูกจำกัดโดยความสูงของเครื่องมือทดสอบ โดยเสาตัวอย่างทดสอบไม่มีระบบที่ใช้ในการถ่ายแรงเฉือนระหว่างแกนคอนกรีตเสริมเหล็กและปลอกเหล็ก

7.4 แรงกระทำเป็นแรงกดอัดในแนวแกนที่กระทำต่อแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กของตัวอย่างทดสอบ โดยผ่านแผ่นรับแรงแบกทาน (bearing plate) ซึ่งเทียบได้กับการกระทำของแรงกดอัดต่อเสาเชิงประกอบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38 ข้อ 4314(ค)

7.5 หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) จะได้จากกระบวนการให้แรงกระทำ ซึ่งประกอบด้วยนอตและแบบปลอกเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 1(a) ซึ่งในการให้ pre-confinement ต่อตัวอย่างทดสอบนั้น แกนคอนกรีตจะถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กก่อน จากนั้น จะถูกห่อหุ้มด้วยแบบปลอกเหล็กถ่ายแรงอีกชั้นหนึ่ง จากนั้น ใช้นอตยึดแบบปลอกเหล็กถ่ายแรง ดังที่แสดงในรูปที่ 1(b) และทำการให้แรงบิดกระทำต่อนอต ซึ่งจะทำให้แบบปลอกเหล็กถ่ายแรงทำการอัดต่อปลอกเหล็กและแกนคอนกรีตตามลำดับ ซึ่งแรงดังกล่าวจะเป็นหน่วยแรงโอบรัดก่อน โดยในเบื้องต้น หน่วยแรงโอบรัดก่อนที่ใช้ในการศึกษาจะก่อให้เกิดหน่วยแรงโอบรัดต่อตัวอย่างทดสอบคอนกรีต 2 ค่า

ดังต่อไปนี้สำหรับตัวอย่างทดสอบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า ใช้หน่วยแรงโอบรัดก่อน คือประมาณ 0.05 และ 0.1 เท่าของกำลังประลัยของคอนกรีต และตัวอย่างทดสอบหน้าตัดกลม ใช้หน่วยแรงโอบรัดก่อน คือประมาณ 0.05 และ 0.08 เท่าของกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบและความสามารถของเครื่องมือทดสอบ)



รูปที่ 1 (a) ชิ้นส่วนต่างๆ ในการประกอบตัวอย่างทดสอบและ (b) หน้าตัดของตัวอย่างทดสอบขณะถูกห่อหุ้มด้วยระบบให้ pre-confinement

8. ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) ในอาคารขนาดเล็ก คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างเสามีกำลังรับแรงกดอัดประลัย, f'_c , เท่ากับกำลังของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างคานและพื้น ซึ่งมักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-25 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนเสาที่ใช้มักจะเป็นเหล็กที่มี yield stress, f_y , อยู่ระหว่าง 300-400 MPa เสาจะมีหน้าตัดอยู่ระหว่าง 0.15-0.25 m และสูง 2.2-2.8 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแนวแกน, A_{st} , จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด, A_g , ของเสา เสาจะต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 9 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ

ในกรณีเสาสั้นและใช้เหล็กปลอกเดี่ยวที่มักใช้ในอาคารขนาดเล็ก มาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดให้กำลังที่ยอมให้, $\phi P_{n(max)}$, ของเสาดังกล่าวที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะหาได้จากสมการ

$$\phi P_{n(max)} = 0.80\phi[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (1)$$

เมื่อเทอม 0.80 เป็นตัวคูณลดกำลังเนื่องจาก accidental moment เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น โมเมนต์เนื่องจาก unbalanced moment ที่เกิดขึ้นในคาน การที่เสาในชั้นต่างๆ ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และการที่คอนกรีตในเสาถูก compact ไม่ทั่วกันตลอดความยาวของเสา เป็นต้น ACI กำหนดเทอมค่าคงที่ 0.85 จากผลการทดสอบเสา 564 ต้นที่ University of Illinois และ Lehigh University เทอม ϕ เป็น strength reduction factor โดยกำหนดให้มีค่า 0.75 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวและ 0.70 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการทดสอบที่พบว่า เสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวมี ductility ที่สูงกว่าเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว

จากการทดสอบคอนกรีตที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในสามแกน (triaxially compressive loading test) พบว่า กำลังและ ductility ของคอนกรีตมีค่าสูงกว่ากำลังและ ductility ของคอนกรีตที่กระทำโดยแรงกดอัดในแกนเดียว (axially compressive loading test) โดยกำลังของคอนกรีตในสภาพดังกล่าว, f_1 , จะหาได้จากสมการ

$$f_1 = f'_c + 4.1f_2 \quad (2)$$

เมื่อ f_2 เป็นหน่วยแรงรัศรอบ (confined stress) ซึ่งเทอมที่สองทางขวามือของเครื่องหมายเท่ากับแสดงให้เห็นถึงผลของการโอบรัดหรือการรัศรอบของปลอกเหล็กแจ็คเก็ตที่มีต่อคอนกรีต ซึ่งน่าที่จะเป็นไปได้ที่ผลการรัศรอบดังกล่าวจะมีต่อเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเช่นกัน ซึ่งการโอบรัดดังกล่าวจะทำให้เสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังรับแรงกดอัดสูงกว่าเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ และจะเป็นผลทำให้กำลังที่ยอมให้ของเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกรัศรอบที่หาจากสมการ ออกแบบข้างต้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตที่ผ่านมาพบว่า การโอบรัดหรือการรัศรอบดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนา ค่า yielding stress และค่า modulus of elasticity ของปลอกเหล็กและแรงโอบรัดจะเป็นแบบ passive confinement ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่มากนัก ดังนั้น ในการศึกษาจึงเสนอระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กถูกกระทำโดยหน่วยแรงรัศรอบ f_2 โดยตรง ซึ่งจะเป็นผลทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

9. การทบทวนวรรณกรรม (reviewed literature) / สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

9.1 พฤติกรรมและกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

9.1.1 เสาคอนกรีตล้วน

จากการทดสอบเสาคอนกรีตที่ปราศจากเหล็กเสริมโดยการกดอัดในแนวแกน ซึ่งพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อกำลังรับแรงกดอัดของเสา เช่น ขนาดรูปร่างของเสา คุณภาพของคอนกรีต อัตราการให้แรงกดอัด ความชะลูดของเสา ตลอดจนลักษณะของการหล่อเสาตัวอย่างที่อาจหล่อในแนวตั้งหรือในแนวนอน พบว่า พฤติกรรมการรับแรงกดอัดของเสาคอนกรีตล้วนมีลักษณะแบบเปราะ (brittle) ที่คล้ายกับพฤติกรรมการรับแรงกดอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีต กล่าวคือ ในช่วงแรกของการให้แรงกระทำ ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง (stress) และความเครียด (strain) ในแนวแกนของเสาคอนกรีตจะเป็นเส้นค่อนข้างตรงจนถึงประมาณ 50% ของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีต จากนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีความโค้งมากขึ้น เนื่องจากการแตกร้าวภายในที่มากขึ้น จนถึงกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดที่จุดที่เส้นกราฟความสัมพันธ์มีความชันเป็นศูนย์ จากนั้น ความสามารถในการรับแรงกดอัดของเสาคอนกรีตจะลดลงอย่างต่อเนื่อง สุดท้าย เสาคอนกรีตจะเกิดการวิบัติโดยจะเกิดการแตกออก (splitting) ในแนวยาวของเสาหรือเป็นแบบเฉือนขนานในระนาบเอียง โดยหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.85 เท่าของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีตหรือ $0.85f'_c$ ดังนั้น ถ้าเสาคอนกรีตมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิ A_c และมีกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก f'_{co} แล้ว กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดในแนวแกนของเสาคอนกรีต P จะหาได้จากสมการ

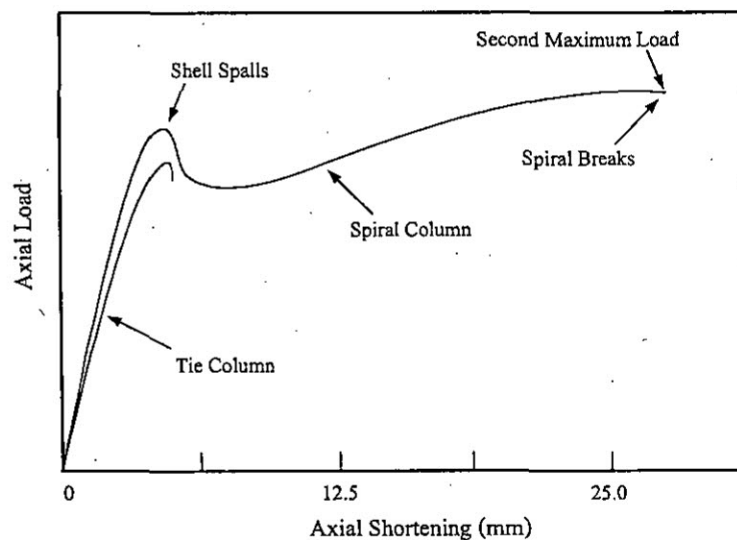
$$P = 0.85f'_{co}A_c \quad (3)$$

9.1.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

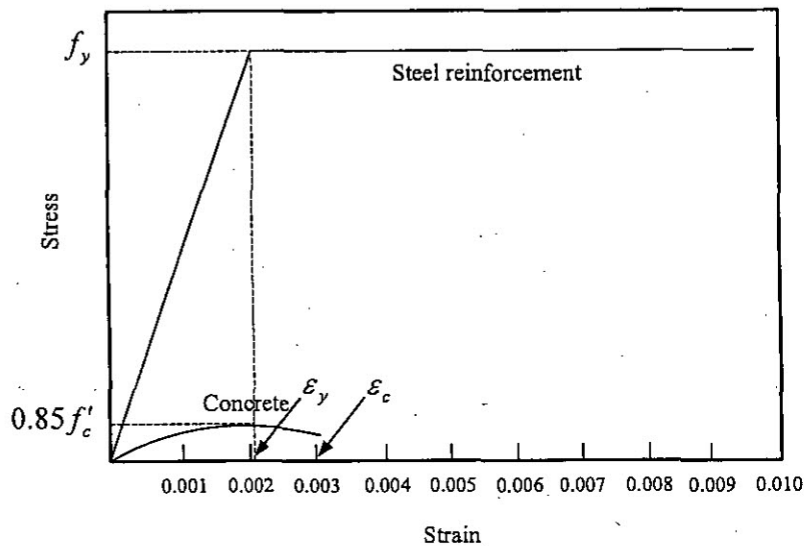
เสาคอนกรีตที่เสริมเฉพาะเหล็กเสริมหลักอย่างเดียว (ไม่มีเหล็กปลอก) มีพฤติกรรมแบบเปราะและการวิบัติค่อนข้างคล้ายกับการวิบัติของเสาคอนกรีต กล่าวคือทันทีที่คอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมหลักถูกกด

อัดแตกและร่อนออก เหล็กเสริมหลักจะถูกกดอัดและเกิดการวิบัติโดยการ โกงเคาะ แต่เมื่อเสาคอนกรีตดังกล่าวถูกเสริมด้วยเหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กปลอกเดี่ยว เหล็กปลอกจะช่วยโอบรัดแกนคอนกรีตภายในไว้หลังจากที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตก ทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นมีกำลังรับแรงกดอัดเพิ่มขึ้น และช่วยให้เสามีพฤติกรรมแบบเหนียว (ductile) มากขึ้น ก่อนที่จะเกิดการวิบัติ

รูปที่ 2 แสดงพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยว ถ้าเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตและมีปริมาณเหล็กเสริมหลักเท่ากันและสมมติว่าเหล็กเสริมหลักมีกำลังจุดครากไม่สูงมากนัก (เช่น เหล็กเส้น SD30 และ SD40) แล้ว จากการทดสอบพบว่า เมื่อหน่วยแรงกดอัดในคอนกรีตและเหล็กเสริมมีค่าอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (elastic) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดกับการหดตัวในแนวแกนของเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยวค่อนข้างเหมือนกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรงในช่วงเริ่มต้น แต่เมื่อเสารับแรงกดอัดมากขึ้นจนหน่วยแรงกดอัดในคอนกรีตมีค่าสูงเกินกว่า $0.5f'_{co}$ โดยประมาณแล้ว ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อแรงกดอัดมีค่าสูงจนกระทั่งหน่วยแรงกดอัดในเหล็กเสริมถึงจุดครากแล้ว แรงกระทำที่เพิ่มขึ้นจะถูกรองรับโดยคอนกรีต จากนั้น คอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมจะเริ่มแตกร้าว ถ้าระยะห่างของเหล็กปลอกเดี่ยวมีค่ามากเกินไป เมื่อคอนกรีตหุ้มถูกอัดแตกแล้ว เสาจะเกิดการวิบัติอย่างทันทีทันใด (abrupt failure) เพราะเหล็กเสริมหลักที่อยู่ระหว่างเหล็กปลอกเดี่ยวจะถูกกดอัดและโกงเคาะทางข้างทันที ทำให้เสามีพฤติกรรมการวิบัติแบบเปราะ แต่ถ้าเหล็กปลอกเดี่ยวมีระยะห่างน้อยกว่าที่มาตรฐานการออกแบบกำหนดแล้ว กำลังรับแรงกดอัดของเสาจะค่อยๆ ลดลงหลังจากที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตกทำให้เสามีพฤติกรรมการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไป (progressive failure) มากขึ้น อย่างไรก็ดี ในทางทฤษฎีถือว่าเสานั้นไม่เหมาะที่จะใช้งานอีกต่อไปเมื่อคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมหลักถูกอัดแตก



รูปที่ 2 พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียว (Macgregor, 1997)



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม (วินิต ช่อวิเชียร, 2540)

การวิเคราะห์หาค่ากำลังรับแรงกอดัดในแนวแกนของเสาสั้น พิจารณาได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริมดังแสดงในรูปที่ 3 โดยกำหนดให้คอนกรีตมีหน่วยแรงกอดัดสูงสุดเท่ากับ $0.85f'_c$ ที่ความเครียดกอดัดเท่ากับ 0.002 mm/mm (ACI committee 318-05) และให้คอนกรีตมีความเครียดกอดัดสูงสุดก่อนวิบัติเท่ากับ 0.003 mm/mm โดยกำลังรับแรงกอดัดในแนวแกนของเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียว (ก่อนที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตก) มีค่าเท่ากับผลรวมของกำลังรับแรงกอดัดที่ได้จากคอนกรีตและเหล็กเสริมหลัก เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม ดังรูปที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อใช้เหล็กเสริมที่มีหน่วยแรงที่จุดคราก f_y (yield stress) อยู่ระหว่าง 300-400 MPa แล้ว เหล็กเสริมนั้นจะมีความเครียดที่จุดคราก (ϵ_y) เท่ากับ $0.0015-0.002 \text{ mm/mm}$ ซึ่งทำให้เหล็กเสริมหลักในเสาจะถูกกอดัดถึงจุดครากก่อนที่คอนกรีตถูกกอดัดจนถึงหน่วยแรงกอดัดสูงสุดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น ก่อนที่คอนกรีตหุ้มจะถูกอัดแตก หน่วยแรงกอดัดของคอนกรีตจะถูกสมมุติให้มีค่า $0.85f'_c$ และหน่วยแรงกอดัดของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับหน่วยแรงคราก f_y ดังนั้น กำลังรับแรงกอดัดสูงสุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะหาได้จากสมการ

$$P = 0.85f'_c(A_g - A_s) + f_y A_s \quad (4)$$

เมื่อ A_g คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา

A_s คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมหลัก

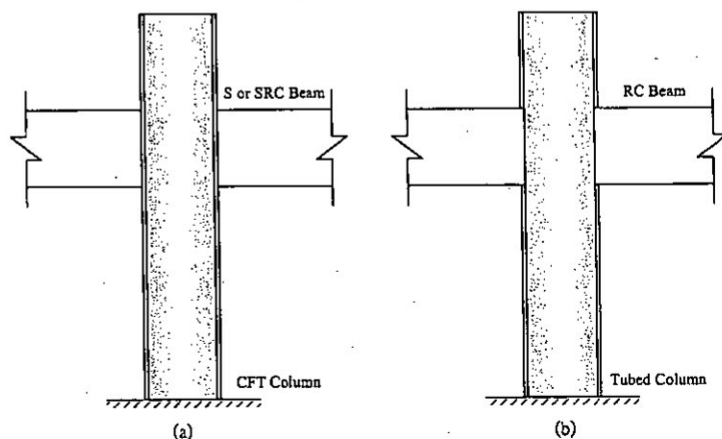
f_y คือกำลังรับแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริมหลัก

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) สำหรับอาคารขนาดเล็กในประเทศไทย คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างมักถูกกำหนดให้มีกำลังรับแรงกอดัดสูงสุด (f'_c) อยู่ในช่วง 18-25 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนมักจะมี yield stress อยู่ในช่วง 300-400 MPa และเสามักมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่ขนาด 0.15-0.25 m และสูง 2.20-2.80 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแนวแกน (A_s) มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (A_g) ของเสา เสาคอนกรีตต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 6 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ

9.2 เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) หรือเสา CFT เป็นเสาคอมโพสิต (composite column) หรือเสาเชิงประกอบที่ก่อสร้างโดยใช้ท่อเหล็กกลวงหรือปลอกเหล็กกลวง ซึ่งมีหน้าตัดทรงกลมหรือหน้าตัดสี่เหลี่ยมเป็นแบบหล่อและเทคอนกรีตลงในช่องว่างของปลอกเหล็กเพื่อใช้เป็นแกนของเสา โดยปลอกเหล็กได้ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับคอนกรีตเพื่อให้เกิด composite action โดยปลอกเหล็กอาจจะถูกออกแบบให้ทำหน้าที่หลักในการรองรับหน่วยแรงในแนวแกน (axial stress) ที่เกิดจากแรงกดอัดและโมเมนต์ดัด และ/หรืออาจจะถูกออกแบบให้รองรับหน่วยแรงตามขวาง (transverse stress) ที่เกิดจากแรงเฉือนและ/หรืออาจจะถูกออกแบบให้รองรับแรงดันเนื่องจากการขยายตัวของแกนคอนกรีตภายใต้แรงกดอัด ซึ่งทำให้เกิดการโอบรัด (confining effect) ต่อแกนคอนกรีต ในขณะเดียวกัน แกนคอนกรีตทำหน้าที่ช่วยปลอกเหล็กในการรองรับหน่วยแรงในแนวแกนบางส่วนและยังช่วยให้ปลอกเหล็กมีความต้านทานต่อการเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ของผนังของปลอกเหล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งผลของ composite action ข้างต้นทำให้เสา CFT มีข้อดีเหนือกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาเหล็กโครงสร้าง ทั้งในด้านความแข็งแรง (stiffness) กำลัง (strength) ความเหนียว (ductility) และการดูดซับพลังงาน (energy absorption) และส่งผลให้เสา CFT เป็นเสาที่ใช้ปริมาณเหล็กลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเสาเหล็กโครงสร้าง และปลอกเหล็กยังทำหน้าที่เป็นแบบหล่อและค้ำยัน ซึ่งทำให้การก่อสร้างดำเนินการได้ง่ายและช่วยทำให้ราคาค่าก่อสร้างโครงสร้างลดลง ดังนั้น จากข้อดีข้างต้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เสา CFT จึงได้รับความนิยมและประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา จีน และญี่ปุ่น (Xiao et al., 2005) โดยในสหรัฐอเมริกา เสา CFT ที่ใช้อาคารเดี่ยวและอาคารสูงปานกลางมักจะมีอัตราส่วนของความกว้างของเสาคือความหนาของปลอกเหล็กอยู่ในช่วง 26 ถึง 48 และมีอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้างของเสาอยู่ในช่วง 5 ถึง 9 (Schneider, 1998)

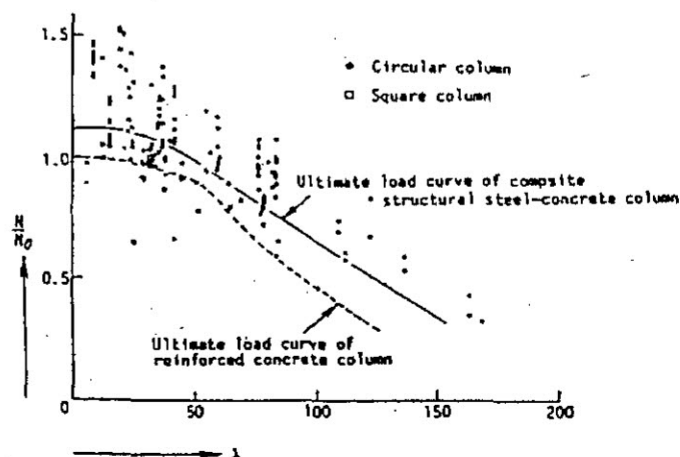
ในปัจจุบัน เสา CFT ถูกแบ่งตามลักษณะการออกแบบให้ปลอกเหล็กรองรับหน่วยแรงเป็น 2 แบบ ดังที่แสดงในรูปที่ 4 คือ 1.) ปลอกเหล็กทำหน้าที่หลักเป็นเหล็กแกน (longitudinal reinforcement) รองรับหน่วยแรงในแนวแกน โดยเสา CFT จะถูกก่อสร้างอย่างต่อเนื่องโดยมีความสูงหลายชั้นหรือสูงตลอดความสูงของอาคาร ดังที่แสดงในรูปที่ 4a ซึ่งเสา CFT แบบนี้จะรองรับแรงที่กระทำผ่านปลอกเหล็กและคอนกรีตร่วมกัน และมักถูกเรียกว่า “CFT column” และ 2.) ปลอกเหล็กทำหน้าที่หลักเป็นเหล็กเสริมในแนวขวาง (transverse reinforcement) โดยมีรายละเอียดของจุดเชื่อมต่อ การออกแบบ และการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 4b ซึ่งมักถูกเรียกว่า “Tubed column”



รูปที่ 4 เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต a.) CFT column และ b.) Tubed column

เสา CFT แบบแรกได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยจำนวนมากตั้งแต่ปี 1967 ทั้งในรูปการทดสอบและการทำ finite element analysis (Schneider, 1998) ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกเสนอโดย Schneider ในปี 1998 Sakino et. al. ในปี 2004 และ Xiao et. al. ในปี 2005 จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่า พฤติกรรมของเสา CFT ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลักได้แก่ อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนา (B/t) และอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้าง (L/B) รูปร่างหน้าตัดของปลอกเหล็ก และอัตราส่วนของกำลังของคอนกรีตต่อกำลังของเหล็ก โดยเสา CFT หน้าตัดสี่เหลี่ยมมีผลของการโอบรัดของปลอกเหล็กต่อแกนคอนกรีตต่ำกว่าเสา CFT หน้าตัดทรงกลม เนื่องจากผนังของปลอกเหล็กกลมจะต้านความดันจากการขยายตัวของคอนกรีต โดยอาศัยหน่วยแรงในแนวเส้นรอบวง (hoop stress) แต่ผนังของปลอกเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจะต้านความดันดังกล่าวโดยอาศัยความแข็งแกร่งต่อการดัด (flexural rigidity) ของผนังปลอกในรูปของ plate ซึ่งเมื่อผนังปลอกถูกกระทำโดยแรงกดอัดและแรงตามขวางพร้อมกันแล้ว ผนังปลอกจะเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ได้ง่าย ในปัจจุบัน การออกแบบเสา CFT ประเภณีนี้ทำได้ตามมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ปี 2538 Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design (LRFD) ของ AISC ปี 1994 และ Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures ของ Architectural Institute of Japan ปี 1997 เป็นต้น โดยรายละเอียดของข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตจะถูกกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อที่ 9.5

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดสูงสุด (ultimate load) และ nominal slenderness ratio ของเสา CFT column และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นเสาต้นหน้าตัดกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าภายใต้แรงกดอัดตรงศูนย์ในแนวแกน โดย ultimate load หรือ N ได้ถูก normalized โดยการหารด้วย nominal axial load capacity หรือ N_o ซึ่งเป็นผลรวมของกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตและเหล็ก โดยค่าต่ำสุดของ radius of gyration ที่ใช้ในการคำนวณ nominal slenderness ratio หรือ λ เท่ากับ 0.25 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสากลม หรือ 0.29 เท่าของความกว้างด้านนอกของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า จากรูป จะเห็นได้ว่า ultimate load ของเสาน้ำตัดกลมมีค่ามากกว่า nominal axial load capacity มาก เนื่องจากผลของ strain-hardening ของปลอกเหล็กและผลการโอบรัดของปลอกเหล็ก โดยจะมีค่าลดลงเมื่อ nominal slenderness ratio หรือความยาวของเสามีค่าเพิ่มขึ้น โดยการโอบรัดของปลอกเหล็กจะไม่เพิ่ม ultimate load ของเสาเมื่อ nominal slenderness ratio มีค่ามากกว่า 44.3

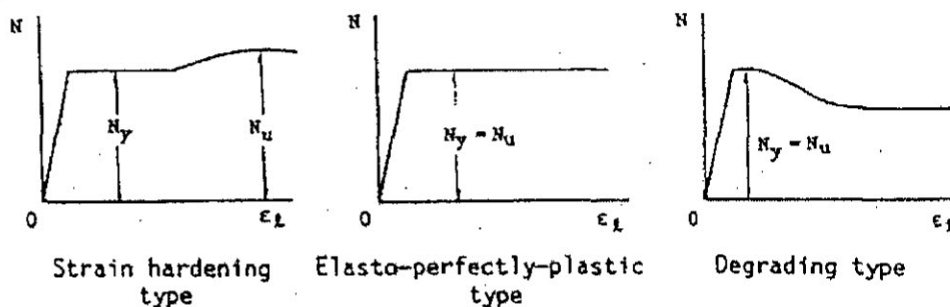


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ultimate load และ nominal slenderness ratio

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992)

การเพิ่มขึ้นของ ultimate load ของเสา CFT สัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น รูปร่างและขนาดของปลอกเหล็กและคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ในปี 1977 Tomii et.al. ได้ทำการทดสอบเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตสั้นภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนที่มี slenderness ratio น้อยกว่า 36 จำนวน 270 ตัวอย่าง โดยเสาที่ศึกษามีหน้าตัดกลม หน้าตัดแปดเหลี่ยม และหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยตัวอย่างทดสอบได้ถูก annealing เพื่อศึกษาถึงผลของ strain hardening ที่มีต่อ ultimate load ของเสา ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกนและความเครียด ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัด อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนา และกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีต โดยพฤติกรรมการรับกดอัดของเสาดังกล่าวถูกแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ 1. strain-hardening 2. elastic-perfectly plastic และ 3. degrading ดังที่แสดงในรูปที่ 6 โดยที่ความสัมพันธ์แบบ strain-hardening และแบบ elastic-perfectly plastic มักเกิดขึ้นในเสาที่มีหน้าตัดกลมและเสาหน้าตัดแปดเหลี่ยม และแบบ degrading มักเกิดขึ้นในเสาหน้าตัดกลมและเสาหน้าตัดแปดเหลี่ยมบางส่วน

แนวคิดของแรงคราก (yielding load) N_y ได้ถูกนำเสนอเป็นกำลังของเสา CFT แทน ultimate load ของเสา ซึ่งมีปัญหาขึ้นอยู่กับ slenderness ratio และความหนาของปลอกเหล็กอย่างมากและมักมีค่าที่ค่อนข้างกระจายตัวมาก เมื่อตัวแปรทั้งสองมีค่าเปลี่ยนแปลง จากการทดสอบพบว่า yielding load ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า slenderness ratio น้อยมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.25 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาหน้าตัดกลม และมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.15 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาหน้าตัดแปดเหลี่ยม และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 1.1 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยใช้ plastic theory Tomii et.al. ได้เสนอ semiempirical formula ในการคำนวณหา yielding load ของเสาดังกล่าว



รูปที่ 6 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกนและความเครียดของเสา

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992)

ในการนำมาใช้งานจริง ในประเทศญี่ปุ่น เสา CFT มักถูกใช้ในเฟรมรับ โมเมนต์ (moment frame) ซึ่งมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 700 mm โดยไม่ใช้ตัวถ่ายแรงเฉือน (shear connector) ภายในปลอกเหล็ก เพื่อทำการถ่ายเทแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็ก แต่ในสหรัฐอเมริกา เสาประเภทนี้มักถูกใช้ในเฟรมที่มีการค้ำยัน (braced frame) โดยมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1000 mm และคอนกรีตที่ใช้มักเป็นคอนกรีตกำลังสูงเพื่อให้เสามีความแข็งแรงสูงสุด และอาจจะมีการใช้ shear connector เพื่อถ่ายเทแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็กในบางกรณี ในประเทศไทย เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตได้ถูกนำมาใช้งานบางประเภท เช่น ใช้เป็นเสาเข็ม micropile เพื่อใช้ในการแก้ไขการทรุดตัวของอาคารในหลายพื้นที่ เช่น ในการซ่อมอาคารศูนย์เครื่องมือ F5 และอาคารหอพักพักนักศึกษา S7 และ S9 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นต้น โดยปลอกเหล็กที่ใช้ในงานลักษณะนี้จะเป็นปลอกเหล็กกลมกลวง

แนวคิดของเสา CFT แบบที่สองได้ถูกนำเสนอโดย Tomii et. al. ในปี 1985 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ปลอกเหล็กของเสา CFT รองรับแรงกระทำตามขวางและโมเมนต์เนื่องจากแผ่นดินไหว ซึ่งเสาประเภทนี้มักถูกเรียกว่า “Tubed column” โดยแรงกระทำจะกระทำผ่านแกนคอนกรีตเสริมเหล็กและปลอกเหล็กไม่ได้ถูกออกแบบให้รองรับหน่วยแรงในแนวแกนโดยตรง โดยการเว้นช่องว่างระหว่างปลอกเหล็กกับท้องคานหรือฐานรากที่ปลายทั้งสองของเสา ดังนั้น ภายใต้แรงกระทำ ปลอกเหล็กทำหน้าที่เป็นปลอก (jacket) ห่อหุ้มแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งช่วยเพิ่มกำลังรับหน่วยแรงในแนวแกนและความเหนียวของเสาให้สูงขึ้น นอกจากนั้นแล้ว แนวคิดนี้ยังได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังและซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยการเชื่อมปลอกเหล็ก (steel jacket) เพื่อรัดรอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและทำการอัดมอร์ต้า (mortar) เพื่อปิดช่องว่างระหว่างปลอกเหล็กและเสา ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกนำเสนอโดย Priestley et. al. ในปี 1994 อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การศึกษาเกี่ยวกับ Tubed column มีค่อนข้างน้อย และเป็นการศึกษาเสาหน้าตัดกลมและถูกกระทำโดยแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวเป็นหลัก นอกจากนั้นแล้ว จากการที่ Tubed column ถูกกระทำโดยแรงผ่านแกนคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้น Tubed column จึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของเสาที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมกำลังให้กับเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีอยู่แล้ว ซึ่งการเสริมกำลังจะทำได้โดยการห่อหุ้มเสาดังกล่าวด้วยปลอกเหล็ก โดยการรัดรอบระหว่างปลอกเหล็กและเสาจะทำให้เกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น การอัด grout ประเภท expansive เข้าไปในรอยเชื่อมต่อระหว่างปลอกเหล็กและเสา หรือการใช้สติกเกลียวในการรัดปลอกเหล็กให้เข้ากับเสาโดยตรง ดังนั้น ด้วยเหตุผลข้างต้น กอปรกับมาตรฐานการออกแบบของ ว.ศ.ท. 1008-38 และข้อกำหนดของ AISC LRFD 1994 มีความแตกต่างกันในการกำหนดความหนาต่ำสุดที่ต้องใช้ในเสา CFT และแนวคิดของสมการออกแบบ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาพฤติกรรมทางโครงสร้างของ Tubed column เพิ่มเติม เพื่อที่จะพัฒนา Tubed column ให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของการวิเคราะห์หาความสามารถในการเสริมกำลังของปลอกเหล็กใน Tubed column อันเนื่องมาจากการห่อหุ้มของปลอกเหล็กที่มีต่อเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

9.3 ผลการโอบรัดทางด้านข้างต่อพฤติกรรมของคอนกรีต

พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตถูกหาได้โดยการทดสอบแรงกดอัดตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ เช่น มาตรฐาน ASTM C39 เป็นต้น ซึ่งถูกแสดงในรูปของแผนภาพหน่วยแรงและความเครียด การทดสอบดังกล่าวเป็นการให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตอยู่ในสภาวะหน่วยแรงแบบแกนเดียว (uniaxial state of stress) อย่างไรก็ตาม ในสภาพการใช้งานจริง เช่นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาเชิงประกอบ เป็นต้น คอนกรีตมักถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนและโมเมนต์ดัด ทำให้เนื้อคอนกรีตที่อยู่ในบริเวณแกนของเสาถูกกระทำโดยหน่วยแรง ซึ่งอยู่ในสภาวะหน่วยแรงแบบหลายแกน (multiaxial state of stresses) โดยที่สภาวะหน่วยแรงแบบแกนเดียวตามลักษณะการทดสอบเป็นเพียงหนึ่งในสภาวะหน่วยแรงแบบหลายแกนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างเท่านั้น และเนื่องจากพฤติกรรมการรับแรงของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของหน่วยแรงทางด้านข้างที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ดังนั้น การรู้พฤติกรรมของคอนกรีตภายใต้การกระทำของหน่วยแรงประเภทต่างๆ จึงมีความสำคัญในการออกแบบของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

คอนกรีตเป็น frictional material ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลที่ไวต่อแรงกระทำทางด้านข้าง ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน คอนกรีตจะเกิดการขยายตัวออกทางด้านข้างเนื่องจาก Poisson's effect และถูกด้านทานหรือโอบรัดโดยวัสดุที่ห่อหุ้ม เช่น ปลอกเหล็กกลวงที่อยู่ภายนอกในกรณีของเสาเชิงประกอบ และเหล็กปลอกหรือ

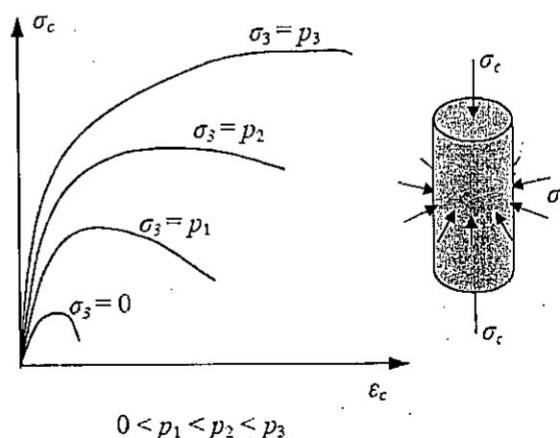
เหล็กเสริมทางขวางในกรณีของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น ซึ่งเป็นผลทำให้เกิด composite action ระหว่างปลอกเหล็กและคอนกรีตในรูปของการถ่ายแรงระหว่างปลอกเหล็กและคอนกรีตและ confining effect ขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้เสาในลักษณะดังกล่าวมีกำลังและความเหนียว (ductility) เพิ่มขึ้นจากเสาคอนกรีต

9.3.1 ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ

การศึกษาผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ (normal strength concrete) ได้ถูกศึกษาเป็นจำนวนมาก เช่น Richart et al. (1928) และ Mills และ Zimmerman (1970) เป็นต้น ในช่วงเริ่มต้น Richart et al. (1928) เป็นบุคคลแรกที่ได้ทดสอบให้เห็นผลของการโอบรัดคอนกรีตที่ทำให้คอนกรีตมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุด ความแกร่ง และความเครียดที่หน่วยแรงกดอัดสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และแรงกระทำทางด้านข้าง (lateral load) โดยให้แรงกระทำทางด้านข้างมีค่าที่เปลี่ยนแปลงได้โดยใช้ความดันของของเหลว หรือเรียกอีกชื่อว่า active confinement และในปีต่อมา Richart et al. ได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกที่ถูกโอบรัดด้วย continuous steel spiral ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน หรือเรียกอีกชื่อว่า passive confinement โดยพบว่าผลการทดสอบในกรณีของ active confinement มีลักษณะเช่นเดียวกับกรณี passive confinement ถ้าระยะห่างระหว่าง spiral มีค่าน้อยๆ และได้ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ความดันทางด้านข้างค่าต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 7 จากรูปจะเห็นได้ว่า ภายใต้หน่วยแรงโอบรัด (confining stress) ที่เพิ่มขึ้น คอนกรีตจะมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุดสูงขึ้น และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้มากขึ้นก่อนเกิดการวิบัติ นอกจากนี้การวิบัติจะเป็นการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไปมากขึ้น เนื่องจากคอนกรีตภายใต้หน่วยแรงโอบรัดมีความเหนียว (ductility) เพิ่มขึ้น โดยจากการทดสอบ Richart et al. ได้เสนอสมการทำนายกำลังด้านทานแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตเนื่องจากแรงกระทำทางด้านข้างในรูป

$$f'_{cc} = f'_{co} + k_1 f_1 \quad (5)$$

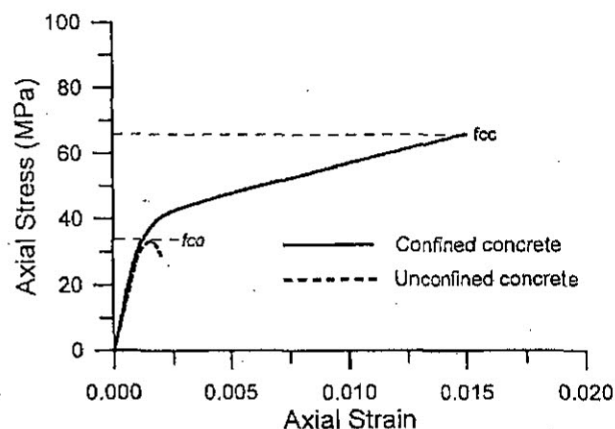
- เมื่อ f'_{cc} คือ กำลังด้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อมีแรงดันรอบข้าง
 f'_{co} คือ กำลังด้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อไม่มีแรงดันรอบข้าง
 f_1 คือ ความดันรัศรอบ (confining pressure)
 k_1 คือ confinement effectiveness coefficient มีค่าเท่ากับ 4.1



รูปที่ 7 ผลของหน่วยแรงโอบรัดต่อพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีต

(Johansson, 2000)

รูปที่ 8 เป็นกราฟตัวอย่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกปกติและคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกห่อหุ้มชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต จากรูป พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของแท่งคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนโดยที่ ในช่วงแรก กราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตทั้งสองกรณีมีลักษณะที่เหมือนกันจนถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุด f'_{co} เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีค่า Poisson's ratio ที่ต่ำ ทำให้การขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตมีค่าน้อยมาก เป็นผลทำให้ไม่มี composite action เกิดขึ้นระหว่างคอนกรีตและชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต และคอนกรีตจึงเป็นวัสดุหลักในการรับแรงกดอัด ในช่วงที่สอง หลังจากคอนกรีตถึงกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดแล้ว คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวอย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้ความเครียดในคอนกรีตเพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็วมากกว่าหน่วยแรง ดังนั้น slope ของกราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกห่อหุ้มจึงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง กราฟความสัมพันธ์จะเป็นเส้นตรงอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากการแตกร้าวอย่างต่อเนื่องทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวทางด้านข้างเพิ่มขึ้นจนทำให้เกิด composite action ระหว่างคอนกรีตและชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต และถ้าชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีตมีกำลังและความแข็งแรงเพียงพอแล้ว คอนกรีตจะถูกกระทำโดยความดันรัศรอบ (confining pressure) ซึ่งทำให้คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มชั้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต มีพฤติกรรมเหมือนวัสดุเหนียว (ductile material) จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ



รูปที่ 8 กราฟตัวอย่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกห่อหุ้มและไม่ถูกห่อหุ้ม (Lin และ Chen, 2001)

9.3.2 ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังสูง

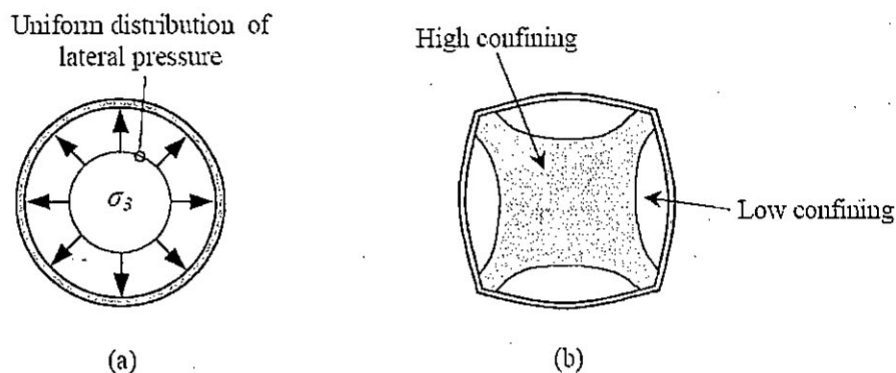
สำหรับคอนกรีตกำลังสูง (high-strength concrete) Attard *et al.* ในปี 1996 ได้ทำการศึกษาโดยการทดสอบแท่งคอนกรีตประเภทดังกกล่าวภายใต้หน่วยแรงโอบรัดซึ่งมีค่าไม่มากนัก และ Ansari และ Li ในปี 1998 ได้ทำการทดสอบแท่งคอนกรีตประเภทดังกกล่าวภายใต้หน่วยแรงโอบรัดที่มีค่าสูงถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้ศึกษา จากผลการศึกษาทั้ง 2 กรณีพบว่า ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังสูงมีค่าน้อยกว่าที่เกิดขึ้นในคอนกรีตกำลังปกติ ซึ่งจากศึกษาพบว่า สำหรับคอนกรีตกำลังสูงและคอนกรีตมวลเบา ค่า k_1 ในสมการที่ 2.4 ควรมีค่าลดลงจาก 4.1 เหลือ 2.0 โดยคอนกรีตกำลังสูงจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับค่าของแรงโอบรัดที่กระทำต่อคอนกรีต

9.4 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก

สภาวะหน่วยแรงในสามแกน (triaxial stresses) ในคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยหลายท่าน เช่น Gardner และ Jacobson ในปี 1967, Tomii *et al.* ในปี 1977, Orito *et al.* ในปี 1987

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992) และ Schneider ในปี 1998 จากการศึกษาพบว่า คอนกรีตที่ถูกโอบรัดแบบ passive confinement โดยปลอกเหล็กจะมีพฤติกรรมแตกต่างจากคอนกรีตที่ถูกโอบรัดแบบ active confinement โดยขึ้นอยู่กับขนาดของการเปลี่ยนรูปร่างตามขวางของแกนคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของปลอกเหล็ก อย่างไรก็ตาม ผลของการโอบรัดต่อคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นแบบ passive confinement หรือแบบ active confinement จะมีลักษณะที่เหมือนกันตามที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 9.3.1

คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กกลวงที่มีขนาดสั้นถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะมีกำลังที่จุดวิกฤตสูงกว่าผลรวมของกำลังของปลอกเหล็กรวมกับกำลังของคอนกรีต จากการศึกษาของ Schneider พบว่า ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลม (circular steel jacket) มีความสามารถในการโอบรัดต่อคอนกรีตมากกว่าปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular steel jacket) เนื่องจากปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลมทำให้เกิด effective hoop tension ที่ทำให้เกิดหน่วยแรงรัศรอบที่สม่ำเสมอ ดังที่แสดงในรูปที่ 9(a) มากกว่าหน่วยแรงรัศรอบของปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านของหน้าตัดที่เรียบ ซึ่งมีความแรงต่อการดัดที่ไม่เพียงพอในการต้านทานต่อแรงดันเนื่องจากการขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตที่กระทำดังฉากกับด้านของหน้าตัดดังกล่าว ดังนั้น การโอบรัดโดยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นเฉพาะกับคอนกรีตด้านในของแกนเสา และที่มุมของหน้าตัดเสา ดังที่แสดงโดยพื้นที่ระบายสีทึบของรูปที่ 9(b) โดยความดันโอบรัดที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดคอนกรีต



รูปที่ 9 การกระจายของหน่วยแรงโอบรัด (a) ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลม
(b) ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม (Johansson, 2000)

9.4.1 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กหน้าตัดกลม

ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ความดันโอบรัด (confining pressure, f_1) หรือหน่วยแรงโอบรัดในเสาคอนกรีตหน้าตัดทรงกลมมีค่าคงที่รอบเส้นรอบวงของหน้าตัด เมื่อปลอกเหล็ก (steel jacket) ถึงจุดคราก (yielding) ความดันโอบรัดดังกล่าวจะมีค่าสูงสุด โดยหาได้จาก

$$f_1 = \frac{2\sigma_j t}{D} = \frac{2E_s \varepsilon_j t}{D} \quad (6)$$

- เมื่อ σ_j คือ หน่วยแรงทางขวาง (hoop stress) ของปลอกเหล็ก
 E_s คือ modulus of elasticity ของปลอกเหล็ก
 ε_j คือ ความเครียดทางขวาง (hoop strain) ของปลอกเหล็ก
 t คือ ความหนาของปลอกเหล็ก

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของแกนคอนกรีตหน้าตัดทรงกลมที่ถูกโอบรัด

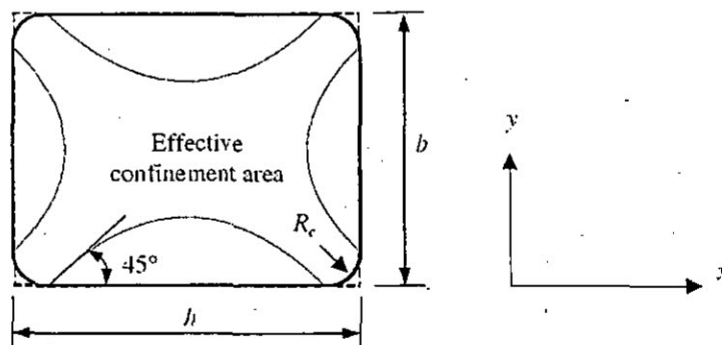
ระดับของการโอบรัดที่ได้จากบล็อกเหล็กถูกแสดงอยู่ในรูปของอัตราส่วนการโอบรัด (confinement ratio, CR) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความดันโอบรัดสูงสุด (f_1) และกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ไม่ถูกโอบรัด (compressive strength of unconfined concrete, f'_{co}) หรือ

$$CR = \frac{f_1}{f'_{co}} \quad (7)$$

จากการศึกษาพบว่า เมื่อความหนาของบล็อกเหล็กมีค่ามากกว่าค่าๆ หนึ่ง ซึ่งทำให้กำลังรับแรงกดอัดและความเครียดในแนวแกนของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยบล็อกเหล็กมีค่าสูงสุดที่จุดเดียวกัน ซึ่งทำให้ผลของการโอบรัดมีค่าสูงสุดแล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยบล็อกเหล็กจะเป็นแบบ bilinear ดังที่แสดงในรูปที่ 8 อย่างไรก็ตาม ถ้าความหนาของบล็อกเหล็กมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าวแล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยบล็อกเหล็กจะเป็นแบบกราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตปกติ ซึ่งกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดจะถึงก่อนการคราก (yielding) ของบล็อกเหล็ก ซึ่งทำให้ผลของการโอบรัดมีค่าไม่สูงสุด โดยที่ขนาดหน้าตัดของบล็อกเหล็กที่ทำให้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นแบบ bilinear นั้น จะเป็นขนาดที่ทำให้ค่า confinement ratio, (f_1 / f'_{co}) มีค่ามากกว่า 0.07 (Lam and Teng, 2003)

9.4.2 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยบล็อกเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยม

รูปที่ 10 แสดงพื้นที่ของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยบล็อกเหล็กของเสาคอนกรีตหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมที่มีหน้าตัดกว้าง b และลึก h ซึ่งมุมของบล็อกเหล็กดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะมุม โดยมิตี R_c เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการโอบรัดที่เกิดขึ้นในแกนคอนกรีต จากการศึกษาของ Park และ Paulay ในปี 1975, Mander et al. ในปี 1988, Cusson และ Paultre ในปี 1995 (Lam และ Teng, 2003) พบว่า แกนคอนกรีตจะถูกโอบรัดโดยบล็อกเหล็กภายนอกโดยการเกิด arching action ในบล็อกเหล็กซึ่งพื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล (effective confinement area) ของคอนกรีตดังกล่าวจะอยู่ภายในกรอบพาราโบลา 4 ด้านที่ตัดกับขอบของหน้าตัดเสาที่มุมประมาณ 45° และเนื่องจากการโอบรัดที่เกิดขึ้นมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดของแกนคอนกรีต ดังนั้น ที่ความเครียดในแนวแกนค่าหนึ่งที่เกิดขึ้นบนเสาดังกล่าว หน่วยแรงที่ถูกรองรับโดยคอนกรีตจะมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัด ซึ่งทำให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดเสาถูกประมาณให้อยู่ในรูปของหน่วยแรงในแนวแกนเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงกระทำหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของเสา



รูปที่ 10 คอนกรีตที่ถูกโอบรัดในเสาหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม (Lam และ Teng, 2003)

9.4.3 แบบจำลองของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยบล็อกหน้าตัดสี่เหลี่ยม

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดในเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งทำให้ได้แบบจำลองของกำลังรับแรงกดอัดและความเครียดสูงสุดในแนวแกนต่างๆจากการ ทบทวนงานที่เกี่ยวข้องพบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแบบจำลองของกำลังรับแรงกดอัดของ คอนกรีตที่สำคัญ 4 แบบจำลอง โดย Restrepo และ De Vito ในปี 1996, Mirmiran et al. ในปี 1998, ACI Committee 440 ในปี 2002 และ Campione และ Miraglia ในปี 2003 (Lam และ Teng, 2003) ในที่นี้ขอกล่าวถึง เฉพาะแบบจำลองของ ACI Committee 440 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าเป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจาก องค์กรที่มีชื่อเสียงทางด้านคอนกรีตมากที่สุดแห่งหนึ่งและได้มีการนำไปใช้งานแล้วอย่างกว้างขวาง

สำหรับเสาคอนกรีตเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม ACI Committee 440 ได้เสนอให้ทำการเปลี่ยนหน้าตัดเสาคอนกรีต เสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมให้เป็นหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลกัน โดยใช้อัตราส่วนรูปร่าง (shape factor, k_s) สำหรับการ พิจารณาผลของการโอบรัดที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม ซึ่ง shape factor ได้ถูกนิยามให้เป็น อัตราส่วนของพื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล (effective confinement area) ต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต โดยสมมติให้พื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล เป็นพื้นที่ของคอนกรีตที่อยู่ภายในกรอบพาราโบลา 4 ด้านที่ตัดกับ ขอบของหน้าตัดเสาคอนกรีตมุม 45° ดังที่แสดงในรูปที่ 10 โดยที่สมการของ shape factor (k_s) จะเขียนได้ในรูป

$$k_s = \frac{A_e}{A_c} = \frac{1 - ((b - 2R_c)^2 + (h - 2R_c)^2) / 3A_g - \rho_{sc}}{1 - \rho_{sc}} \quad (8)$$

เมื่อ A_e คือ พื้นที่การโอบรัดประสิทธิผลของคอนกรีตเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

A_g คือ พื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีต มีค่าเท่ากับ $bh - (4 - \pi)R_c^2$

ρ_{sc} คือ ปริมาณเหล็กเสริม (cross-sectional area ratio) ของเหล็กเสริมในแนวแกน

ในสมการที่ 8 ปริมาณเหล็กเสริมของเหล็กเสริมในแนวแกน (ρ_{sc}) ของเสาที่อยู่นอกพื้นที่รับความดัน โอบรัดจะถูกหักลบออกจากพื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีตเป็นสองเท่า

ในแบบจำลองนี้ เสาน้ำตัดทรงกลมที่สมมูลจะถูกนิยามเป็นเสาที่มีอัตราปริมาตร (volumetric ratio) ของเหล็กที่เท่ากับเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมเดิม ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาน้ำตัดทรงกลมที่สมมูลหาได้จาก สมการ

$$D = \frac{2bh}{b + h} \quad (9)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาน้ำตัดทรงกลม

b คือ ความกว้างของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม

h คือ ความลึกของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม

จากสมการที่ 9 ค่าความดันโอบรัดของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมจะถูกหาโดยการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ของเสาน้ำตัดทรงกลมที่สมมูลลงในสมการที่ 6 นอกจากนี้ Mirmiran et al. (1998), ACI Committee 440 (2002), และ Campione และ Miraglia (2003) ได้เสนอให้ปรับแก้ค่าความดันโอบรัดของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมอีก ครั้ง โดยใช้ค่า shape factor (k_s) เพื่อปรับความดันโอบรัดของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเรียกความดันโอบรัดที่ผ่านการปรับแก้ว่า ความดันโอบรัดประสิทธิผล (effective confining pressure) ของ เสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$f'_1 = k_s f_1 \quad (10)$$

เมื่อ f'_1 คือ ความดันโอบรัดประสิทธิผลของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม

k_s คือ อัตราส่วนรูปร่าง (shape factor) จากสมการที่ 8

f_1 คือ ความดันโอบรัด จากสมการที่ 6

แบบจำลองของ ACI Committee 440 มีพื้นฐานมาจากแบบจำลองที่ถูกเสนอโดย Mander et al. (1988) ซึ่งเป็นบุคคลแรกที่ได้พัฒนาวิธี unified stress-strain approach สำหรับทำนายกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็ก โดยสมการดังกล่าวสามารถใช้ได้ทั้งคอนกรีตที่มีหน้าตัดทรงกลมและคอนกรีตที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางที่สุดแบบจำลองหนึ่ง โดย Mander ได้แนะนำสมการดังกล่าวอยู่ในรูปสมการแบบไร้เชิงเส้นตรง (nonlinear) โดยเขียนได้ในรูป

$$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f'_1}{f'_{co}}} - 2 \frac{f'_1}{f'_{co}} - 1.254 \quad (11)$$

เมื่อ f'_{cc} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อมีแรงดันด้านข้าง

f'_{co} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อไม่มีแรงดันด้านข้าง

นอกจากนั้นแล้ว ACI Committee 440 ยังได้แนะนำให้สมการที่ใช้ในการทำนายค่าสูงสุดของความเครียดในแนวแกนสูงสุดของคอนกรีตเนื่องจากการโอบรัด ε_{cu} อยู่ในรูป

$$\varepsilon_{cu} = \frac{1.71(5f'_{cc} - 4f'_{co})}{E_c} \quad (12)$$

เมื่อ E_c คือ modulus of elasticity ของคอนกรีตที่ไม่ถูกโอบรัด

9.5 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับ Tubed concrete column และ Tubed RC column

Tubed concrete column และ Tubed RC column เป็นเสาเชิงประกอบ (composite column) ที่อยู่ในรูปแบบเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) ในการออกแบบเสาดังกล่าวมีมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องที่ใช้สำหรับประเทศไทยโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (ว.ส.ท.) คือ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38) ซึ่งได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 4314 องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงกดอัด โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังนี้

(ก) องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงกดอัดให้รวมถึงองค์อาคารเสริมเหล็กตามยาวด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ปลอกกลมหรือท่อเหลี่ยม ซึ่งอาจมีเหล็กเส้นตามยาวหรือไม่ก็ได้

(ข) กำลังขององค์อาคารเชิงประกอบให้คำนวณหาโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป

(ค) กำลังในการรับแรงตามแนวแกนใดๆ ที่กำหนดให้รับโดยคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องถ่ายผ่านเข้าไปในคอนกรีตโดยองค์อาคารหรือเป็นหูช้างในลักษณะแบกทานโดยตรงลงบนคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบนั้น

(ง) กำลังรับแรงตามแนวแกนทั้งหมดที่ไม่ได้กำหนดให้รับโดยคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องถ่ายผ่านโดยตรงด้วยจุดต่อไปยังเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม

(ฉ) เหล็กโครงสร้างหุ้มแกนคอนกรีต

1. ความหนาของเหล็กซึ่งหุ้มแกนคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องไม่น้อยกว่า

$$B \sqrt{\frac{f_y}{3E_s}} \quad \text{สำหรับแต่ละด้านซึ่งความกว้างเท่ากับ } B \quad (13)$$

$$\text{หรือ } \frac{B}{t} \leq \sqrt{\frac{3E_s}{f_y}}$$

และต้องไม่น้อยกว่า

$$D \sqrt{\frac{f_y}{8E_s}} \quad \text{สำหรับหน้าตัดกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ } D \quad (14)$$

$$\text{หรือ } \frac{D}{t} \leq \sqrt{\frac{8E_s}{f_y}}$$

เมื่อ E_s คือค่า modulus of elasticity ของเหล็กและ f_y คือ yielding stress ของเหล็ก

2. เหล็กเส้นตามยาวที่อยู่ภายในแกนคอนกรีตที่ถูกหุ้มอาจนำมาพิจารณาในการคำนวณหาค่าเนื้อที่ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (A_t) ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยมในหน้าตัดเชิงประกอบและโมเมนต์อินเนอร์เซียของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม รอบแกนศูนย์กลางของหน้าตัดองค์อาคารเชิงประกอบ (I_t)

10. เอกสารอ้างอิง (reference) ของโครงการวิจัย

- ACI Committee 318 (2005). Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary. Farmington Hills: ACI Committee 318R-05.
- ACI Committee 440 Report (2002). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI Committee 440, Technical Committee Document 440.2R-02.
- American Institute of Steel Construction (1994). Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design (LRFD). 2nd Ed., Chicago.
- Architectural Institute of Japan (1997). Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures, AIJ. Tokyo, Japan.
- Ansari, F., and Li, Q. (1998). High Strength Concrete Subjected to Triaxial Compression. ACI Materials Journal. 95(6): 747-755.
- ASTM A276-03 (2003). Standard Specifications for Stainless Steel Bars and Shapes. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM A370-03 (2003). Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C39-96 (1996). Standard Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C192-98 (1994). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

- ASTM C469-94 (1994). Standard Test Methods for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM E8-98 (1998). Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Attard, M.M. and Setung, S. (1996). Stress-Strain Relationship of Confined and Unconfined Concrete. *ACI Materials Journal*. Title no.93-M49: 432-442.
- Huang, C.S., Yeh, Y.K., Liu, G.Y., Hu, H.T., Tsai, K.C., Weng, Y.T., Wang, S.H. and Wu, M.H. (2002). Axial load Behavior of Stiffened Concrete Filled Steel Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 128(9): 1222-1230.
- Johansson, M. (2000). Structural Behavior of Circular Steel-Concrete Composite Columns, [Licentiate Thesis]. Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden.
- Johansson, M. and Gylltoft, K. (2001). Structural Behavior of Slender Circular Steel-Concrete Composite Columns under Various Means of Load Application. *Steel and Composite Structures*. 1(4):393-410.
- Lam, L. and Teng, J.G. (2003). Design-oriented Stress-Strain Model for FRP-confined Concrete in Rectangular Columns. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 22(13):1149-1186.
- Lin, H.J. and Chen, C.T. (2001). Strength of Concrete Cylinder Confined by Composite Materials. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 20(18): 1577-1600.
- MacGregor, J.G. (1992). Reinforced Concrete Mechanics and Design. Second edition. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 114(8):1804-1826.
- Mills, L.L. and Zimmerman, R.M. (1970). Compressive Strength of Plain Concrete under Multiaxial Loading Conditions, *Journal of American Concrete Institute*. 67: 802-807.
- Priestley, M.J.N., Seible, F., Xiao, Y. and Verma, R. (1994b). Steel Jacket Retrofitting of RC Bridge Columns for Enhanced Shear Strength: Test Result and Comparison with Theory. *ACI Structural Journal, ACI*. 91(5): 537-551.
- Richard, F.E., Brandtzaeg, A., and Brown, R.L. (1928). A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses. University of Illinois Engineering Experimental Station Bulletin 185.
- Sakino, K., Nakahara, H., Morino, S. and Nishiyama, I. (2004). Behavior of Centrally Loaded Concrete-Filled Steel-Tube Short Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 130(2): 1125-1138.
- Schneider, S.P. (1998). Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 124(10): 1125-1138.
- Tomii, M., Sakino, K., Watanabe, K. and Xiao, Y. (1985). Lateral Load Capacity of Reinforced Concrete Short Columns Confined by Steel Tube. Proceeding of International Speciality Conference on Concrete Filled Steel Tubular Structures. Harbin, China, 19-26.

Thumrongvut, J. and Seangathit, S., "Experimental Investigation on Concrete Columns Confined with Steel Jackets Subjected to Concentric Axial Compression," The 6th National Symposium on Graduate Research, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok, October 13-14, 2006, paper no. J1_J0028. (in CD-Rom format)

Xiao, Y., He, W. and Choi, K. (2005). Confined Concrete Filled Tubular Columns. Journal of Structural Engineering, ASCE. 131(3): 488-497.

จักขดา ชำรงวุฒิและสิทธิชัย แสงอาทิตย์, "ผลของการโอบรัดของปลอกเหล็กและปลอก stainless steel ต่อพฤติกรรมเสาคอนกรีต," การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2, สมาคมคอนกรีตไทย, อุตรธานี, 25-27 ตุลาคม 2549. paper no. STR-002. (in CD-Rom format)

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2538). มาตรฐานการสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008.38. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2544). ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์และจักขดา ชำรงวุฒิ "พฤติกรรมทางโครงสร้างของ tubed column หน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า," การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, พิษณุโลก, 2-4 พฤษภาคม 2550. paper no. STR-018. (in CD-Rom format)

ศรัณย์ กำจัดโรค และสิทธิชัย แสงอาทิตย์, "เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อซีเมนต์ใยหินภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน," การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมสำหรับการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 23-24 มกราคม 2547. (ในรูปแบบ CD-Rom)

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่น่าผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดคำชี้แจงเพิ่มเติม)

การวิจัยนี้เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่คอนกรีต โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนกำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัด โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

โดยหน่วยงานหรือผู้ที่ให้นำผลงานการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่

- 1 ประชาชนทั่วไปที่ต้องการเสริมกำลัง/ซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
- 2 เอกชนที่ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง/ซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

3 หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบด้านงานก่อสร้าง/ซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง การเคหะแห่งชาติ เทศบาลและ อบต. ต่างๆ เป็นต้น

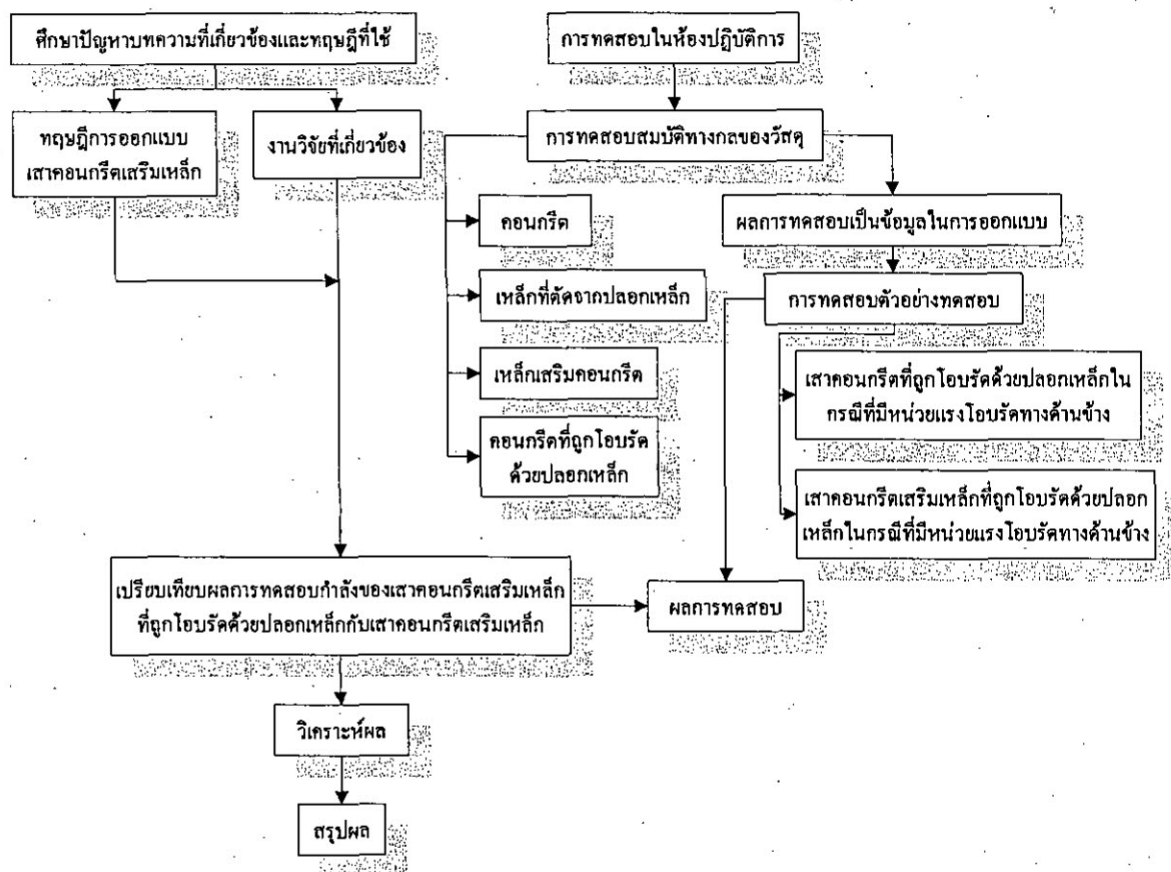
12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

- ทำการเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารหรือการประชุมวิชาการในประเทศหรือต่างประเทศอย่างน้อย 2 บทความ
- อาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงมาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ในส่วนที่เกี่ยวข้อง

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

13.1 วิธีดำเนินการวิจัย

รูปที่ 11 แสดงกรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 11 กรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย

13.1.1 การค้นคว้า ศึกษา และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ทำการทบทวนรายงาน บทความ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตที่ถูกโอบรัดทางด้านข้าง เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังด้วยปลอกเหล็ก เพื่อให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมรับแรงและการวิบัติของคอนกรีตและเสาดังกล่าว และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

13.1.2 การจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

13.1.2.1 ทำการจัดเตรียมและจัดเก็บวัสดุ เช่น เหล็กเส้น, ปูนซีเมนต์, aggregate, vibrator, สารผสมเพิ่ม, strain gage, และจูดรองรับตัวอย่างทดสอบ เป็นต้น ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ห้องปฏิบัติการทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อรอการใช้งานและการทดสอบต่อไป

13.1.2.2 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่น universal testing machine, loading frame, hydraulic ram, hydraulic pump, pressure gauge, strain gage indicator, LVDT, และ dial gauge เป็นต้น ว่ามีจำนวนครบตามที่ต้องการและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

13.1.3 ขั้นตอนในห้องปฏิบัติการ

13.1.3.1 การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุ ในการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของเสาที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 13.1 ในเบื้องต้นนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุประกอบด้วย

1. การทดสอบแรงกดอัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 และ C469 โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 2 รูปแบบของหน้าตัด [หน้าตัดทรงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า] x 3 กำลังคอนกรีต x 3 ตัวอย่าง/ชุด = 18 ตัวอย่างทดสอบ

2. การทดสอบแรงดึงของเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็กตามมาตรฐาน ASTM E8 โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 3 ค่าความหนาของปลอกเหล็ก x 3 ตัวอย่าง/ชุด = 9 ตัวอย่างทดสอบ

3. การทดสอบแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้เสริมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน ASTM E8 โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 2 ขนาดของเหล็กเส้น x 3 ตัวอย่าง/ชุด = 6 ตัวอย่างทดสอบ

4. การทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กแบบปกติแบบที่มี pre-confinement เพื่อศึกษาผลของการรัดรอบของปลอกเหล็กทั้งแบบหน้าตัดทรงกลมและแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ 2 รูปแบบของหน้าตัด [หน้าตัดทรงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า] x 3 ค่าความหนาของปลอกเหล็ก x 3 กำลังคอนกรีต x 3 ค่าหน่วยแรงโอบรัด [(1 reference/no confinement + 2 pre-confinement) x 3 ตัวอย่าง/ชุด] = 162 ตัวอย่างทดสอบ

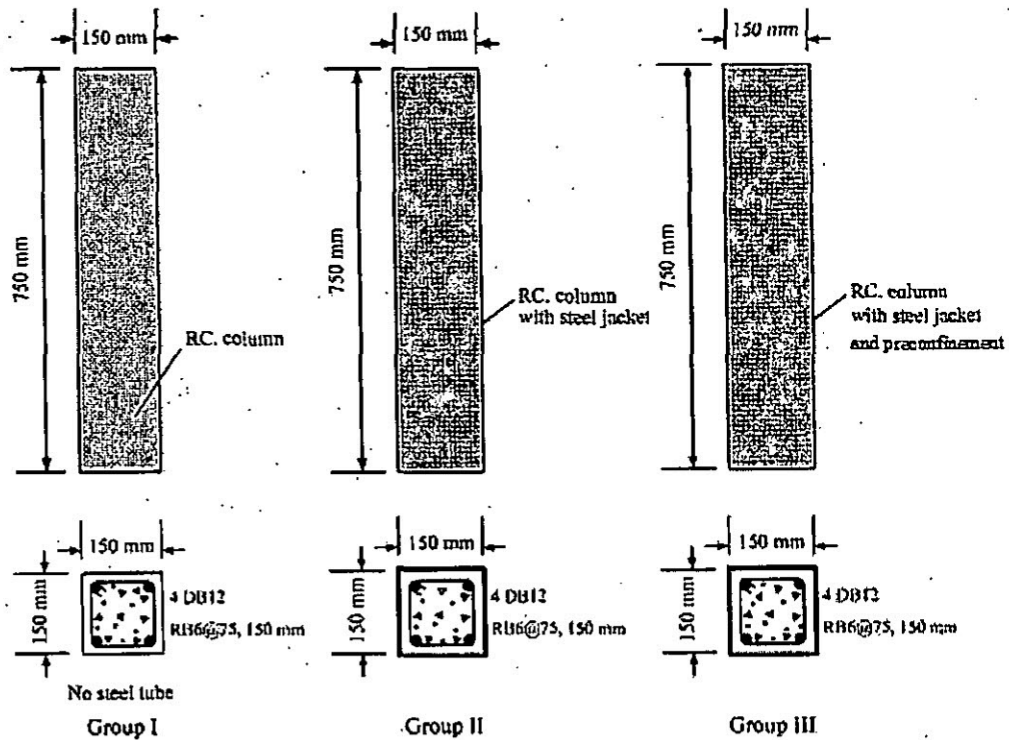
13.1.3.2 การทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก

ตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนที่ใช้ในการศึกษานี้จะเป็นตัวอย่างเสาที่ถูกออกแบบการทดลองโดยอาศัยข้อมูลของความหนาของปลอกเหล็กและหน่วยแรงโอบรัดก่อนที่เหมาะสมที่ได้จากวัสดุประสงค์ข้อที่ 2 โดยการทดสอบเสาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

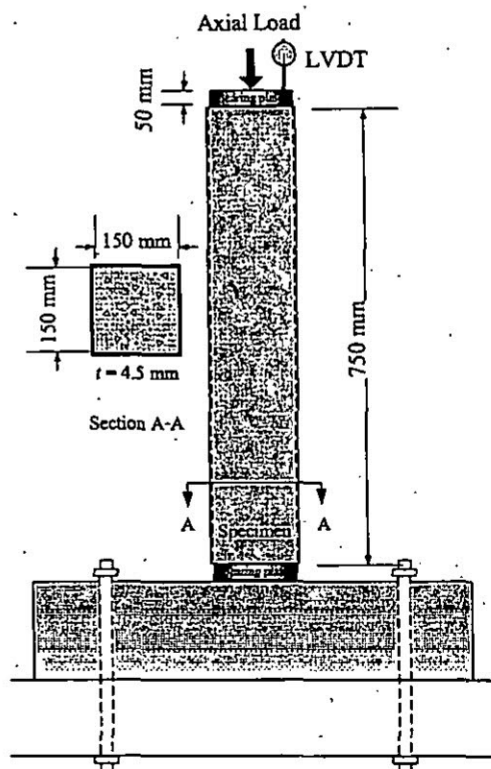
1. เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า

จุดประสงค์หลักของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน รูปที่ 12 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้นของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและรูปที่ 13 แสดงการติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ (1 ขนาดหน้าตัด) x (มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมคอนกรีต

1 ค่า) x (มีความสูง 1 ค่า) x (3 กำลังคอนกรีต) (เสามี pre-confinement 1 ค่าบวกเสายั้งอิง 1 (ไม่มี pre-confinement) บวกเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ 1) x (ความหนาของปลอกเหล็ก 1 ค่า) x (2 เสาคือหนึ่งรูปแบบ) = 18 ตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 12 ตัวอย่างของรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

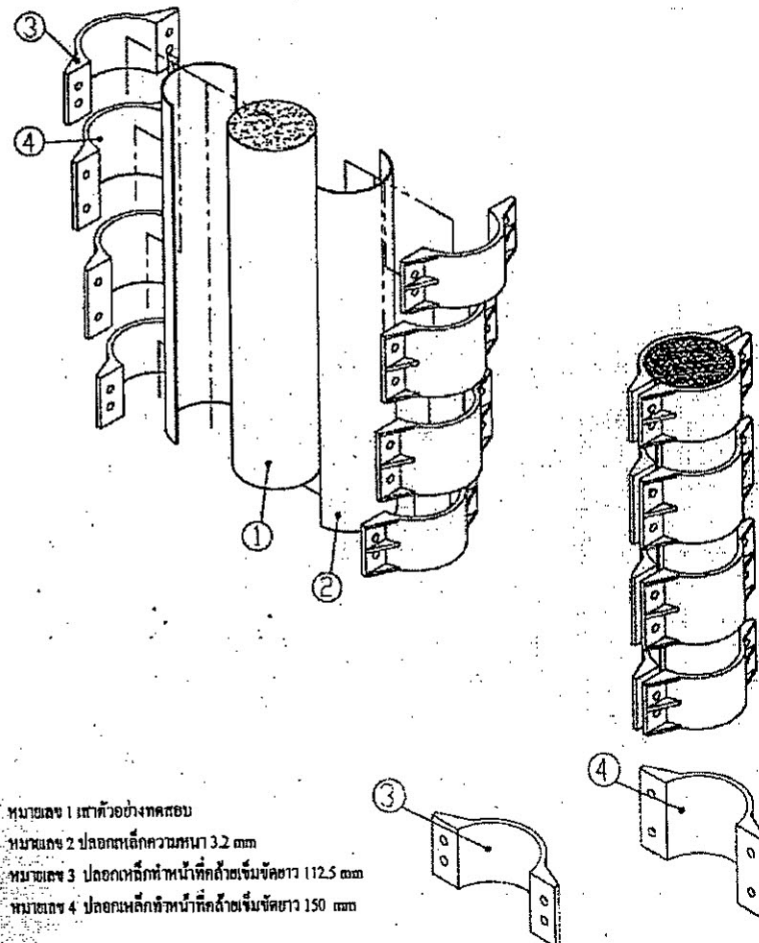


รูปที่ 13 แผนภาพการติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

2. เสาหน้าตัดทรงกลม

จุดประสงค์หลักของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นเท่ากับ (1 ขนาดหน้าตัด) x (มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมคอนกรีต 1 ค่า) x (มีความสูง 1 ค่า) x (3 กำลังคอนกรีต) (เสามี pre-confinement 1 ค่าบวกเสาอ้างอิง 1 (ไม่มี pre-confinement) บวกเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ 1) x (ความหนาของปลอกเหล็ก 1 ค่า) x (2 เสาต่อหนึ่งรูปแบบ) = 18 ตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภาพของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น เพื่อก่อให้เกิด pre-confinement กระทำต่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กกลม โดยที่แกนเสาคอนกรีต (หมายเลข 1) และปลอกเหล็ก (หมายเลข 2) ถูก pre-confinement โดยแบบปลอกเหล็ก (หมายเลข 3 และ 4) ที่ทำหน้าที่คล้ายเข็มขัดรัด (โดยแรง pre-confinement เกิดขึ้นจากการขันนอตยึดแบบปลอกเหล็กให้มีความตึงตามที่ได้ออกแบบไว้) แล้วปลอกเหล็กจะถูกเชื่อมให้ติดกันด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้าตามแนวแกนของปลอกเหล็ก จากนั้นเมื่อคลายนอต และนำแบบปลอกเหล็กออกแล้ว การยึดของรอยเชื่อมและความแกร่งของปลอกเหล็กจะก่อให้เกิดหน่วยแรงโอบรัดต่อแกนคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยในเบื้องต้น ค่าแรงโอบรัดดังกล่าวคาดว่าจะคำนวณได้จากสมการที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 9.4



รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภาพของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

13.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการบัณฑิตศึกษาด้านวิศวกรรมโยธาและห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

14. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนโดยละเอียด)

ใช้ระยะเวลา 2 ปี (ตุลาคม 2551-กันยายน 2553) โดยมีแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยดังที่แสดง โดยโปรดดูรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยประกอบ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น					←→			
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม					←→			
3.2 หน้าตัดกลม					←→			
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					
5. การสรุปผลและการเขียน รายงาน			◊		◊	◊	◊	◊

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะที่ต้องการเพิ่มเติม

1. อุปกรณ์รองรับเสาในการทดสอบแบบต่างๆ ซึ่งต้องออกแบบเฉพาะเพื่อการทดสอบในการศึกษานี้

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ(เฉพาะปีที่เสนอขอ) แยกตามหมวดเงินประเภทต่าง

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือน ละ 6,000 บาท	144,000
2. ค่าตอบแทน ค่าใช้สอย และค่าวัสดุ	
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน เช่น ผู้ช่วยวิจัย ป.ตรี ช่างเชื่อมไฟฟ้า และกรรมกร	20,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าคอนกรีตสำเร็จรูป ค่าขนย้ายวัสดุ ค่าทำแบบแปลน และค่าทำจตุรรองรับ เป็นต้น	20,000
2.3 ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	20,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	2,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	2,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	12,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น เหล็กเส้น นอตยึด ปะแฉวดแรงบิด และ ปลอกเหล็ก เป็นต้น	20,000
2.9 ค่าวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น strain gages และวัสดุที่เกี่ยวข้อง	10,000
รวมงบประมาณทั้งสิ้น	255,000

ตรวจเรียบร้อยแล้ว

16.2 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

290,000 บาท

ก.ม.ด.
12 ส.ค. 255317. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ (โปรดดูคำชี้แจงเพิ่มเติม)

17.1 ผลสำเร็จระดับ P คือ ได้ทราบพฤติกรรมทางกลและลักษณะการวิบัติของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและมีแรง pre-confinement ค่าต่างๆ ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการทดลองขั้นต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อทำการเผยแพร่ข้อมูลที่ได้แก่วิศวกรและนักวิชาการ/วิชาชีพเพื่อให้ตระหนักถึงข้อดีต่างๆ ของการ pre-confinement คอนกรีต

17.2 ผลสำเร็จระดับ I คือ ได้ทราบพฤติกรรมทางกลและลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและหน้าตัดทรงกลม ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นว่า ภายใต้รูปแบบของการเสริมกำลังโดยการห่อหุ้มเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยปลอกเหล็กโดยมี pre-confinement ตามที่ศึกษานี้จะทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังและความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในการเสริมกำลังและซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อทำการเผยแพร่ข้อมูลที่ได้แก่วิศวกรและนักวิชาการ/วิชาชีพเพื่อให้ตระหนักถึงข้อดีต่างๆ ของการ pre-confinement เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและหน้าตัดทรงกลม และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

17.3 ผลสำเร็จระดับ G คือ จากข้อมูลที่ได้ในผลสำเร็จระดับ P และระดับ I จะนำไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบของ วสท. ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำเสนอเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาพัฒนามาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องต่อไป

18. สำหรับโครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณที่ผ่านมา
ข้าพเจ้า รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ขอรับรองว่า โครงการวิจัยนี้ได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณ 2552

ลงชื่อ

(รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

18.2 โปรดระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอขอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่นหรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)

ไม่มี

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ค)

ไม่มีเพราะเพิ่งได้รับจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณ 2552 อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ผ่านมาได้ดำเนินการจัดทำทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปแล้วบางส่วน

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

ไม่มี

(ลายเซ็น)

(รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

(ลายเซ็น)

(รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าสาขาวิชา

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

(ลายเซ็น)

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร
หัวหน้าสาขามวลสารศาสตร์
หัวหน้าศูนย์วิจัย

วันที่ 10 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2552

ส่วน ก : ประวัติคณะผู้วิจัย (ต้องระบุประวัติคณะผู้วิจัย / ที่ปรึกษาโครงการฯ ครบทุกคน)

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายสิทธิชัย แสงอาทิตย์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sittichai Seangatith
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน (กรณีเป็นชาวต่างชาติโปรดระบุเลขที่ passport)
3-7699-00019-50-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - 3.1 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 - 3.2 รักษาการแทนหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 - 3.3 รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224326
Email: sitichai@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จาก University of Texas at Arlington, Texas, USA
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
วิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมโครงสร้าง
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น
 - 7.1 การบริหารงานวิจัย
 1. หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ก.ย.
2544-ปัจจุบัน
 2. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2546-ก.ย.
2547
 3. รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ค.ศ.
2547-2548
 - 7.2 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย
 1. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5
จังหวัดปราจีนบุรี, 2543, รองผู้จัดการ โครงการ
 2. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5
จังหวัดสระแก้ว, 2545, ผู้จัดการ โครงการ
 - 7.3 หัวหน้าโครงการวิจัย
 1. "Optimization of Pultruded GFRP Composite Bridge Railing System", 1996
 2. "Characterization and Analysis of Composite Beams Subjected to Impact Loads",
1997
 3. การพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ, 2541
 4. การหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก, 2542

5. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545
 6. การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรีดชันหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงอัดและแรงคด
- 7.4 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
1. "Optimization of Pultruded GFRP Composite Bridge Railing System", 1996, หัวหน้าโครงการวิจัย
 2. "GFRP Composite Columns with Various End Conditions", 1996, ผู้ร่วมวิจัย
 3. "Characterization and Analysis of Composite Beams Subjected to Impact Loads", 1997, หัวหน้าโครงการวิจัย
 4. "Tests on FRP Composite Beams and Panels", 1997, ผู้ร่วมวิจัย
 5. "Development of Design Equations for FRP Composite Columns", 1997, ผู้ร่วมวิจัย
 6. การพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ, 2541, หัวหน้าโครงการวิจัย
 7. การพัฒนาอิฐบล็อก, 2541, ผู้ร่วมวิจัย
 8. การพัฒนา Cement-lime Mortar สำหรับใช้ในประเทศไทย, 2541, ผู้ร่วมวิจัย
 9. การหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก, 2542, หัวหน้าโครงการวิจัย
 10. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดปราจีนบุรี, 2543, รองผู้จัดการ โครงการ
 11. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545, ผู้จัดการ โครงการ
 12. การทดสอบหากล้างของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรงโดยการเสริมกำลังภายนอก, 2545, ผู้ร่วมวิจัย
 13. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อซีเมนต์ไยห็นภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน, 2546, ผู้ร่วมวิจัย
 14. การตรวจสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปที่มีเหล็กหน้าตัดรูปตัวซีฝังที่ส่วนรองรับภายใต้แรงกระทำเป็นจุดตามขวาง, 2547, ผู้ร่วมวิจัย
 15. การพัฒนาคานสำเร็จรูปแบบคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำหรับอาคารขนาดเล็ก, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 16. โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดชัยภูมิ, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 17. โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดมหาสารคาม, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 18. "โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดศรีสะเกษ, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
 19. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นพลาสติกที่ใช้แล้วแบบสั้น, 2549, ผู้ร่วมวิจัย
 20. การพัฒนาคานสำเร็จรูปแบบคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำหรับอาคารขนาดเล็ก, 2549, ผู้ร่วมวิจัย
 21. โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษาสภาพลำน้ำและคุณภาพน้ำลำตะคอง, 2549, ผู้ร่วมวิจัย

22. การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมทางกลของรอยต่อของคานคอนกรีตสำเร็จรูป, 2550, ผู้ร่วมวิจัย
23. การทดสอบและพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังโดยใช้ stainless steel แจ็คเก็ต, 2550, หัวหน้าโครงการวิจัย
24. โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล, 2550, ผู้ร่วมวิจัย

7.5 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. การพัฒนาพื้นแยกส่วนสำเร็จรูปพร้อมคานยึดหุ่น, 80 %, ผู้ร่วมวิจัย
2. การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรีดชันหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงอัดและแรงคด, 25 %, หัวหน้าโครงการวิจัย
3. การพัฒนากระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในเชิงธุรกิจ, 50%, ผู้ร่วมวิจัย
4. โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน, 5 %, ผู้ร่วมวิจัย



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 0919

วันที่ 18 ก.พ. 2553

เรื่อง ขอรหัสครุภัณฑ์โครงการวิจัย

เรียน หัวหน้าส่วนพัสดุ

9079-712-52-24-63

ตามที่มหาวิทยาลัยได้จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนการดำเนินการวิจัย นั้น บัดนี้ โครงการวิจัย เรื่อง “โครงการการพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย ได้ดำเนินการจัดซื้อครุภัณฑ์จำนวนหนึ่ง (ตามเอกสารแนบ) สถาบันวิจัยฯ จึงใคร่ขอความร่วมมือจากส่วนพัสดุในการจัดตั้งรหัสครุภัณฑ์เพื่อจัดทำทะเบียนครุภัณฑ์ต่อไป หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมติดต่อได้ที่คุณสุวิมล นิติเกตุโกศล โทร.4702

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง


(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4229
ที่ ศร 5614(22)/0027 วันที่ 18 มกราคม 2553
เรื่อง ขอส่งสำเนาใบเสร็จรับเงินค่าครุภัณฑ์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งสำเนาใบเสร็จรับเงินค่าครุภัณฑ์เพื่อขอรับหักครุภัณฑ์
โครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2552 (ดังเอกสารแนบ) ของรองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ชื่อ
โครงการการพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดใน
แนวแกน เพื่อให้ท่านดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา



(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการแทนคณบดี

สำเนาเรียน รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

การสัมมนาเชิงปฏิบัติการ ฯ วันที่ 18 มิถุนายน 2552 (ภาคบ่าย)

- 13.00 น. ลงทะเบียน ณ ห้องประชุมสัมมนา 310 ชั้น 3 (ฝ่ายปรับปรุงฯ)
- 13.20 น. กล่าวต้อนรับ, ความสำคัญของกิจกรรมเสริมสร้างทีมงาน
และแนะนำวิทยากร (งานบุคคล ฝ่ายบริหารงาน)
- 13.30 น. กิจกรรมสนทนากัน หัวข้อ “เสริมสร้างทีมงาน”
วิทยากรรับเชิญ โดยนายไพฑูรย์ นิยมนา ศูนย์นวัตกรรม ฯ
- 15.00 น. พักรับประทานอาหารว่าง
- 15.20 น. กิจกรรมสนทนากัน (ต่อ)
- 16.00 น. สรุปในแต่ละกิจกรรมถึงประโยชน์ที่ได้รับ “เสริมสร้างทีมงาน”
- 16.30 น. มอบของที่ระลึกให้วิทยากร (หัวหน้าฝ่ายปรับปรุงฯ)

ฝ่ายปรับปรุงถ่ายทอดเทคโนโลยี ร่วมกับ
ฝ่ายบริหารงานทั่วไป : รับผิดชอบดำเนินการ



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ 09๑๗

วันที่ ๙ กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาการขอขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัยของคณาจารย์สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่คณาจารย์ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งเรื่องขอขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัยมายังสถาบันวิจัย จำนวน 4 โครงการนั้น

คณะกรรมการพิจารณาหลักเกณฑ์และจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย ในการประชุมครั้งที่ 1/2553 เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2553 ได้พิจารณาแล้วและเพื่อให้เป็นไปตามแนวปฏิบัติซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการฯ ในการประชุมครั้งที่ 4/2552 เมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2552 จึงมีมติเห็นชอบให้ขยายเวลาส่งร่างรายงานการวิจัยทั้ง 4 โครงการ ออกไปอีกเป็นเวลา 6 เดือน ดังนี้

รหัสโครงการ/ชื่อโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ระยะเวลาที่ขอขยาย	มติคณะกรรมการฯ
1) SUT7-712-49-24-42การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบฟลุตูดชิ้นหน้าตัดรูปตัวซี ภายใต้แรงอัดและแรงดัด	รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์	จากวันที่ 14 ธันวาคม 2552 เป็นวันที่ 14 ธันวาคม 2553 (1 ปี)	อนุมัติให้ขยายเวลาออกไปถึงวันที่ 14 มิถุนายน 2553
2) SUT7-712-51-24-47สมบัติทางกลของโพลีเอสเตอร์โพลิเมอร์คอนกรีตภายใต้แรงอัดและแรงดึง	รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์	จากวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552 เป็นวันที่ 22 พฤศจิกายน 2553 (1 ปี)	อนุมัติให้ขยายเวลาออกไปถึงวันที่ 22 พฤษภาคม 2553
3) SUT7-712-52-24-63การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน	รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์	จากวันที่ 10 ธันวาคม 2552 เป็นวันที่ 10 ธันวาคม 2553 (1 ปี)	อนุมัติให้ขยายเวลาออกไปถึงเดือน มิถุนายน 2553
4) SUT7-712-51-12-51แบบจำลองกายภาพขนาดย่อส่วนสำหรับศึกษาพฤติกรรมชั้นดินรองรับคันทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์	รศ. ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข	จากวันที่ 30 มกราคม 2552 เป็นวันที่ 31 ธันวาคม 2553 (11 เดือน)	อนุมัติให้ขยายเวลาออกไปถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยทราบต่อไปด้วย พร้อมนี้ได้แนบแนวปฏิบัติตามมติที่ประชุมคณะกรรมการฯ ในการประชุมครั้งที่ 4/2552 เมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2552 มาด้วยแล้ว


(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน ฝ่ายบริหารงานวิชาการวิจัย สป/อว.



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT-7-712-52-24-63
สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 3194/52
วันที่ 15 ธ.ค. 2552
เวลา 10.30 (2)

หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ที่ ศร 5614(12)/ 0828

โทร.4420-4 โทรสาร 4607
วันที่ 9 ธันวาคม 2552

เรื่อง ขออนุมัติขยายเวลาดำเนินการโครงการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (คนบตีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หัวหน้าสถานวิจัย
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา)

ตามที่ได้จัดสรรทุนอุดหนุนโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วย
ปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน ตามสัญญาเลขที่ 42/2552 ตั้งแต่วันที่ 11 ธันวาคม
พ.ศ.2551 ถึงวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2552 เป็นจำนวนเงิน 290,000 บาท จากการดำเนินการที่ผ่านมาพบว่า
โครงการวิจัยมีความจำเป็นต้องขออนุมัติขยายระยะเวลาในการดำเนินโครงการวิจัยออกไปอีกเป็นระยะเวลา
1 ปี โดยมีเหตุผลประกอบที่สำคัญคือ ขาดผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษา) ที่มีความรู้และศักยภาพสูง ทำให้การ
จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบมีความล่าช้าเป็นอย่างมากและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างงานสูงมาก

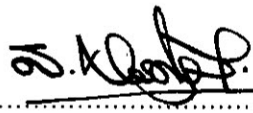
จากเหตุผลที่สำคัญข้างต้น ผมจึงขอพิจารณาอนุมัติขยายระยะเวลาในการดำเนินโครงการวิจัยตาม
สัญญาเลขที่ 42/2552 ออกไปอีกเป็นระยะเวลา 1 ปี จนถึง 10 ธันวาคม พ.ศ. 2553

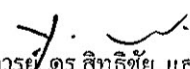
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป


(รศ. ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
15 ธ.ค. 2552

(.....)
หัวหน้าโครงการวิจัย
วันที่ 9 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 52


(.....)
หัวหน้าสาขาวิชา
วันที่ 9 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 52


รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย แสงอาทิตย์
หัวหน้าสถาบันวิจัยวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 11 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 52

(.....)
คนบตีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 11 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 52



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8074-712-52-24-63

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702 / โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621/ว. 257 วันที่ 14 ก.ย. 2552
เรื่อง ขอส่งเอกสารด้านการเงินกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารทางการเงินของโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูก
ห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดดันในแนวแกน งวดที่ 1/2552 นั้น บัดนี้งานการเงินสถาบันวิจัย
และพัฒนาได้ตรวจสอบเอกสารทางการเงินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว (ตามเอกสารแนบ) แต่เนื่องจากในปัจจุบันสถาบันวิจัย
และพัฒนาไม่มีพื้นที่เพียงพอในการเก็บเอกสารและอาจเกิดการสูญหายของใบเสร็จรับเงินได้ จึงขอส่งคืนเพื่อแก้ไข
ใบเสร็จที่ไม่ถูกต้อง (ถ้ามี) เมื่อท่านพร้อมปิดโครงการวิจัย จึงล่อนำเอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว หาก
มีข้อสงสัยประการใด ติดต่อได้ที่คุณสุวิมล มะต้นทิยะ โทร. 4702

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รับที่ 1656/52

วันที่ 8.6 ก.พ. 2552

เวลา 10.30 น.

fhr

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน สถาบันวิจัยและพัฒนา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 4220 โทรสาร 4220
ที่ ศธ. 6614(22)/322 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2552
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 งวดที่ 2

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

5077-712-52-24-63

ตามที่ข้าพเจ้า รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัด สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ ได้รับเงินอุดหนุน
การวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีต
เสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น
290,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงวดที่ 1. เป็นจำนวน
เงินทั้งสิ้น 145,000.00 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

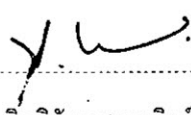
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

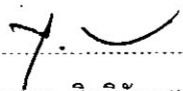
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาตรี.....อัตราเดือนละ.....6,000.....บาท
ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....2.....คน เป็นเงิน.....72,000.....บาท
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ.....บาท
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ.....บาท
ระยะเวลา.....วัน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
รวม.....72,000.....บาท

2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

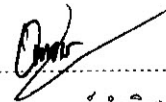
ค่าตอบแทน - ค่าจ้างคนงานรายวันอัตรา 200 บาท/วัน/1 คน.....เป็นเงิน 10,000 บาท
ค่าใช้สอย - ค่าจ้างเหมาบริการ เช่น ค่าขนส่งวัสดุและอุปกรณ์และค่าจ้างทำแบบหล่อ.....เป็นเงิน 16,000 บาท
- ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก, ค่ายานพาหนะ, ค่าเช่ารถและน้ำมันรถยนต์.....เป็นเงิน 11,000 บาท
- ค่าพิมพ์รายงาน.....เป็นเงิน 1,000 บาท
- ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม.....เป็นเงิน 2,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการภายในประเทศ.....เป็นเงิน 5,000 บาท
ค่าวัสดุ - ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน.....เป็นเงิน 6,000 บาท
- ค่าวัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หินและทราย และ โพลีเอสเตอร์.....เป็นเงิน 9,000 บาท
- วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและติดตั้งตัวอย่างทดสอบ.....เป็นเงิน 13,000 บาท
รวม.....73,000.00 บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ


(รศ.ดร. สิทธีชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย


(รศ.ดร. สิทธีชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สวทศ

13 / 11.9 / 52


(รศ. นอ.ดร.วรพจน์ จำปิต)

คนบดี

14

10.

2552

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่ 2 / 2552 แล้ว <i>22 ก.ค. 2552</i> ☒ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน <i>145,000</i> บาท (<i>นางสุวิมล มะสันเทียะ</i>) <i>สุวิมล</i> (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป <i>22 ก.ค. 2552</i>	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... <i>สุวิมล</i> (ศาสตราจารย์ น.ท.ดร. สราวุฒิ สุจิตกร) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา <i>22 ก.ค. 2552</i>
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัย จำนวน <i>145,000</i> บาท (<i>หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน</i>) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี <i>อภิส. ภาณุ วัฒนศิริ</i> เลขที่บัญชี <i>707-2-3115-4</i> ด้วย จักขอบคุณยิ่ง <i>สุวิมล</i> (ศาสตราจารย์ น.ท.ดร. สราวุฒิ สุจิตกร) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา <i>22 ก.ค. 2552</i>	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริงได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป <i>สุวิมล</i> (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป <i>22 ก.ค. 2552</i>



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ว. 199

วันที่ 20 กรกฎาคม 2552

เรื่อง ขอมติคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นเครื่องและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย และการขอขยายเวลาการสรุปและส่งรายงานการวิจัย มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ ดังนี้

1. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การทดสอบความเป็นพิษกึ่งระยะยาวของสารสกัดรางจืด
โดย อาจารย์ ดร. รัชฎาพร อุ่นศิริไทย์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
2. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็ก และถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. การขอขยายเวลาการสรุปและส่งรายงานการวิจัย เรื่อง การย่อยสลายไซยาไนด์ด้วยจุลินทรีย์
โดย อาจารย์ ดร. สิริภรณ์ โพธิ์วิชยานนท์ สำนักวิชาแพทยศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณารับรองรายงาน หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาฯ ด้านหลังของหนังสือฉบับนี้ ภายในวันที่ 22 กรกฎาคม 2552 ด้วย

(ศาสตราจารย์ น.ท. ดร. สุราวุฒิ สุจิตจร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2552-2553)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ 2552 จำนวน 290,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2552 จำนวน 145,000.00 บาท (รวมครุภัณฑ์) ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 148,664.00 บาท

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 2/2552 จำนวน 145,000.00 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

- | | | | |
|---|-------|---|------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน | 5 | หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2552 | จำนวน | 1 | หน้า |

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 2/2552

ผลการดำเนินการระหว่างวันที่ 11 ธันวาคม 2551 ถึงวันที่ 14 พฤษภาคม 2552

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทูดชั้นหน้าตัดรูปตัวซี ภายใต้แรงอัดและแรงดัด

(ภาษาอังกฤษ) The Development of Design Manual for Pultruded-Fiber Reinforced Plastic Having C-Section under Compression and Flexure

2. หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044)224420, 224421 โทรสาร (044) 224220 E-mail : sitichai@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) .

2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของคอนกรีต ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน

4. เพื่อนำเสนอสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่ากำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

5. แผนการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→	←→						
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→	←→					
2.3 เหล็กเส้น		←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→	←→					
2.5 คอนกรีต+ stainless steel		←→	←→					
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม			←→	←→	←→			
3.2 หน้าตัดกลม			←→	←→	←→	←→		
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→	←→	←→	←→	←→	←→
5. การสรุปผลและการเขียน รายงาน			←→	←→	←→	←→	←→	←→

6. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→	←→						
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→	←→					
2.3 เหล็กเส้น		←→	←→					
2.4 ปลอกเหล็ก		←→	←→					
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→	←→					
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม								
3.2 หน้าตัดกลม								
4. การวิเคราะห์ข้อมูล								
5. การสรุปผลและการเขียน รายงาน			←→					

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→	←→						
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ		←→						
2.1 คอนกรีต		←→						
2.3 เหล็กเส้น	←→	←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→						
2.5 คอนกรีต+ปลอกเหล็ก		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม								
3.2 หน้าตัดกลม								
4. การวิเคราะห์ข้อมูล								
5. การสรุปผลและการเขียน รายงาน		←→						

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 25 (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 5 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 : การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค้นคว้าและศึกษางานวิจัยจากวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องมากกว่า 20 บทความ ได้ถูก
 ดำเนินการนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุป โดยได้ดำเนินการเกือบเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (80%)

ขั้นตอนที่ 2 : ศึกษาวิธีการทดสอบและออกแบบการทดสอบต่าง ๆ

1 ทำการจัดเตรียมและจัดเก็บวัสดุตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ห้องปฏิบัติการทดลองของ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อรอการใช้งานและการทดสอบต่อไป

2 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่น universal testing machine, loading frame,
 hydraulic ram, hydraulic pump, pressure gauge, strain gage indicator, LVDT, และ dial gauge เป็น
 ต้น ว่ามีจำนวนครบตามที่ต้องการและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

ซึ่งได้ดำเนินการแล้ว 80%

ขั้นตอนที่ 3 : จัดหาวัสดุและจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบต่าง ๆ

ได้ดำเนินการจัดหาวัสดุและจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบได้เสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (50%)

ขั้นตอนที่ 4 : การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ

ได้เริ่มดำเนินการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต ปลอกเหล็ก และคอนกรีตและปลอกเหล็กได้ ร้อยละ 50

ขั้นตอนที่ 5 : การทดสอบเสาในห้องปฏิบัติการ

- ยังไม่มีการดำเนินการ -

ขั้นตอนที่ 6 : การวิเคราะห์ข้อมูล

ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้ดำเนินการไปแล้ว (30%)

ขั้นตอนที่ 7 : การสรุปผลการวิจัยและการเขียนรายงานและการเผยแพร่ผลงานวิจัย

ได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- บทที่ 1 บทนำ (50%)
- บทที่ 2 หลักการ ทฤษฎี และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (50%)
- บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย (65%)
- บรรณานุกรม เขียนส่วนอ้างอิงจากบทที่ 1

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่งานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ

อยู่ในช่วงจัดทำทศด้อยเพื่อส่งงานประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 5 20-22 ต.ค. 2552 จ. นครราชสีมา

10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

เครื่องทดสอบแรงกดอัดเกิดการชำรุด ทำให้งานวิจัยล่าช้า

11. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→	←→						
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต		←→	←→					
2.3 เหล็กเส้น		←→						
2.4 ปลอกเหล็ก		←→	←→					
2.5 คอนกรีต+ stainless steel			←→	←→				
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม			←→	←→				
3.2 หน้าตัดกลม				←→				
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→	←→				
5. การสรุปผลและการเขียน รายงาน			←→	←→				

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ไม่มี -


 (รศ. ดร. ดิทธิชัย แสงอาทิตย์)
 หัวหน้าโครงการวิจัย
 13 ก.ค.๕๖

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 ทั้งสิ้น 290,000 บาท
โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

☒ งวดที่ 1 ได้รับเงิน	133,000.00 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	148,664.00 บาท
☐ งวดที่ 2 ได้รับเงิน		บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	
☒ ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน	12,000.00 บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	0 บาท

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ รวมใช้จ่ายในงวดที่ 1 148,664.00 บาท

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี	เบิกจ่ายตามใบเสร็จ งวดที่ 1	เบิกจ่ายตามใบเสร็จ งวดที่ 2	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป	
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (แสดงรายละเอียด)					
Temporary Wages (Show details)					
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย นักศึกษา ป.โท 2 คน	144,000.00	60,000.00		84,000.00	
รวม Total	144,000.00	60,000.00	0.00	84,000.00	
ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)					
- ค่าจ้างคนงานรายวัน 200 บาท/วัน/คน	20,000.00	12,521.00		7,479.00	
- ค่าจ้างเหมาต่าง ๆ เช่น ค่าขนส่งวัสดุ/อุปกรณ์ ค่าจ้างทำแบบหล่อ ค่าหล่อ	32,000.00	24,100.00		7,900.00	
ตัวอย่างทดสอบ และค่าติดตั้ง strain gage					
- ค่าเช่ารถ ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และติดต่อสื่อสาร	20,000.00	4,755.00		15,245.00	
- ค่าพิมพ์รายงาน	1,000.00			1,000.00	
- ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	2,000.00			2,000.00	
ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานวิชาการ	5,000.00			5,000.00	
- ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	10,000.00	1,969.00		8,031.00	
- ค่าวัสดุงานวิจัย เช่น ปูนซีเมนต์ หิน และทราย โพลีเอสเตอร์ coupling agent และ additive วัสดุหล่อตัวอย่าง และ fiber					
- วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด เช่น strain gages และติดตั้งตัวอย่างทดสอบ เช่น กาวและจอร์กร้า	26,000.00	33,501.00		7,501.00	
รวม Total	134,000.00	88,664.00	0.00	45,336.00	
ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (แสดงรายละเอียด)					
- คอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็ก	12,000.00			12,000.00	
รวม Total	12,000.00	0.00		12,000.00	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น Grand total	290,000.00	148,664.00	-	141,336.00	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

หัวหน้าโครงการ

13

ก.ค. ๕๒

16 ก.ค. 2552

ตรวจสอบแล้ว

ก.ค. ๕๒

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ ตบพ. 1-01 FORM IRD-B-01 สถาบันวิจัยและพัฒนา	
วันที่ 25 ๕๒ / ๕1	
วันที่ 19 ส.ค. 2๕๕1	
เวลา 10.30 น.	

หน่วยงาน สทสจ. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 4420-1

ที่ ศช. ๕๒14 (22) / 6๑๐ วันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2551

เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 งบที่ 1

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

8๕17-712-52-24-63

ตามที่ข้าพเจ้า รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัด สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกหล่อหุ้มด้วยเปลือกเหล็กและถูกโอบรัดกั้นภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 290,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบที่ 1. เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 145,000.00 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาตรี.....อัตราเดือนละ.....6,000.....บาท

ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....2.....คน เป็นเงิน.....72,000.....บาท

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ.....บาท

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ.....บาท

ระยะเวลา.....วัน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

รวม.....72,000.....บาท

2. ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าตอบแทน - ค่าจ้างคนงานรายวันอัตรา 200 บาท/วัน/1 คน.....เป็นเงิน10,000.....บาท

ค่าใช้สอย - ค่าจ้างเหมาบริการ เช่น ค่าขนส่งวัสดุและอุปกรณ์และค่าจ้างทำแบบหล่อ.....เป็นเงิน16,000.....บาท

- ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก, ค่ายานพาหนะ, ค่าเช่ารถและน้ำมันรถยนต์.....เป็นเงิน9,000.....บาท

- ค่าพิมพ์รายงาน.....เป็นเงิน0.....บาท

- ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม.....เป็นเงิน0.....บาท

- ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการภายในประเทศ.....เป็นเงิน0.....บาท

ค่าวัสดุ - ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน.....เป็นเงิน4,000.....บาท

- ค่าวัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หินและทราย และโฟลีโอสเตอร์.....เป็นเงิน9,000.....บาท

- วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและติดตั้งตัวอย่างทดสอบ.....เป็นเงิน13,000.....บาท

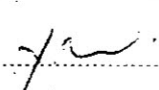
รวม.....61,000.00.....บาท

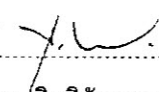
3. ค่าครุภัณฑ์

- คอมพิวเตอร์แบบพกพาขนาดเล็กหรือ Netbook.....เป็นเงิน12,000. บาท

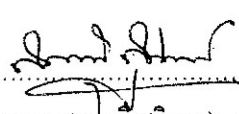
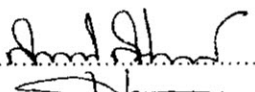
รวม.....12,000.00.....บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ


(รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย


(รศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สวรส
๕ / ๕ - ๖ / ๕


(อ.ดร. วุฒิ สาทิตวงศ์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร สำนักวิชาสุขภาพและเทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย
- ๘ ๘.๖. 2551

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินฯ วงดที่.....แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายวงดที่ 1 / 52 ในวงเงิน 145,000 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก.....  (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 11 S.A. 2551	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (ศ.นท.ดร. สราวุฒ สุจิตจร) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 11 S.A. 2551
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน 145,000 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี: ฝทส. ๕๓๓๐๔๐๖๓ เลขที่บัญชี 7๘7-2-361๕5๔ ด้วย จักขอบคุณยิ่ง  (ศ.นท.ดร. สราวุฒ สุจิตจร) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 11 S.A. 2551	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 11 S.A. 2551



100 52 = 1
53 = 12
54 = 3
16

สัญญาฉบับนี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัญญาฉบับนี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบล
สุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 11 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 ระหว่าง มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี โดย ศาสตราจารย์ น.ท. ดร. สราวุฒิ สุจิตจร ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับ
มอบอำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 8/2548
ลงวันที่ 27 สิงหาคม 2548 และ ที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่าย
หนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต่อไปในสัญญานี้
เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงกันมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย “การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้ม
ด้วยพลาสติกและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน” ตามเอกสารหมายเลข 3 ตั้งแต่วันที่ 11 เดือน
ธันวาคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 เป็นจำนวนเงิน 290,000 บาท (สองแสนเก้า
หมื่นบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตามรายละเอียดดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้จ่ายให้
เป็นเงิน 133,000 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นสามพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา
และจะจ่ายให้เป็นเงิน 12,000 บาท (หนึ่งหมื่นสองพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันที่ผู้รับทุน
ได้รับอนุมัติจากผู้ให้ทุน เพื่อใช้ในการจัดซื้อครุภัณฑ์

งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 145,000
บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน) ภายในหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อม
รายงานการเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำ
สถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. เอกสารอันเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ได้แก่

- (1) คำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 8/2548 ลงวันที่ 27 สิงหาคม 2548
- (2) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
- (3) โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกและถูก
โอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน”

- (4) ระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีว่าด้วยเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539
- (5) หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- (6) หมายเลขบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ ชื่อบัญชีโครงการวิจัย ธนาคารไทยพาณิชย์ (มหาชน) จำกัด สาขาออมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พร้อมรายชื่อผู้มีอำนาจสั่งจ่ายเงิน และสำเนาหน้าแรกของสมุดบัญชีดังกล่าว

ข้อ 3. ผู้รับทุนจะดำเนินการตามวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการวิจัยที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามเอกสารหมายเลข 3 หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยประการใดก็ตามผู้รับทุนจะรีบรายงานให้ผู้ให้ทุนทราบทันทีเพื่อพิจารณาหาทางแก้ไขหรือดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

ข้อ 4. รายชื่อหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมทำการวิจัย และรายละเอียดของโครงการตามที่ปรากฏแนบท้ายสัญญา ผู้รับทุนจะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ นอกจากจะได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ให้ทุนก่อน

ข้อ 5. ผู้รับทุนจะปฏิบัติตามระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ว่าด้วย เงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539 รวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการขอรับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งกำหนดขึ้นใช้ในขณะนี้และจะกำหนดขึ้นใช้ในภายหน้า

ทั้งนี้ โดยถือว่าระเบียบรวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติข้างต้นนั้น เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ข้อ 6. ผู้รับทุนจะควบคุมการใช้จ่ายเงินทุนให้เป็นไปอย่างประหยัดและจัดเตรียมหลักฐานบัญชีการจ่ายเงินเพื่อให้ผู้ให้ทุนตรวจสอบได้ทุกโอกาส

ข้อ 7. ผู้รับทุนยินยอมให้ ผู้ให้ทุน หรือผู้ที่ให้ทุนมอบหมายเข้าไปในสถานที่ทำงานของผู้รับทุน หรือสถานที่ที่ผู้รับทุนทำการวิจัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการติดตามและประเมินโครงการได้

ข้อ 8. ผู้รับทุนจะนำส่งผลงานดังนี้

- (1) รายงานความก้าวหน้าพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1/2552
- (2) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2552 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552
- (3) เอกสารสรุปผลงานวิจัย ในรูปแบบและภาษาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป โดยส่งพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์และตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราว ๆ ไป
- (4) การเสนอผลงานด้วยวาจา (Oral Presentation) ตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราว ๆ ไป

ข้อ 9. กรรมสิทธิ์ในผลงานวิจัย เป็นกรรมสิทธิ์ของผู้ให้ทุน (เว้นแต่จะมีการตกลงเป็นอย่างอื่นในภายหลัง) ส่วนผลประโยชน์ซึ่งเกิดจากการนำผลการวิจัยและพัฒนาไปใช้ในเชิงพาณิชย์ให้แบ่งกัน ระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับ ผู้รับทุน

ข้อ 10. ในการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานวิจัย ในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดในแต่ละครั้ง ผู้รับทุนต้องระบุข้อความว่า “ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี” หรือข้อความอื่นที่มีความหมายเหมือนกัน

ข้อ 11. ในกรณีที่มีผู้ร่วมวิจัยหลายคน ผู้รับทุนจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบดูแลผู้ร่วมวิจัยทุกคนให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องของผู้ให้ทุนอย่างเคร่งครัด

ข้อ 12. การระงับงานชั่วคราวและการบอกเลิกสัญญา

- (1) ผู้ให้ทุนมีสิทธิระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญานี้ได้ ถ้าผู้ให้ทุนเห็นว่าผู้รับทุนไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์สุจริตหรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึงคาดหมายได้จากนักวิจัยในระดับเดียวกัน หรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญาและเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญานี้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้ให้ทุนจะมีหนังสือแจ้งให้ผู้รับทุนทราบ และการระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาดังกล่าวจะมีผลในเวลาไม่น้อยกว่า 60 วัน นับถัดจากวันที่ผู้รับทุนได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น
- (2) ผู้รับทุนมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ปฏิบัติตามหน้าที่ความรับผิดชอบตามที่สัญญาระบุไว้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้รับทุนจะต้องมีหนังสือถึงผู้ให้ทุน ระบุรายละเอียดถึงสาเหตุและเหตุผลในการบอกเลิกสัญญา ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่พอใจในระยะเวลา 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น ผู้รับทุนมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้
- (3) ในกรณีที่ผู้รับทุนไม่สามารถทำการวิจัยให้เสร็จตามที่ได้ตกลงไว้ ผู้รับทุนยินยอมคืนเงินอุดหนุนการวิจัยพร้อมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่รับไปแล้วทั้งหมด หรือบางส่วนทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของผู้ให้ทุน

ข้อ 13. ผู้ให้ทุนเป็นเจ้าของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ใด ๆ ที่ผู้รับทุนได้จัดซื้อโดยทุนทรัพย์ของผู้ให้ทุน จนกว่าจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น

ข้อ 14. ผู้รับทุนจะใช้และบำรุงรักษาครุภัณฑ์การวิจัยของผู้ให้ทุนให้อยู่ในสภาพดี ใช้การได้อยู่เสมอ และผู้รับทุนยินยอมให้ผู้ให้ทุนหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจากผู้ให้ทุนตรวจตราครุภัณฑ์การวิจัยซึ่งเป็นทรัพย์สินของผู้ให้ทุนได้ทุกขณะและทุกโอกาส และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยตามโครงการแล้ว ผู้รับทุนจะส่งคืนครุภัณฑ์ให้แก่ ผู้ให้ทุนทันที นอกจากนี้จะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่น

ข้อ 15. การบอกกล่าว

บรรดาคำบอกกล่าวหรือการให้ความยินยอมหรือความเห็นชอบใด ๆ ตามสัญญานี้ต้องทำเป็นหนังสือและจะถือว่าได้ส่งไปโดยชอบแล้ว หากได้จัดส่งทางหนึ่งทางใดดังต่อไปนี้ คือ

- (1) ส่งมอบโดยบุคคลแก่ผู้แทนที่ได้รับมอบหมายของคู่สัญญาแต่ละฝ่าย
- (2) ทางไปรษณีย์ลงทะเบียน
- (3) ทางโทรเลข โทรพิมพ์ หรือโทรสาร แล้วยืนยันเป็นหนังสือโดยเร็วไปยังชื่อและที่อยู่ของคู่สัญญา ดังต่อไปนี้

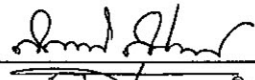
ก. ที่อยู่ของผู้ให้ทุน

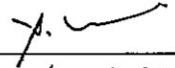
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ค. สุรนารี
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

ข. ที่อยู่ของผู้รับทุน

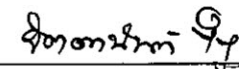
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ค. สุรนารี
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้ โดย
ตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน
(ศาสตราจารย์ น.ท. ดร. สราวุฒิ สุจิตจร)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ)  ผู้รับทุน
(รองศาสตราจารย์ ดร. สติธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ)  พยาน
(รองศาสตราจารย์ น.อ. ดร. วรพจน์ จำพิศ)
คณบดี
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)  พยาน
(นางสาวจิตตานันท์ ติกุล)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

2551

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ...2551.....
Research Expenditure for Fiscal Year.....

โครงการวิจัยเรื่อง.....การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน.....

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)		
	งวดที่ 1* 1 st Installment	งวดที่ 2 2 nd Installment	รวมทั้งหมด Total
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย โปรดแสดงรายละเอียด Temporary Wages (Show details)			
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือนๆ ละ 5,000 บาท	72,000	72,000	144,000
รวมค่าจ้างชั่วคราว Total	72,000	72,000	144,000
2. ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Compensation, Service contracting, and nonrenewable materials expenses (show details)			
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน 200 บาท/วัน/คน จำนวน 100 วัน	10,000	10,000	20,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าขนส่งวัสดุ/อุปกรณ์ ค่าจ้างทำแบบหล่อ ค่าหล่อตัวอย่างทดสอบ และค่าติดตั้ง strain gage เป็นต้น	16,000	16,000	32,000
2.3 ค่าเช่ารถ ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	9,000	11,000	20,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	0	1,000	1,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเขียนเล่ม	0	2,000	2,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการในประเทศ	0	5,000	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	4,000	6,000	10,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น ค่าปูนซีเมนต์ หิน และทราย โพลีเอสเตอร์ coupling agent และ additive วัสดุหล่อตัวอย่าง และ fiber เป็นต้น	9,000	9,000	18,000
2.9 วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด เช่น strain gages และติดตั้งตัวอย่างทดสอบ เช่น กาวและจุกครอบรับ เป็นต้น	13,000	13,000	26,000
รวมค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ Total	61,000	73,000	134,000
3. ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Equipment (show details)	133,000		
3.1 คอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็กหรือ Netbook	12,000	0	12,000
รวมค่าครุภัณฑ์ Total	12,000	0	12,000
รวมทั้งสิ้น (1+2+3) Grand total	145,000	145,000	290,000

(ลงชื่อ).....หัวหน้าโครงการ
Head of Project
(.....)
25 / พ.ย. / 2551

ตรวจสอบแล้ว

กัมม

1 S.A. 2551

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของงวดที่ 1 เบิกได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดโครงการในแต่ละปี ยกเว้นกรณี

- 1) มีความจำเป็นต้องตั้งเบิกเกินกว่านี้ให้ทำบันทึกชี้แจงเหตุผลเสนอขออนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแนบมาด้วย
- 2) มีรายการครุภัณฑ์ ให้หักค่าครุภัณฑ์ทั้งหมดออกจากเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการก่อน ส่วนงบฯ ที่เหลือให้เบิกจ่ายใน รายการค่าจ้างชั่วคราว ค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ รวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 50

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

แบบ ว-1ค

(ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2550)

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอ ของงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย).....การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัดในแนวแกน.....

(ภาษาอังกฤษ) Development of Steel-Tubed Reinforced Concrete Columns with Pre-confinement under Axially Compressive Loads.....

ชื่อแผนงาน/ชุดโครงการวิจัย(กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย) (ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

.... ✓โครงการวิจัยใหม่

.....โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา.....ปี ปีนี้เป็นปีที่.....รหัสโครงการวิจัย.....

I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ซึ่งประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (เลือกเพียง 1 ยุทธศาสตร์โดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ และระบุเฉพาะข้อความที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อเท่านั้น (ยุทธศาสตร์และข้อความที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

.... ✓ .. ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน

ให้ความสำคัญกับเรื่อง (เลือกเพียง 1 ข้อเท่านั้น)

3.1 การปรับโครงสร้างการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพ และคุณค่าของสินค้าและบริการบนฐานความรู้ และความเป็นไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) แบบใหม่ และศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน เพื่อนำเสนอสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่ากำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยสามารถนำไปใช้ในการเสริมกำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งานโครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ

เช่น ไม่ต้องทุบทำลายโครงสร้างเก่าและสร้างโครงสร้างใหม่ และทางด้านสังคม เช่น ช่วยเพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงของโครงสร้างในกรณีที่เกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหว นอกจากนั้นแล้ว การใช้ปลอกเหล็กในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมโครงสร้างดังกล่าว แทนที่จะใช้วัสดุอื่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น fiber-reinforced composite จะเป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ และช่วยเสริมอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศอีกด้วย

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ซึ่ง

ประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (เลือกเพียง 1 ยุทธศาสตร์โดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ และระบุเฉพาะกลยุทธ์และแผนงานวิจัยที่สอดคล้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ เท่านั้น ยุทธศาสตร์ / กลยุทธ์ / แผนงาน ที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

.... ✓ ... ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิทยาการและทรัพยากรบุคคล

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

แผนงานวิจัยที่ 1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข เทคโนโลยีด้านอาวุธยุทโธปกรณ์ เป็นต้น

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ ในสาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยจะก่อให้เกิดรูปแบบการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ เช่น การเสริมกำลังโดยการขยายขนาดหน้าตัดเสาให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ใช้สอยของอาคารและทำให้เกิดน้ำหนักคงที่ (dead load) กระทำต่ออาคารมากขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ในการดำเนินการวิจัยนี้จะมีนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 6 คนและระดับปริญญาโทจำนวน 2 คนของสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นผู้ช่วยวิจัย โดยจะได้ศึกษาในรายวิชาปริญญานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะสร้างนักศึกษาเหล่านี้มีทักษะและความรู้/ความคิดสร้างสรรค์ในด้านการวิจัย ซึ่งจะช่วยให้มีความรู้ มีความคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนั้นแล้ว นักศึกษาดังกล่าวจะได้เรียนรู้ถึงจรรยาบรรณนักวิจัยอีกด้วย

III ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัย

ของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ซึ่งประกอบด้วย 10 กลุ่มเรื่อง (เลือกเพียง 1 กลุ่มเรื่องโดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ ข้อความที่ไม่เลือกให้ตัดออก)

... ✓ ... เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้เป็นสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ โดยเทคโนโลยีใหม่จะเป็นพัฒนาระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้บล็อกเหล็ก เพื่อให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังและความเหนียวที่ดีขึ้น เพื่อใช้ในการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหว ที่กรุงเทพมหานคร โดยไม่ต้องทำการรื้อถอนและก่อสร้างใหม่ ดังนั้น จะช่วยลดปัญหาการสูญเสียทางเศรษฐกิจได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันอาคารต่างๆ จำนวนมากในประเทศไทยจำเป็นต้องมีการเสริมกำลังและ/หรือซ่อมแซมตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ซึ่งเทคโนโลยีที่ศึกษานี้จะเหมาะสมกับประเทศไทย เป็นการใช้ประโยชน์จากสินค้าที่ผลิตได้เองในประเทศให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และสุดท้ายจะช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ของประเทศไทยให้ก้าวหน้าต่อไป นอกจากนั้นแล้ว เทคโนโลยีนี้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย (โปรดดูคำชี้แจงประกอบตอนท้าย)

1. ผู้รับผิดชอบ [คณะผู้วิจัย บทบาทของนักวิจัยแต่ละคนในการทำวิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)] และหน่วยงาน [ประกอบด้วยหน่วยงานหลัก หน่วยงานสนับสนุน โดยระบุที่อยู่ พร้อมทั้งลักษณะของการร่วมงานวิจัยกับหน่วยงานอื่น (ถ้ามี)]

ผู้รับผิดชอบ

หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. สติรัชย์ แสงอาทิตย์

Assoc. Prof. Dr. Sittichai Seangatith

สัดส่วนงานที่รับผิดชอบ 100%

หน่วยงาน

หน่วยงานหลัก

สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224326

E-mail: sitichai@sut.ac.th

2. ประเภทของการวิจัย/ประกอบด้วยงานวิจัยพื้นฐาน หรือการวิจัยประยุกต์ หรือการพัฒนาทดลอง ระบุเพียง 1 ประเภทเท่านั้น

การพัฒนาทดลอง (Experimental Development)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการศึกษา (จัดตามกลุ่มของ วช. โปรดดูคำชี้แจงที่ <http://www.sut.ac.th/ird>)

สาขาวิชาการ: วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

กลุ่ม: วิศวกรรมอุตสาหกรรมวิจัย

4. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ของโครงการวิจัย

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อ, การโอบรัดก่อน, แรงกดอัดในแนวแกน
 Tubed reinforced concrete column, Pre-confinement, Axial compressive load

5. ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในประเทศไทย อาคารประเภทต่างๆ เช่น บ้าน ทาวเฮาส์ และอาคารพาณิชย์ เป็นต้น มักจะถูกก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเฉพาะเป็นการก่อสร้างแบบหล่อในที่ (cast-in-place construction) ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ ประหยัด - เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีราคาที่ไม่แพงต่ำ หาซื้อได้ง่าย และต้องการการดูแลรักษาน้อย ความเหมาะสมของวัสดุสำหรับงานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง - เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถทำให้เป็นรูปร่าง ลักษณะ และขนาดที่ต้องการได้ง่าย ความต้านทานต่อไฟไหม้ - คอนกรีตมีความต้านทานต่อไฟไหม้ได้ดี โดยไม่ต้องมีถูกพันหุ้มด้วยฉนวนกันไฟ และความแข็งแรง (rigidity) - เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีมวลมากและความแข็งแรงสูง ดังนั้น การสั่น (vibration) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจึงมีน้อยกว่าในโครงสร้างเหล็ก อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องดำเนินการเป็นขั้นตอนตามลำดับคือ ดัดตั้งแบบหล่อและค้ำยัน ผูกเหล็ก เทคอนกรีต และรอให้คอนกรีตแข็งตัวจนมีกำลังเพียงพอจึงทำการถอดแบบ ซึ่งการก่อสร้างลักษณะนี้มักจะใช้ระยะเวลาการก่อสร้างนานและทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างสูง โดยเฉพาะระหว่างขั้นตอนการเทคอนกรีตและถอดแบบหล่อคอนกรีต นอกจากนั้นแล้ว การก่อสร้างดังกล่าวจะต้องมีการจัดเตรียมไม้แบบเพื่อทำแบบหล่อและติดตั้งค้ำยัน ซึ่งมักจะต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือค่อนข้างสูง ไมเช่นนั้นแล้วจะเกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา เช่น แบบหล่อไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด แบบรั่วทำให้คอนกรีตไหลออกในตอนเทคอนกรีต และแบบแตก เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เสียเงินและเสียเวลาในการดำเนินการเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องพลวัตทางด้านเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งมีการแข่งขันกันในด้านฝีมือ ราคา และความรวดเร็วในการดำเนินการ ในทางอ้อม การใช้ไม้แบบหล่อคอนกรีตก่อให้เกิดปัญหาการตัดไม้ ซึ่งเป็นผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

เนื่องจากปัญหาในการก่อสร้างอาคารที่กล่าวข้างต้น จึงเกิดการพัฒนารูปแบบการก่อสร้างแบบต่างๆ ขึ้นมา โดยเฉพาะการนำระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (prefabrication) มาช่วยเสริมในบางส่วนของโครงสร้าง เช่น แผ่นพื้นสำเร็จรูป และคานสำเร็จรูป (กรรมและสิทธิชัย, 2548 และ จักษุดาและสิทธิชัย, 2548) เป็นต้น และการใช้แบบหล่อสำเร็จรูปที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งการใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จเป็นแบบหล่อให้กับโครงสร้างและให้รับแรงกระทำร่วมกับโครงสร้างโดยไม่มีการถอดแบบหล่อดังกล่าวออกจากโครงสร้าง เช่น การใช้ท่อเหล็ก (Johansson, 2000 และ 2001) หรือท่อซีเมนต์ใยหิน (ศรัณย์และสิทธิชัย, 2547) เป็นแบบหล่อสำเร็จรูปถาวรของเสา เป็นต้น โดยในปัจจุบัน เสาเชิงประกอบหรือเสาคอมโพสิต (composite column) เช่น เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็ก (steel-encased reinforced concrete column) ได้ถูกนำมาใช้ในงานโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ดังปรากฏรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบในมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design ของ American Institute of Steel Construction และ Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures ของ Architectural Institute of Japan โดยมีข้อดีที่สำคัญคือ เสาเชิงประกอบดังกล่าวช่วยทำให้การก่อสร้างมีความสวยงามและรวดเร็ว โดยใช้ท่อ

เหล็กหรือปลอกเหล็กเป็นแบบหล่อถาวรให้โครงสร้าง และปลอกเหล็กดังกล่าวยังร่วมกับแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กในการรับแรงกระทำโดยอาศัย composite action ซึ่งเป็นผลทำให้เสาดังกล่าวมีกำลังรับแรงกดอัด (compressive strength) และความเหนียว (ductility) สูงกว่าเสาเหล็กรูปพรรณและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมาก นอกจากนั้นแล้ว composite action ยังช่วยทำให้เสาดังกล่าวมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้มากก่อนที่จะเกิดการวิบัติ และเหมาะสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในพื้นที่ที่มีแผ่นดินไหว (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992) ซึ่งพฤติกรรม composite action ดังกล่าวจะมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวได้ถูกพิจารณาเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวระดับปานกลางแล้ว ดังนั้น การศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรม composite action จึงมีประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยที่การเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ จะช่วยให้อาคารดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการกระทำของแรงแผ่นดินไหวมากขึ้น อีกทั้งจะช่วยลดความสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สินที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากภัยแผ่นดินไหว นอกจากนั้น การเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ จะช่วยให้ไม่ต้องทำการรื้อถอนและสร้างอาคารขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจได้เป็นอย่างมาก

ในการใช้งานอีกรูปแบบหนึ่ง ท่อเหล็กและปลอกเหล็กข้างต้นยังได้ถูกนำมาเสริมกำลังแบบภายนอก (external strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งาน โครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น วิธีการเสริมกำลังดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่มี composite action ระหว่างปลอกเหล็กและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และรูปแบบที่ไม่มี composite action โดยรูปแบบที่หนึ่งจะเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่ารูปแบบที่ 2 เนื่องจากข้อดีของ composite action ดังที่กล่าวข้างต้นจะช่วยทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังมีกำลัง ความเหนียว และมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้สูงขึ้นกว่าในรูปแบบที่ 2 การเสริมกำลังแบบภายนอกให้กับเสา คอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้างและที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์นั้นมีผลดีทางด้านเศรษฐกิจเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วข้างต้น กล่าวคือ จะช่วยให้อาคารเดิมสามารถใช้งานได้ต่อไป โดยสามารถถูกออกแบบเสริมกำลังให้เป็นไปตามข้อบังคับของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ดูรายละเอียดสำหรับอาคารที่จะต้องถูกตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารได้ที่ <http://www.inspector-engineering.com/building-inspector-standard-engineering.asp>) ได้ ทำให้ไม่ต้องทำการรื้อถอนและสร้างอาคารขึ้นมาใหม่

โดยสรุปแล้ว การใช้ปลอกเหล็กในการห่อหุ้มเสาคอนกรีตหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายนอกดังที่กล่าวข้างต้นนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งในการก่อสร้างโครงสร้างใหม่และปรับปรุง/ซ่อมแซมโครงสร้างเดิมที่มีอยู่แล้ว (โดยในการวิจัยนี้จะเน้นในส่วนของการปรับปรุง/ซ่อมแซมโครงสร้างเดิม) ซึ่งก่อให้เกิดผลดีทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1008-38 และข้อกำหนดของ AISC LRFD 1994 พบว่า มาตรฐานการออกแบบทั้งสองกำหนดสมการที่

ใช้หาความหนาต่ำสุดที่ต้องใช้ในเสาเชิงประกอบที่แตกต่างกัน โดยข้อกำหนดของ AISC LRFD จะให้ค่าความหนาที่สูงกว่ามาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1.225 เท่า นอกจากนั้นแล้ว สมการออกแบบของ ว.ส.ท. ก็ไม่ได้พิจารณาถึง composite action โดยข้อกำหนดที่ 4314 กำหนดให้ออกแบบเสาเชิงประกอบโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป ซึ่งแตกต่างจากข้อกำหนดของ AISC LRFD ที่ได้มีการแปลงค่ากำลังและความแรงของวัสดุเพื่อพิจารณาผลของ composite action ระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็กด้วย ซึ่งการไม่ได้พิจารณาถึง composite action ของมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1008-38 นั้นน่าจะมีสาเหตุหลักมาจากความไม่แน่นอนในการพัฒนา composite action ที่เกิดขึ้นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยอาศัยความแรงและความหนาของปลอกเหล็กเป็นหลัก ตลอดจนมาตรฐานการควบคุมการก่อสร้างในประเทศไทยยังไม่สมบูรณ์มากนัก ตลอดจนวิศวกรชาวไทยยังขาดความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรม composite action จึงเป็นสาเหตุของความไม่แน่นอนมากขึ้น ดังนั้น การไม่พิจารณาถึง composite action จึงน่าเป็นเรื่องที่เหมาะสมแต่จะทำให้ขาดประสิทธิภาพในการใช้อาคารดังกล่าวและก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองทางเศรษฐกิจ ดังนั้น เพื่อก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรม composite action ที่มากขึ้นและเพื่อให้พฤติกรรม composite action เกิดขึ้นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการให้แรงโอบรัดแก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการให้ pre-confinement แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กในช่วงที่มีการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคาร โดยจะทำการพัฒนาระบบการให้ pre-confinement แก่เสาที่ง่ายและสามารถปฏิบัติได้ในสนามและทำการทดสอบเพื่อช่วยให้เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับแรงกดอัดและการวิบัติของเสาดังกล่าว และสามารถนำความรู้และความเข้าใจที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กของโครงสร้างเดิมได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมากขึ้น

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket)
2. เพื่อศึกษาถึงผลของ pre-confinement ที่มีต่อกำลัง (strength) และความเหนียว (ductility) ของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน
4. เพื่อนำเสนอสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่ากำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และทำการทดสอบเสาดังกล่าวเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กหรือ steel jacket ที่ถูกโอบรัดก่อน โดยเสาดังกล่าวที่ศึกษาเป็นเสาสั้นที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่าและทรงกลม โดยมี

ขนาดหน้าตัดที่ใช้งานโดยทั่วไปในอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านและอาคารพาณิชย์ เป็นต้น โดยมีกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนอย่างน้อย 300 kN และไม่เกิน 1500 kN เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือทดสอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า พฤติกรรมของเสาคอนกรีตในลักษณะข้างต้นขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น กำลังของคอนกรีต หน่วยแรงคราก (yielding stress) และ โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของเหล็ก ลักษณะการให้แรงกดอัดกระทำต่อเสา อัตราส่วนของความกว้างของปลอกเหล็กต่อความหนาของปลอกเหล็ก (B/t) อัตราส่วนความสูงของเสาต่อความกว้างของหน้าตัดเสา (L/B) อัตราส่วนกำลังของคอนกรีตต่อกำลังของเหล็ก และรูปร่างหน้าตัดของปลอกเหล็ก (Huang et.al., 2002) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดขอบเขตของงานวิจัยโดยมีรายละเอียดของดังนี้

7.1 ตัวแปรหลักที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 ตัวแปร คือ

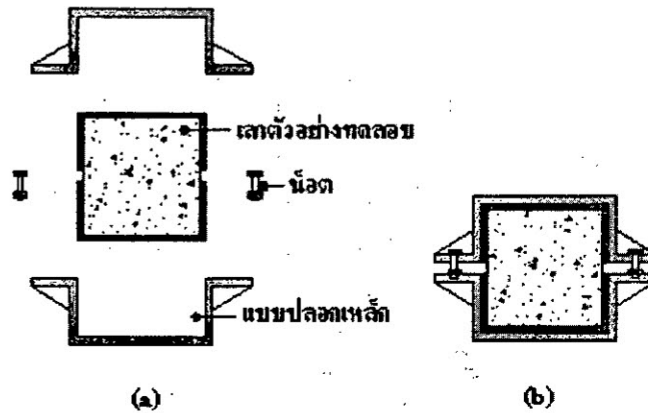
1. คอนกรีตมีกำลังรับแรงกดอัดสูงสุด 18 MPa และ 32 MPa ตามมาตรฐานการทดสอบ โดยคอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ (ready-mixed concrete) ที่ขายในเชิงพาณิชย์และมักถูกใช้ในการก่อสร้างอาคารในประเทศไทย
2. ปลอกหรือ jacket เป็นท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่ากลวงที่ผลิตโดยการพับแผ่นเหล็กโครงสร้างแบบเย็น (cold-formed) เป็นรูปตัวซีและนำมาเชื่อมรอยต่อเข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า และท่อเหล็กหน้าตัดกลมกลวง โดยเป็นเหล็กตามมาตรฐานเหล็กโครงสร้างของมอก. ที่มีความหนา 3.2 mm และ 4.5 mm

7.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต แผ่นเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็ก และเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ถูกกระทำตามมาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวข้อง

7.3 เสาตัวอย่างทดสอบทั้งหมดเป็นเสาสั้น มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าขนาด 150×150 mm และหน้าตัดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm โดยมีความสูง 750 mm ทำให้มีค่า L/B เท่ากับ 5.0 ซึ่งเป็นค่าที่มักใช้ในการก่อสร้างอาคารเดี่ยวและอาคารสูงปานกลางในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมักอยู่ในช่วง 5 ถึง 9 (Schneider, 1998) และถูกจำกัดโดยความสูงของเครื่องมือทดสอบ โดยเสาตัวอย่างทดสอบไม่มีระบบที่ใช้ในการถ่ายแรงเฉือนระหว่างแกนคอนกรีตเสริมเหล็กและปลอกเหล็ก

7.4 แรงกระทำเป็นแรงกดอัดในแนวแกนที่กระทำต่อแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กของเสาตัวอย่างทดสอบ โดยผ่านแผ่นรับแรงแบกทาน (bearing plate)

7.5 แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) จะได้จากระบบการให้แรงกระทำ ซึ่งประกอบด้วยน็อตและแบบปลอกเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 7.1(a) ซึ่งในการให้ pre-confinement นั้น เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กก่อน จากนั้น จะถูกห่อหุ้มด้วยแบบปลอกเหล็กอีกชั้นหนึ่ง จากนั้น ใช้น็อตยึดแบบปลอกเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 7.1(b) และทำการให้แรงบิดกระทำต่อน็อต ซึ่งจะทำให้แบบปลอกเหล็กทำการอัดต่อปลอกเหล็กและเสาคอนกรีตตามลำดับ ซึ่งแรงดังกล่าวจะเป็นแรงโอบรัดก่อน โดยในเบื้องต้น แรงโอบรัดก่อนที่ใช้ในการศึกษาจะก่อให้เกิดหน่วยแรงโอบรัดต่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ค่า คือ 0.15 และ 0.25 เท่าของกำลังของคอนกรีต (ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเครื่องมือทดสอบ)



รูปที่ 7.1 (a) ชิ้นส่วนต่างๆ ในการประกอบเสาและ (b) หน้าตัดเสาชะถูกรัดหุ้มด้วยระบบให้ pre-confinement

8. ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

เสา (column) เป็นองค์อาคารของโครงสร้างที่อยู่ในแนวตั้งและรองรับแรงกดอัดในแนวแกน ซึ่งถ่ายลงมาจากพื้นและคาน โดยทั่วไปแล้ว หน้าตัดของเสาจะมีความกว้างไม่เกิน 3 เท่าของความลึก และมีความสูงอย่างน้อย 3 เท่าของความลึก เสาที่มีความชะลูดมากๆ จะวิบัติโดยการโก่งเดาะ (buckling) ซึ่งมักจะถูกเรียกว่า เสายาว (long column) ซึ่งในการออกแบบเสาประเภทนี้จะต้องพิจารณาถึงผลของความชะลูดที่มีต่อเสถียรภาพ (stability) ของเสา อย่างไรก็ตาม เสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยส่วนใหญ่จะเป็นเสาแบบที่ไม่ชะลูดมากนัก ดังนั้นผลของความชะลูดที่มีต่อเสถียรภาพ (stability) ของเสามักจะไม่ถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบ เสดังกล่าวจะถูกเรียกว่า เสาสั้น (short column)

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) ในอาคารขนาดเล็ก คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างเสามีกำลังรับแรงกดอัดประลัย, f'_c , เท่ากับกำลังของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างคานและพื้น ซึ่งมักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-25 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนเสาที่ใช้มักจะเป็นเหล็กที่มี yield stress, f_y , อยู่ระหว่าง 300-400 MPa เสาจะมีหน้าตัดอยู่ระหว่าง 0.15-0.25 m และสูง 2.2-2.8 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแนวแกน, A_{st} , จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด, A_g , ของเสา เสาจะต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 9 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ

ในกรณีเสาสั้นและใช้เหล็กปลอกเดี่ยวที่มักใช้ในอาคารขนาดเล็ก มาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดให้กำลังที่ยอมให้, $\phi P_{n(max)}$, ของเสาดังกล่าวที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะหาได้จากสมการ

$$\phi P_{n(max)} = 0.80\phi[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (1)$$

เมื่อเทอม 0.80 เป็นตัวคูณลดกำลังเนื่องจาก accidental moment เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น โมเมนต์เนื่องจาก unbalanced moment ที่เกิดขึ้นในคาน การที่เสาในชั้นต่างๆ ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และการที่คอนกรีตในเสาถูก compact ไม่ทั่วกันตลอดความยาวของเสา เป็นต้น ACI กำหนดเทอมค่าคงที่ 0.85 จากผลการทดสอบเสา 564 ต้นที่ University of Illinois และ Lehigh University เทอม ϕ เป็น strength reduction factor โดยกำหนดให้มีค่า

0.75 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวและ 0.70 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการทดสอบที่พบว่า เสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวมี ductility ที่สูงกว่าเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว

จากการทดสอบคอนกรีตที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในสามแกน (triaxially compressive loading test) พบว่า กำลังและ ductility ของคอนกรีตมีค่าสูงกว่ากำลังและ ductility ของคอนกรีตที่กระทำโดยแรงกดอัดในแกนเดียว (axially compressive loading test) โดยกำลังของคอนกรีตในสภาพดังกล่าว, f_1 , จะหาได้จากสมการ

$$f_1 = f'_c + 4.1f_2 \quad (2)$$

เมื่อ f_2 เป็นหน่วยแรงรักรอบ (confined stress) ซึ่งเทอมที่สองทางขวามือของเครื่องหมายเท่ากับแสดงให้เห็นถึงผลของการโอบรัดหรือการรักรอบของปลอกเหล็กเหล็กเกิดที่มีต่อคอนกรีต ซึ่งน่าที่จะเป็นไปได้ที่ผลการรักรอบดังกล่าวจะมีต่อเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเช่นกัน ซึ่งการโอบรัดดังกล่าวจะทำให้เสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังรับแรงกดอัดสูงกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติและจะเป็นผลทำให้กำลังที่ยอมให้ของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกรักรอบที่หาจากสมการออกแบบข้างต้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตที่ผ่านมาพบว่า การโอบรัดหรือการรักรอบดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนา ค่า yielding stress และค่า modulus of elasticity ของปลอกเหล็ก และแรงโอบรัดจะเป็นแบบ passive confinement ซึ่งอาจจะมีประสิทธิภาพไม่มากนัก ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเสนอระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) ซึ่งจะช่วยให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กถูกกระทำโดยหน่วยแรงรัรอบ f_2 โดยตรง ซึ่งจะส่งผลทำให้การทำนายกำลังของเสาทำได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

9. การทบทวนวรรณกรรม (reviewed literature) / สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

9.1 พฤติกรรมและกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

9.1.1 เสาคอนกรีตล้วน

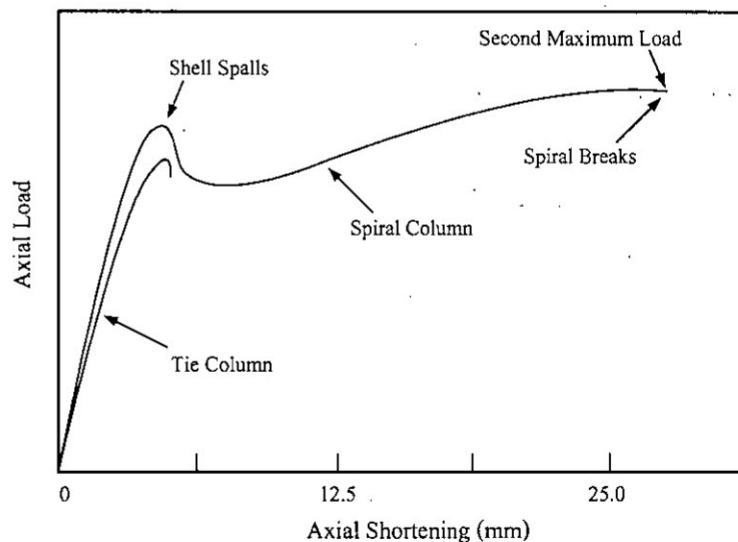
จากการทดสอบเสาคอนกรีตที่ปราศจากเหล็กเสริมโดยการกดอัดในแนวแกน ซึ่งพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อกำลังรับแรงกดอัดของเสา เช่น ขนาดรูปร่างของเสา คุณภาพของคอนกรีต อัตราการให้แรงกดอัด ความชะลูดของเสา ตลอดจนลักษณะของการหล่อเสาตัวอย่างที่อาจหล่อในแนวตั้งหรือในแนวนอน พบว่า พฤติกรรมการรับแรงกดอัดของเสาคอนกรีตล้วนมีลักษณะแบบเปราะ (brittle) ที่คล้ายกับพฤติกรรมการรับแรงกดอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีต กล่าวคือ ในช่วงแรกของการให้แรงกระทำ ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง (stress) และความเครียด (strain) ในแนวแกนของเสาคอนกรีตจะเป็นเส้นค่อนข้างตรงจนถึงประมาณ 50% ของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีต จากนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีความโค้งมากขึ้น เนื่องจากการแตกร้าวภายในที่มากขึ้น จนถึงกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดที่จุดที่เส้นกราฟความสัมพันธ์มีความชันเป็นศูนย์ จากนั้น ความสามารถในการรับแรงกดอัดของเสาคอนกรีตจะลดลงอย่างต่อเนื่อง สุดท้าย เสาคอนกรีตจะเกิดการวิบัติโดยจะเกิดการแตกออก (splitting) ในแนวยาวของเสาหรือเป็นแบบเฉือนขนานในระนาบเอียง โดยหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.85 เท่าของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีตหรือ $0.85f'_{co}$ ดังนั้น ถ้าเสาคอนกรีตมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิ A_c และมีกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก f'_{co} แล้ว กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดในแนวแกนของเสาคอนกรีต P จะหาได้จากสมการ

$$P = 0.85f'_{co}A_c \quad (3)$$

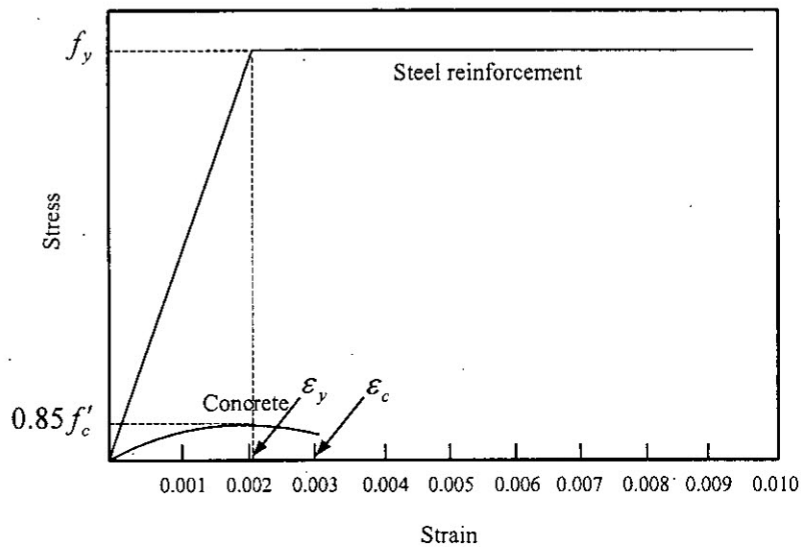
9.1.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตที่เสริมเฉพาะเหล็กเสริมหลักอย่างเดียว (ไม่มีเหล็กปลอก) มีพฤติกรรมแบบเปราะและการวิบัติค่อนข้างคล้ายกับการวิบัติของเสาคอนกรีต กล่าวคือทันทีที่คอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมหลักถูกกดอัดแตกและร่อนออก เหล็กเสริมหลักจะถูกกดอัดและเกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะ แต่เมื่อเสาคอนกรีตดังกล่าวถูกเสริมด้วยเหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กปลอกเดี่ยว เหล็กปลอกจะช่วยโอบรัดแกนคอนกรีตภายในไว้หลังจากที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตก ทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นมีกำลังรับแรงกดอัดเพิ่มขึ้น และช่วยให้เสามีพฤติกรรมแบบเหนียว (ductile) มากขึ้น ก่อนที่จะเกิดการวิบัติ

รูปที่ 2 แสดงพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยว ถ้าเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตและมีปริมาณเหล็กเสริมหลักเท่ากันและสมมติว่าเหล็กเสริมหลักมีกำลังจุดครากไม่สูงมากนัก (เช่น เหล็กเส้น SD30 และ SD40) แล้ว จากการทดสอบพบว่า เมื่อหน่วยแรงกดอัดในคอนกรีตและเหล็กเสริมมีค่าอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (elastic) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดกับการหดตัวในแนวแกนของเสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยวค่อนข้างเหมือนกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรงในช่วงเริ่มต้น แต่เมื่อเสารับแรงกดอัดมากขึ้นจนหน่วยแรงกดอัดในคอนกรีตมีค่าสูงเกินกว่า $0.5f'_{co}$ โดยประมาณแล้ว ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อแรงกดอัดมีค่าสูงจนกระทั่งหน่วยแรงกดอัดในเหล็กเสริมถึงจุดครากแล้ว แรงกระทำที่เพิ่มขึ้นจะถูกรองรับโดยคอนกรีต จากนั้น คอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมจะเริ่มแตกร้าว ถ้าระยะห่างของเหล็กปลอกเดี่ยวนี้น้อยเกินไป เมื่อคอนกรีตหุ้มถูกอัดแตกแล้ว เสาจะเกิดการวิบัติอย่างทันทีทันใด (abrupt failure) เพราะเหล็กเสริมหลักที่อยู่ระหว่างเหล็กปลอกเดี่ยวนั้นจะถูกกดอัดและโก่งเดาะทางข้างทันที ทำให้เสามีพฤติกรรมการวิบัติแบบเปราะ แต่ถ้าเหล็กปลอกเดี่ยวนั้นมีระยะห่างน้อยกว่าที่มาตรฐานการออกแบบกำหนดแล้ว กำลังรับแรงกดอัดของเสาจะค่อยๆ ลดลงภายหลังจากที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตกทำให้เสามีพฤติกรรมการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไป (progressive failure) มากขึ้น อย่างไรก็ดี ในทางทฤษฎีถือว่าเสานั้นไม่เหมาะที่จะใช้งานอีกต่อไปเมื่อคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมหลักถูกอัดแตก



รูปที่ 2 พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียว (Macgregor, 1997)



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม (วินิต ช่อวิเชียร, 2540)

การวิเคราะห์หาค่ากำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาต้น พิจารณาได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริมดังแสดงในรูปที่ 3 โดยกำหนดให้คอนกรีตมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุดเท่ากับ $0.85f'_{co}$ ที่ความเครียดกดอัดเท่ากับ 0.002 mm/mm (ACI committee 318-05) และให้คอนกรีตมีความเครียดกดอัดสูงสุดก่อนวิบัติเท่ากับ 0.003 mm/mm โดยกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียว (ก่อนที่คอนกรีตหุ้มถูกอัดแตก) มีค่าเท่ากับผลรวมของกำลังรับแรงกดอัดที่ได้จากคอนกรีตและเหล็กเสริมหลัก เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม ดังรูปที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อใช้เหล็กเสริมที่มีหน่วยแรงที่จุดคราก f_y (yield stress) อยู่ระหว่าง 300-400 MPa แล้ว เหล็กเสริมนั้นจะมีความเครียดที่จุดคราก (ϵ_y) เท่ากับ $0.0015\text{-}0.002 \text{ mm/mm}$ ซึ่งทำให้เหล็กเสริมหลักในเสาจะถูกกดอัดถึงจุดครากก่อนที่คอนกรีตถูกกดอัดจนถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น ก่อนที่คอนกรีตหุ้มจะถูกอัดแตก หน่วยแรงกดอัดของคอนกรีตจะถูกสมมุติให้มีค่า $0.85f'_{co}$ และหน่วยแรงกดอัดของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับหน่วยแรงคราก f_y ดังนั้น กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะหาได้จากสมการ

$$P = 0.85f'_{co}(A_g - A_s) + f_y A_s \quad (4)$$

เมื่อ A_g คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา
 A_s คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมหลัก
 f_y คือกำลังรับแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริมหลัก

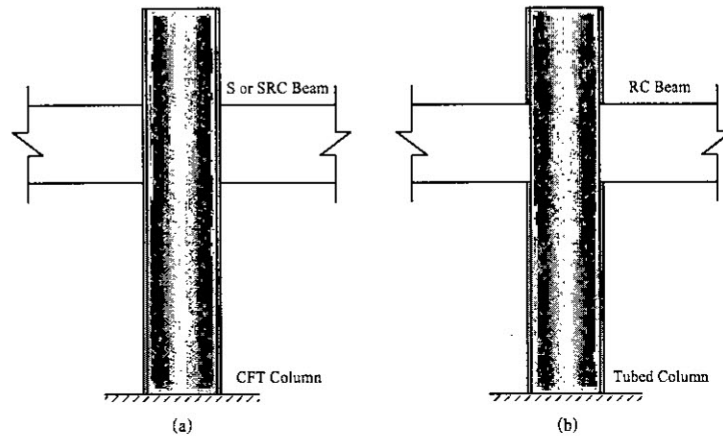
การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) สำหรับอาคารขนาดเล็กในประเทศไทย คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างมักถูกกำหนดให้มีกำลังรับแรงกดอัดสูงสุด (f'_{co}) อยู่ในช่วง 18-25 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนมักจะมี yield stress อยู่ในช่วง 300-400 MPa และเสามักมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่ขนาด 0.15-0.25 m และสูง 2.20-2.80 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแนวแกน (A_s) มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (A_g) ของเสา เสาคอนกรีตต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโค้งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยต้องมีขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 6 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ

9.2 เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) หรือเสา CFT เป็นเสาคอมโพสิต (composite column) หรือเสาเชิงประกอบที่ก่อสร้างโดยใช้ท่อเหล็กกลวงหรือปลอกเหล็กกลวง ซึ่งมีหน้าตัดทรงกลมหรือหน้าตัดสี่เหลี่ยมเป็นแบบหล่อและเทคอนกรีตลงในช่องว่างของปลอกเหล็กเพื่อใช้เป็นแกนของเสา โดยปลอกเหล็กได้ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับคอนกรีตเพื่อให้เกิด composite action โดยปลอกเหล็กอาจจะถูกออกแบบให้ทำหน้าที่หลักในการรองรับหน่วยแรงในแนวแกน (axial stress) ที่เกิดจากแรงกดอัดและโมเมนต์ดัด และ/หรืออาจจะถูกออกแบบให้รองรับหน่วยแรงตามขวาง (transverse stress) ที่เกิดจากแรงเฉือน และ/หรืออาจจะถูกออกแบบให้รองรับแรงดันเนื่องจากการขยายตัวของแกนคอนกรีตภายใต้แรงกดอัด ซึ่งทำให้เกิดการโอบรัด (confining effect) ต่อแกนคอนกรีต ในขณะเดียวกัน แกนคอนกรีตทำหน้าที่ช่วยปลอกเหล็กในการรองรับหน่วยแรงในแนวแกนบางส่วนและยังช่วยให้ปลอกเหล็กมีความต้านทานต่อการเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ของผนังของปลอกเหล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งผลของ composite action ข้างต้นทำให้เสา CFT มีข้อดีเหนือกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาเหล็กโครงสร้าง ทั้งในด้านความแข็งแรง (stiffness) กำลัง (strength) ความเหนียว (ductility) และการดูดซับพลังงาน (energy absorption) และส่งผลให้เสา CFT เป็นเสาที่ใช้ปริมาณเหล็กกลวง เมื่อเปรียบเทียบกับเสาเหล็กโครงสร้าง และปลอกเหล็กยังทำหน้าที่เป็นแบบหล่อและค้ำยัน ซึ่งทำให้การก่อสร้างดำเนินการได้ง่ายและช่วยทำให้ราคาก่อสร้างโครงสร้างลดลง ดังนั้น จากข้อดีข้างต้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เสา CFT จึงได้รับความนิยมและประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา จีน และญี่ปุ่น (Xiao et.al., 2005) โดยในสหรัฐอเมริกา เสา CFT ที่ใช้อาคารเดี่ยวและอาคารสูงปานกลางมักจะมีอัตราส่วนของความกว้างของเสาต่อความหนาของปลอกเหล็กอยู่ในช่วง 26 ถึง 48 และมีอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้างของเสาอยู่ในช่วง 5 ถึง 9 (Schneider, 1998)

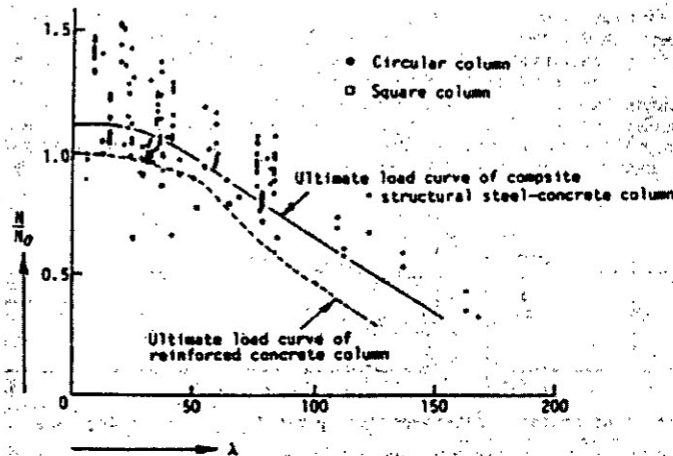
ในปัจจุบัน เสา CFT ถูกแบ่งตามลักษณะการออกแบบให้ปลอกเหล็กรองรับหน่วยแรงเป็น 2 แบบ ดังที่แสดงในรูปที่ 4 คือ 1.) ปลอกเหล็กทำหน้าที่หลักเป็นเหล็กแกน (longitudinal reinforcement) รองรับหน่วยแรงในแนวแกน โดยเสา CFT จะถูกก่อสร้างอย่างต่อเนื่องโดยมีความสูงหลายชั้นหรือสูงตลอดความสูงของอาคาร ดังที่แสดงในรูปที่ 4a ซึ่งเสา CFT แบบนี้จะรองรับแรงที่กระทำผ่านปลอกเหล็กและคอนกรีตร่วมกัน และมักถูกเรียกว่า “CFT column” และ 2.) ปลอกเหล็กทำหน้าที่หลักเป็นเหล็กเสริมในแนวขวาง (transverse reinforcement) โดยมีรายละเอียดของจุดเชื่อมต่อ การออกแบบ และการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังที่แสดงในรูปที่ 4b ซึ่งมักถูกเรียกว่า “Tubed column”



รูปที่ 4 เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต a.) CFT column และ b.) Tubed column

เสา CFT แบบแรกได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยจำนวนมากตั้งแต่ปี 1967 ทั้งในรูปการทดสอบและการทำ finite element analysis (Schneider, 1998) ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกเสนอโดย Schneider ในปี 1998 Sakino et. al. ในปี 2004 และ Xiao et. al. ในปี 2005 จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่า พฤติกรรมของเสา CFT ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลักได้แก่ อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนา (B/t) และอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้าง (L/B) รูปร่างหน้าตัดของปลอกเหล็ก และอัตราส่วนของกำลังของคอนกรีตต่อกำลังของเหล็ก โดยเสา CFT หน้าตัดสี่เหลี่ยมมีผลของการโอบรัดของปลอกเหล็กต่อแกนคอนกรีตต่ำกว่าเสา CFT หน้าตัดทรงกลม เนื่องจากผนังของปลอกเหล็กกลมจะต้านความดันจากการขยายตัวของคอนกรีตโดยอาศัยหน่วยแรงในแนวเส้นรอบวง (hoop stress) แต่ผนังของปลอกเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจะต้านความดันดังกล่าวโดยอาศัยความแข็งแกร่งต่อการดัด (flexural rigidity) ของผนังปลอกในรูปของ plate ซึ่งเมื่อผนังปลอกถูกกระทำโดยแรงกดอัดและแรงตามขวางพร้อมกันแล้ว ผนังปลอกจะเกิดการโก่งเคาะเฉพาะที่ (local buckling) ได้ง่าย ในปัจจุบัน การออกแบบเสา CFT ประเภทนี้ทำได้ตามมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ปี 2538 Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design (LRFD) ของ AISC ปี 1994 และ Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures ของ Architectural Institute of Japan ปี 1997 เป็นต้น โดยรายละเอียดของข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตจะถูกกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อที่ 9.5

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดสูงสุด (ultimate load) และ nominal slenderness ratio ของเสา CFT column และเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นเสาสั้นหน้าตัดกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าภายใต้แรงกดอัดตรงศูนย์กลางในแนวแกน โดย ultimate load หรือ N ได้ถูก normalized โดยการหารด้วย nominal axial load capacity หรือ N_o ซึ่งเป็นผลรวมของกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตและเหล็ก โดยค่าต่ำสุดของ radius of gyration ที่ใช้ในการคำนวณ nominal slenderness ratio หรือ λ เท่ากับ 0.25 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสากลม หรือ 0.29 เท่าของความกว้างด้านนอกของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า จากรูป จะเห็นได้ว่า ultimate load ของเสาน้ำตัดกลมมีค่ามากกว่า nominal axial load capacity มาก เนื่องจากผลของ strain-hardening ของปลอกเหล็กและผลการโอบรัดของปลอกเหล็ก โดยจะมีค่าลดลงเมื่อ nominal slenderness ratio หรือความยาวของเสามีค่าเพิ่มขึ้น โดยการโอบรัดของปลอกเหล็กจะไม่เพิ่ม ultimate load ของเสาเมื่อ nominal slenderness ratio มีค่ามากกว่า 44.3

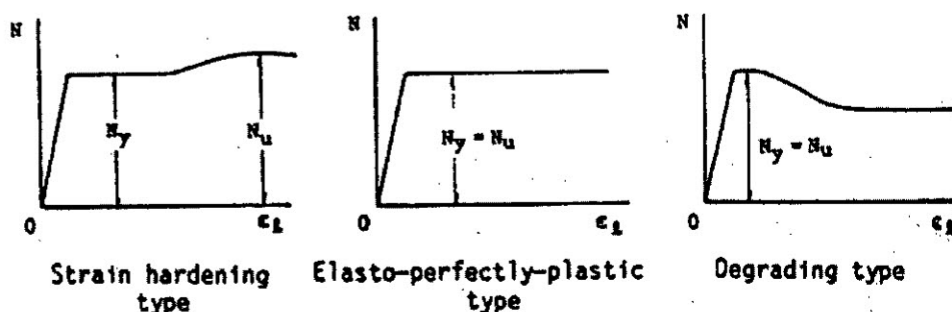


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ultimate load และ nominal slenderness ratio

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992)

การเพิ่มขึ้นของ ultimate load ของเสา CFT สัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น รูปปร่างและขนาดของปลอกเหล็กและคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ในปี 1977 Tomii et.al. ได้ทำการทดสอบเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตสั้นภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนที่มี slenderness ratio น้อยกว่า 36 จำนวน 270 ตัวอย่าง โดยเสาที่ศึกษามีหน้าตัดกลม หน้าตัดแปดเหลี่ยม และหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยตัวอย่างทดสอบได้ถูก annealing เพื่อศึกษาถึงผลของ strain hardening ที่มีต่อ ultimate load ของเสา ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกนและความเครียด ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปปร่างหน้าตัด อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนา และกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีต โดยพฤติกรรมการรับกดอัดของเสาดังกล่าวถูกแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ 1. strain-hardening 2. elastic-perfectly plastic และ 3. degrading ดังที่แสดงในรูปที่ 6 โดยที่ความสัมพันธ์แบบ strain-hardening และแบบ elastic-perfectly plastic มักเกิดขึ้นในเสาที่มีหน้าตัดกลมและเสาน้ำตัดแปดเหลี่ยม และแบบ degrading มักเกิดขึ้นในเสาน้ำตัดกลมและเสาน้ำตัดแปดเหลี่ยมบางส่วน

แนวคิดของแรงคราก (yielding load) N_y ได้ถูกนำเสนอเป็นกำลังของเสา CFT แทน ultimate load ของเสา ซึ่งมีปัญหาขึ้นอยู่กับ slenderness ratio และความหนาของปลอกเหล็กอย่างมากและมักมีค่าที่ค่อนข้างกระจายตัวมาก เมื่อตัวแปรทั้งสองมีค่าเปลี่ยนแปลง จากการทดสอบพบว่า yielding load ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า slenderness ratio น้อยมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.25 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาน้ำตัดกลม และมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.15 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาน้ำตัดแปดเหลี่ยม และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 1.1 เท่าของ nominal axial load capacity ของเสาน้ำตัดด้านเท่า โดยใช้ plastic theory Tomii et.al. ได้เสนอ semiempirical formula ในการคำนวณหา yielding load ของเสาดังกล่าว



รูปที่ 6 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกนและความเครียดของเสา

(Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992)

ในการนำมาใช้งานจริง ในประเทศญี่ปุ่น เสา CFT มักถูกใช้ในเฟรมรับโมเมนต์ (moment frame) ซึ่งมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 700 mm โดยไม่ใช้ตัวถ่ายแรงเฉือน (shear connector) ภายในปลอกเหล็ก เพื่อทำการถ่ายเทแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็ก แต่ในสหรัฐอเมริกา เสาประเภทนี้มักถูกใช้ในเฟรมที่มีการค้ำยัน (braced frame) โดยมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1000 mm และคอนกรีตที่ใช้มักเป็นคอนกรีตกำลังสูงเพื่อให้เสามีความแข็งแรงสูงสุด และอาจจะมีการใช้ shear connector เพื่อถ่ายเทแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็กในบางกรณี ในประเทศไทย เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีตได้ถูกนำมาใช้ในงานบางประเภท เช่น ใช้เป็นเสาเข็ม micropile เพื่อใช้ในการแก้ไขการทรุดตัวของอาคารในหลายพื้นที่ เช่น ในการซ่อมอาคารศูนย์เครื่องมือ F5 และอาคารหอพักนักศึกษา S7 และ S9 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นต้น โดยปลอกเหล็กที่ใช้ในงานลักษณะนี้จะเป็นปลอกเหล็กกลมกลวง

แนวคิดของเสา CFT แบบที่สองได้ถูกนำเสนอโดย Tomii et. al. ในปี 1985 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ปลอกเหล็กของเสา CFT รองรับแรงกระทำตามขวางและโมเมนต์เนื่องจากแผ่นดินไหว ซึ่งเสาประเภทนี้มักถูกเรียกว่า “Tubed column” โดยแรงกระทำจะกระทำผ่านแกนคอนกรีตเสริมเหล็กและปลอกเหล็กไม่ได้ ถูกออกแบบให้รองรับหน่วยแรงในแนวแกนโดยตรง โดยการเว้นช่องว่างระหว่างปลอกเหล็กกับท้องคานหรือฐานรากที่ปลายทั้งสองของเสา ดังนั้น ภายใต้แรงกระทำ ปลอกเหล็กทำหน้าที่เป็นปลอก (jacket) ห่อหุ้มแกนของเสา คอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งช่วยเพิ่มกำลังรับหน่วยแรงในแนวแกนและความเหนียวของเสาให้สูงขึ้น นอกจากนั้นแล้ว แนวคิดนี้ยังได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการเสริมกำลังและซ่อมแซมเสา คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยการเชื่อมปลอกเหล็ก (steel jacket) เพื่อรัดรอบเสา คอนกรีตเสริมเหล็กและทำการอัดมอร์ต้า (mortar) เพื่อปิดช่องว่างระหว่างปลอกเหล็กและเสา ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกนำเสนอโดย Priestley et. al. ในปี 1994 อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การศึกษาเกี่ยวกับ Tubed column มีค่อนข้างน้อย และเป็นการศึกษาเสาหน้าตัดกลมและถูกกระทำโดยแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวเป็นหลัก นอกจากนั้นแล้ว จากการที่ Tubed column ถูกกระทำโดยแรงผ่านแกนคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้น Tubed column จึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของเสาที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมกำลังให้กับเสา คอนกรีตและเสา คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีอยู่แล้ว ซึ่งการเสริมกำลังจะทำได้โดยการห่อหุ้มเสาดังกล่าวด้วยปลอกเหล็ก โดยการรัดรอบระหว่างปลอกเหล็กและเสาจะทำให้เกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น การอัด grout ประเภท expansive เข้าไปในรอยเชื่อมต่อระหว่างปลอกเหล็กและเสา หรือการใช้สลักเกลียวในการรัดปลอกเหล็กให้เข้ากับเสาโดยตรง ดังนั้น ด้วยเหตุผลข้างต้น กอปรกับมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. 1008-38 และข้อกำหนดของ AISC LRFD 1994 มีความแตกต่างกันในการกำหนดความหนาต่ำสุดที่ต้องใช้ในเสา CFT และแนวคิดของสมการออกแบบ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาพฤติกรรมทางโครงสร้างของ Tubed column เพิ่มเติม เพื่อที่จะพัฒนา Tubed column ให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของการวิเคราะห์หาความสามารถในการเสริมกำลังของปลอกเหล็กใน Tubed column อันเนื่องมาจากการห่อหุ้มของปลอกเหล็กที่มีต่อเสา คอนกรีตและเสา คอนกรีตเสริมเหล็ก

9.3 ผลการไต่สวนทางด้านข้อพฤติกรรมของคอนกรีต

พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตถูกหาได้โดยการทดสอบแรงกดอัดตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ เช่น มาตรฐาน ASTM C39 เป็นต้น ซึ่งถูกแสดงในรูปของแผนภาพหน่วยแรงและความเครียด การทดสอบดังกล่าวเป็นการให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตอยู่ในสภาวะหน่วยแรงแบบแกนเดียว (uniaxial state of stress) อย่างไรก็ตาม ในสภาพการใช้งานจริง เช่น ในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาเชิงประกอบ เป็นต้น คอนกรีตมักถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนและโมเมนต์ดัด ทำให้เนื้อคอนกรีตที่อยู่ในบริเวณแกนของเสาถูกกระทำโดยหน่วยแรง ซึ่งอยู่ในสภาวะหน่วยแรงแบบหลายแกน (multiaxial state of stresses) โดยที่สภาวะหน่วยแรงแบบแกนเดียวตามลักษณะการทดสอบเป็นเพียงหนึ่งในสภาวะหน่วยแรงแบบหลายแกนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างเท่านั้น และเนื่องจากพฤติกรรมการรับแรงของคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของหน่วยแรงทางด้านข้างที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ดังนั้น การรู้พฤติกรรมของคอนกรีตภายใต้การกระทำของหน่วยแรงประเภทต่างๆ จึงมีความสำคัญในการออกแบบของค้ำอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

คอนกรีตเป็น frictional material ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลที่ไวต่อแรงกระทำทางด้านข้าง ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน คอนกรีตจะเกิดการขยายตัวออกทางด้านข้างเนื่องจาก Poisson's effect และถูกด้านทานหรือโอบรัดโดยวัสดุที่ห่อหุ้ม เช่น ป्लอกเหล็กกลวงที่อยู่ภายนอกในกรณีของเสาเชิงประกอบ และเหล็กปลอกหรือเหล็กเสริมทางขวางในกรณีของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น ซึ่งเป็นผลทำให้เกิด composite action ระหว่างปลอกเหล็กและคอนกรีตในรูปของการถ่ายแรงระหว่างปลอกเหล็กและคอนกรีตและ confining effect ขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้เสาในลักษณะดังกล่าวมีกำลังและความเหนียว (ductility) เพิ่มขึ้นจากเสาคอนกรีต

9.3.1 ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ

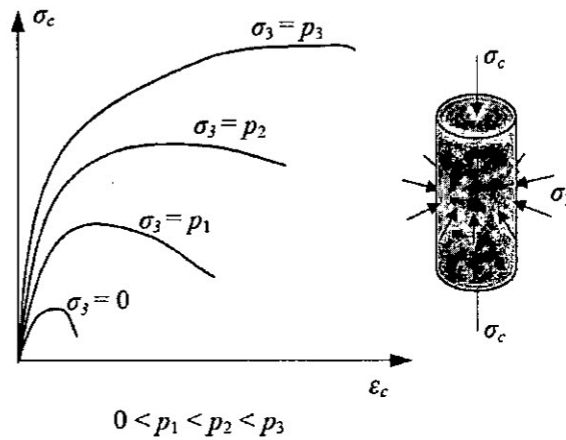
การศึกษาผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ (normal strength concrete) ได้ถูกศึกษาเป็นจำนวนมาก เช่น Richart et al. (1928) และ Mills และ Zimmerman (1970) เป็นต้น ในช่วงเริ่มต้น Richart et al. (1928) เป็นบุคคลแรกที่ได้ทดสอบให้เห็นผลของการโอบรัดคอนกรีตที่ทำให้คอนกรีตมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุด ความแกร่ง และความเครียดที่หน่วยแรงกดอัดสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และแรงกระทำทางด้านข้าง (lateral load) โดยให้แรงกระทำทางด้านข้างมีค่าที่เปลี่ยนแปลงได้โดยใช้ความดันของของเหลว หรือเรียกอีกชื่อว่า active confinement และในปีต่อมา Richart et al. ได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกที่ถูกโอบรัดด้วย continuous steel spiral ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน หรือเรียกอีกชื่อว่า passive confinement โดยพบว่าผลการทดสอบในกรณีของ active confinement มีลักษณะเช่นเดียวกับกรณี passive confinement ถ้าระยะห่างระหว่าง spiral มีค่าน้อยๆ และได้ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ความดันทางด้านข้างค่าต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 7 จากรูปจะเห็นได้ว่า ภายใต้หน่วยแรงโอบรัด (confining stress) ที่เพิ่มขึ้น คอนกรีตจะมีหน่วยแรงกดอัดสูงสุดสูงขึ้น และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้มากขึ้นก่อนเกิดการวิบัติ นอกจากนี้การวิบัติจะเป็นการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไปมากขึ้น เนื่องจากคอนกรีตภายใต้หน่วยแรงโอบรัดมีความเหนียว (ductility) เพิ่มขึ้น โดยจากการทดสอบ Richart et al. ได้เสนอสมการทำนายกำลังด้านทานแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตเนื่องจากแรงกระทำทางด้านข้างในรูป

$$f'_{cc} = f'_{co} + k_1 f_1 \quad (5)$$

เมื่อ f'_{cc} คือ กำลังด้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อมีแรงดันรอบข้าง

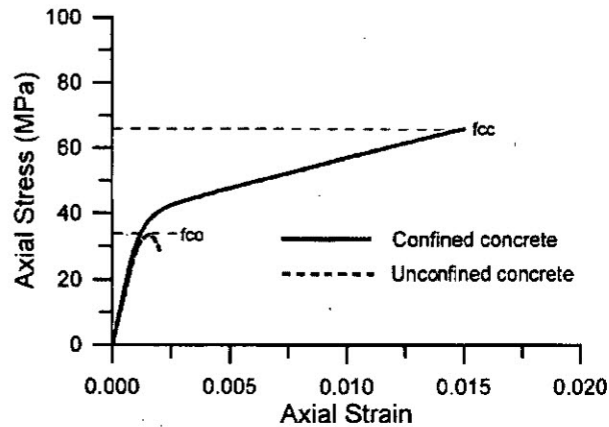
f'_{co} คือ กำลังด้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อไม่มีแรงดันรอบข้าง

- f_1 คือ ความดันรัศรอบ (confining pressure)
 k_1 คือ confinement effectiveness coefficient มีค่าเท่ากับ 4.1



รูปที่ 7 ผลของหน่วยแรงโอบรัดต่อพฤติกรรมกรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีต
 (Johansson, 2000)

รูปที่ 8 เป็นกราฟตัวอย่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกปกติและคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกห่อหุ้มขึ้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต จากรูป พฤติกรรมกรับแรงกดอัดในแนวแกนของแท่งคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนโดยที่ ในช่วงแรก กราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตทั้งสองกรณีมีลักษณะที่เหมือนกันจนถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุด f'_{co} เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีค่า Poisson's ratio ที่ต่ำ ทำให้การขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตมีค่าน้อยมาก เป็นผลทำให้ไม่มี composite action เกิดขึ้นระหว่างคอนกรีตและชิ้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต และคอนกรีตจึงเป็นวัสดุหลักในการรับแรงกดอัด ในช่วงที่สอง หลังจากคอนกรีตถึงกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดแล้ว คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวอย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้ความเครียดในคอนกรีตเพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็วกว่าหน่วยแรง ดังนั้น slope ของกราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ถูกรัดรอบจึงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง กราฟความสัมพันธ์จะเป็นเส้นตรงอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากการแตกร้าวอย่างต่อเนื่องทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวทางด้านข้างเพิ่มขึ้นจนทำให้เกิด composite action ระหว่างคอนกรีตและชิ้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต และถ้าชิ้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีตมีกำลังและความแข็งแรงเพียงพอแล้ว คอนกรีตจะถูกกระทำโดยความดันรัศรอบ (confining pressure) ซึ่งทำให้คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มขึ้นส่วนที่ห่อหุ้มคอนกรีต มีพฤติกรรมเหมือนวัสดุเหนียว (ductile material) จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ



รูปที่ 8 กราฟตัวอย่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีต
รูปทรงกระบอกที่ถูกรัดรอบและไม่ถูกรัดรอบ (Lin และ Chen, 2001)

9.3.2 ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังสูง

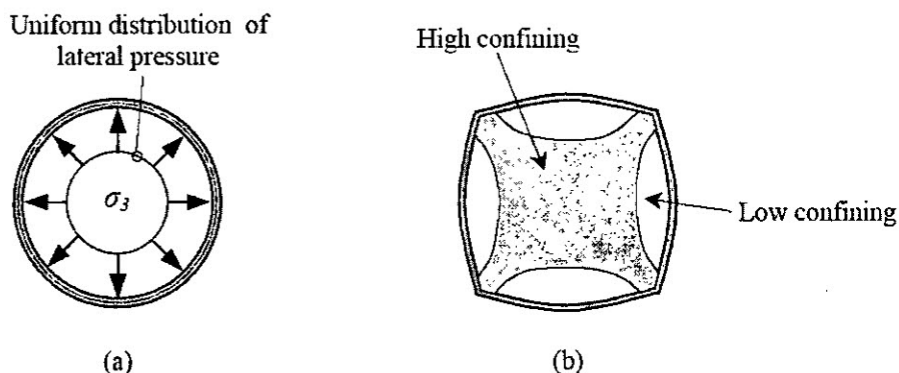
สำหรับคอนกรีตกำลังสูง (high-strength concrete) Attard *et al.* ในปี 1996 ได้ทำการศึกษาโดยการทดสอบแท่งคอนกรีตประเภทดังกกล่าวภายใต้หน่วยแรงโอบรัดซึ่งมีค่าไม่มากนัก และ Ansari และ Li ในปี 1998 ได้ทำการทดสอบแท่งคอนกรีตประเภทดังกกล่าวภายใต้หน่วยแรงโอบรัดที่มีค่าสูงถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้ศึกษา จากผลการศึกษาทั้ง 2 กรณีพบว่า ผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังสูงมีค่าน้อยกว่าที่เกิดขึ้นในคอนกรีตกำลังปกติ ซึ่งจากศึกษาพบว่า สำหรับคอนกรีตกำลังสูงและคอนกรีตมวลเบา ค่า k_1 ในสมการที่ 2.4 ควรมีค่าลดลงจาก 4.1 เหลือ 2.0 โดยคอนกรีตกำลังสูงจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับค่าของแรงโอบรัดที่กระทำต่อคอนกรีต

9.4 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก

สภาวะหน่วยแรงในสามแกน (triaxial stresses) ในคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยหลายท่าน เช่น Gardner และ Jacobson ในปี 1967, Tomii *et al.* ในปี 1977, Orito *et al.* ในปี 1987 (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1992) และ Schneider ในปี 1998 จากการศึกษาพบว่า คอนกรีตที่ถูกโอบรัดแบบ passive confinement โดยปลอกเหล็กจะมีพฤติกรรมแตกต่างจากคอนกรีตที่ถูกโอบรัดแบบ active confinement โดยขึ้นอยู่กับขนาดของการเปลี่ยนรูปร่างตามขวางของแกนคอนกรีตภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน และความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของปลอกเหล็ก อย่างไรก็ตาม ผลของการโอบรัดต่อคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นแบบ passive confinement หรือแบบ active confinement จะมีลักษณะที่เหมือนกันตามที่ได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อที่ 9.3.1

คอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กกลวงที่มีขนาดสั้นถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะมีกำลังที่จุดวิบัติสูงกว่าผลรวมของกำลังของปลอกเหล็กรวมกับกำลังของคอนกรีต จากการศึกษาของ Schneider พบว่า ปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลม (circular steel jacket) มีความสามารถในการโอบรัดต่อคอนกรีตมากกว่าปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular steel jacket) เนื่องจากปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลมทำให้เกิด effective hoop tension ที่ทำให้เกิดหน่วยแรงรัดรอบที่สม่ำเสมอ ดังที่แสดงในรูปที่ 9(a) มากกว่าหน่วยแรงรัดรอบของปลอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านของหน้าตัดที่เรียบ ซึ่งมีความแรงต่อการดัดที่ไม่เพียงพอในการต้านทานต่อแรงดันเนื่องจากการขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตที่กระทำตั้งฉากกับด้านของหน้าตัดดังกล่าว ดังนั้น การโอบรัดโดยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นเฉพาะกับคอนกรีตด้านในของแกนเสา และที่มุม

ของหน้าตัดเสา ดังที่แสดงโดยพื้นที่ระบายสีทึบของรูปที่ 9(b) โดยความดันโอบรัดที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดคอนกรีต



รูปที่ 9 การกระจายของหน่วยแรงโอบรัด (a) ป्लอกเหล็กที่มีหน้าตัดกลม
(b) ป्लอกเหล็กที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม (Johansson, 2000)

9.4.1 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กหน้าตัดกลม

ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ความดันโอบรัด (confining pressure, f_1) หรือหน่วยแรงโอบรัดในเสาคอนกรีตหน้าตัดทรงกลมมีค่าคงที่รอบเส้นรอบวงของหน้าตัด เมื่อปลอกเหล็ก (steel jacket) ถึงจุดคราก (yielding) ความดันโอบรัดดังกล่าวจะมีค่าสูงสุด โดยหาได้จาก

$$f_1 = \frac{2\sigma_j t}{D} = \frac{2E_s \varepsilon_j t}{D} \quad (6)$$

เมื่อ σ_j คือ หน่วยแรงทางขวาง (hoop stress) ของปลอกเหล็ก
 E_s คือ modulus of elasticity ของปลอกเหล็ก
 ε_j คือ ความเครียดทางขวาง (hoop strain) ของปลอกเหล็ก
 t คือ ความหนาของปลอกเหล็ก
 D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนคอนกรีตหน้าตัดทรงกลมที่ถูกโอบรัด

ระดับของการโอบรัดที่ได้จากปลอกเหล็กถูกแสดงอยู่ในรูปของอัตราส่วนการโอบรัด (confinement ratio, CR) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความดันโอบรัดสูงสุด (f_1) และกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ไม่ถูกโอบรัด (compressive strength of unconfined concrete, f'_{co}) หรือ

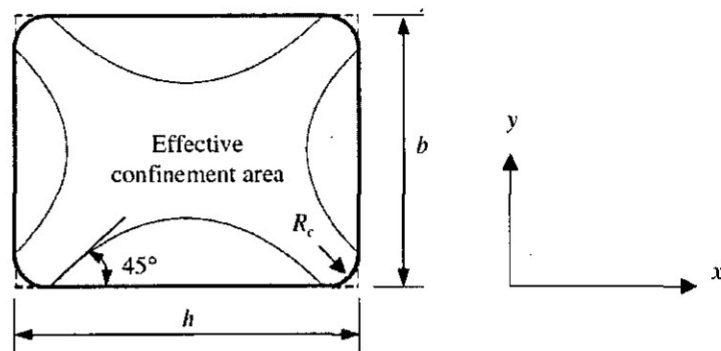
$$CR = \frac{f_1}{f'_{co}} \quad (7)$$

จากการศึกษาพบว่า เมื่อความหนาของปลอกเหล็กมีค่ามากกว่าค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้กำลังรับแรงกดอัดและความเครียดในแนวแกนของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยปลอกเหล็กมีค่าสูงสุดที่จุดเดียวกัน ซึ่งทำให้ผลของการโอบรัดมีค่าสูงสุดแล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยปลอกเหล็กจะเป็นแบบ bilinear ดังที่แสดงในรูปที่ 8 อย่างไรก็ตาม ถ้าความหนาของปลอกเหล็กมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าวแล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มโดยปลอกเหล็กจะเป็นแบบกราฟความสัมพันธ์ของคอนกรีตปกติ ซึ่งกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดจะถึงก่อนการคราก (yielding) ของปลอกเหล็ก ซึ่งทำให้ผลของการโอบรัดมีค่าไม่สูงสุด โดยที่ขนาดหน้าตัดของปลอก

เหล็กที่ทำให้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นแบบ bilinear นั้น จะเป็นขนาดที่ทำให้ค่า confinement ratio, (f_l / f'_{co}) มีค่ามากกว่า 0.07 (Lam and Teng, 2003)

9.4.2 ผลการโอบรัดต่อเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยม

รูปที่ 10 แสดงพื้นที่ของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็กของเสาคอนกรีตหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมที่มีหน้าตัดกว้าง b และลึก h ซึ่งมุมของปลอกเหล็กดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะมน โดยมีรัศมี R_c เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการโอบรัดที่เกิดขึ้นในแกนคอนกรีต จากการศึกษาของ Park และ Paulay ในปี 1975, Mander et al. ในปี 1988, Cusson และ Paultre ในปี 1995 (Lam และ Teng, 2003) พบว่า แกนคอนกรีตจะถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็กภายนอกโดยการเกิด arching action ในปลอกเหล็กซึ่งพื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล (effective confinement area) ของคอนกรีตดังกล่าวจะอยู่ภายในกรอบพาราโบลา 4 ด้านที่ตัดกับขอบของหน้าตัดเสาที่มุมประมาณ 45° และเนื่องจากการโอบรัดที่เกิดขึ้นมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดของแกนคอนกรีต ดังนั้น ที่ความเครียดในแนวแกนค่าหนึ่งที่เกิดขึ้นบนเสาดังกล่าว หน่วยแรงที่ถูกรองรับโดยคอนกรีตจะมีค่าไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัด ซึ่งทำให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดเสาถูกประมาณให้อยู่ในรูปของหน่วยแรงในแนวแกนเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงกระทำหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของเสา



รูปที่ 10 คอนกรีตที่ถูกโอบรัดในเสาน้ำตัดรูปสี่เหลี่ยม (Lam และ Teng, 2003)

9.4.3 แบบจำลองของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกหน้าตัดสี่เหลี่ยม

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้นักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดในเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งทำให้ได้แบบจำลองของกำลังรับแรงกดอัดและความเครียดสูงสุดในแนวแกนต่างๆ จากการทดสอบงานที่เกี่ยวข้องพบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแบบจำลองของกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่สำคัญ 4 แบบจำลอง โดย Restrepo และ De Vito ในปี 1996, Mirmiran et al. ในปี 1998, ACI Committee 440 ในปี 2002 และ Campione และ Miraglia ในปี 2003 (Lam และ Teng, 2003) ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะแบบจำลองของ ACI Committee 440 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าเป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากองค์กรที่มีชื่อเสียงทางด้านคอนกรีตมากที่สุดแห่งหนึ่งและได้มีการนำไปใช้งานแล้วอย่างกว้างขวาง

สำหรับเสาคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยม ACI Committee 440 ได้เสนอให้ทำการเปลี่ยนหน้าตัดเสาจากหน้าตัดสี่เหลี่ยมให้เป็นหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลกัน โดยใช้อัตราส่วนรูปร่าง (shape factor, k_s) สำหรับการพิจารณาผลของการโอบรัดที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่ง shape factor ได้ถูกนิยามให้เป็นอัตราส่วนของพื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล (effective confinement area) ต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

โดยสมมติให้พื้นที่การโอบรัดประสิทธิผล เป็นพื้นที่ของคอนกรีตที่อยู่ภายในกรอบพาราโบลา 4 ด้านที่ตัดกับขอบของหน้าตัดเสาที่มุม 45° ดังที่แสดงในรูปที่ 10 โดยที่สมการของ shape factor (k_s) จะเขียนได้ในรูป

$$k_s = \frac{A_e}{A_c} = \frac{1 - ((b - 2R_c)^2 + (h - 2R_c)^2) / 3A_g - \rho_{sc}}{1 - \rho_{sc}} \quad (8)$$

เมื่อ A_e คือ พื้นที่การโอบรัดประสิทธิผลของคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยม

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

A_g คือ พื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีต มีค่าเท่ากับ $bh - (4 - \pi)R_c^2$

ρ_{sc} คือ ปริมาณเหล็กเสริม (cross-sectional area ratio) ของเหล็กเสริมในแนวแกน

ในสมการที่ 8 ปริมาณเหล็กเสริมของเหล็กเสริมในแนวแกน (ρ_{sc}) ของเสาที่อยู่นอกพื้นที่รับความดันโอบรัดจะถูกหักลบออกจากพื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีตเป็นสองเท่า

ในแบบจำลองนี้ เสาหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลจะถูกนิยามเป็นเสาที่มีอัตราปริมาตร (volumetric ratio) ของเหล็กที่เท่ากับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมเดิม ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลหาได้จากสมการ

$$D = \frac{2bh}{b+h} \quad (9)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาหน้าตัดทรงกลม

b คือ ความกว้างของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม

h คือ ความลึกของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม

จากสมการที่ 9 ค่าความดันโอบรัดของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมจะถูกหาโดยการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาหน้าตัดทรงกลมที่สมมูลลงในสมการที่ 6 นอกจากนี้ Mirmiran et al. (1998), ACI Committee 440 (2002), และ Campione และ Miraglia (2003) ได้เสนอให้ปรับแก้ค่าความดันโอบรัดของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมอีกครั้ง โดยใช้ค่า shape factor (k_s) เพื่อปรับความดันโอบรัดของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเรียกความดันโอบรัดที่ผ่านการปรับแก้ว่า ความดันโอบรัดประสิทธิผล (effective confining pressure) ของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$f'_1 = k_s f'_1 \quad (10)$$

เมื่อ f'_1 คือ ความดันโอบรัดประสิทธิผลของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม

k_s คือ อัตราส่วนรูปร่าง (shape factor) จากสมการที่ 8

f_1 คือ ความดันโอบรัด จากสมการที่ 6

แบบจำลองของ ACI Committee 440 มีพื้นฐานมาจากแบบจำลองที่ถูกเสนอโดย Mander et al. (1988) ซึ่งเป็นบุคคลแรกที่ได้พัฒนาวิธี unified stress-strain approach สำหรับทำนายกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็ก โดยสมการดังกล่าวสามารถใช้ได้ทั้งคอนกรีตที่มีหน้าตัดทรงกลมและคอนกรีตที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางที่สุดแบบจำลองหนึ่ง โดย Mander ได้แนะนำสมการดังกล่าวอยู่ในรูปสมการแบบไร้เชิงเส้นตรง (nonlinear) โดยเขียนได้ในรูป

$$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f'_1}{f'_{co}}} - 2 \frac{f'_1}{f'_{co}} - 1.254 \quad (11)$$

เมื่อ f'_{cc} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อมีแรงดันด้านข้าง

f'_{co} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแกนของคอนกรีต เมื่อไม่มีแรงดันด้านข้าง

นอกจากนั้นแล้ว ACI Committee 440 ยังได้แนะนำให้สมการที่ใช้ในการทำนายค่าสูงสุดของความเครียดในแนวแกนสูงสุดของคอนกรีตเนื่องจากการโอบรัด ϵ_{cu} อยู่ในรูป

$$\epsilon_{cu} = \frac{1.71(5f'_{cc} - 4f'_{co})}{E_c} \quad (12)$$

เมื่อ E_c คือ modulus of elasticity ของคอนกรีตที่ไม่ถูกโอบรัด

9.5 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับ Tubed concrete column และ Tubed RC column

Tubed concrete column และ Tubed RC column เป็นเสาเชิงประกอบ (composite column) ที่อยู่ในรูปแบบเสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column) ในการออกแบบเสาดังกล่าวมีมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องที่ใช้สำหรับประเทศไทยโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (ว.ส.ท.) คือ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38) ซึ่งได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 4314 องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงกดอัด โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังนี้

(ก) องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงกดอัดให้รวมถึงองค์อาคารเสริมเหล็กตามยาวด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ปลอกกลมหรือท่อเหลี่ยม ซึ่งอาจมีเหล็กเส้นตามยาวหรือไม่ก็ได้

(ข) กำลังขององค์อาคารเชิงประกอบให้คำนวณหาโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป

(ค) กำลังในการรับแรงตามแนวแกนใดๆ ที่กำหนดให้รับโดยคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องถ่ายผ่านเข้าไปในคอนกรีตโดยองค์อาคารหรือเป็นหูช้างในลักษณะแบกทานโดยตรงลงบนคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบนั้น

(ง) กำลังรับแรงตามแนวแกนทั้งหมดที่ไม่ได้กำหนดให้รับโดยคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องถ่ายผ่านโดยตรงด้วยจุดต่อไปยังเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม

(ฉ) เหล็กโครงสร้างหุ้มแกนคอนกรีต

1. ความหนาของเหล็กซึ่งหุ้มแกนคอนกรีตขององค์อาคารเชิงประกอบต้องไม่น้อยกว่า

$$B \sqrt{\frac{f_y}{3E_s}} \quad \text{สำหรับแต่ละด้านซึ่งความกว้างเท่ากับ } B \quad (13)$$

$$\text{หรือ } \frac{B}{t} \leq \sqrt{\frac{3E_s}{f_y}}$$

และต้องไม่น้อยกว่า

$$D \sqrt{\frac{f_y}{8E_s}} \quad \text{สำหรับหน้าตัดกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ } D \quad (14)$$

$$\text{หรือ } \frac{D}{t} \leq \sqrt{\frac{8E_s}{f_y}}$$

เมื่อ E_s คือค่า modulus of elasticity ของเหล็กและ f_y คือ yielding stress ของเหล็ก

2. เหล็กเส้นตามยาวที่อยู่ภายในแกนคอนกรีตที่ถูกหุ้มอาจนำมาพิจารณาในการคำนวณหาค่าเนื้อที่ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (A_t) ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยมในหน้าตัดเชิงประกอบและโมเมนต์อินเนอร์เซียของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม รอบแกนศูนย์กลางของหน้าตัดองค์อาคารเชิงประกอบ (I_t)

นอกจากนั้นแล้ว จากการทบทวนเอกสารในการออกแบบที่สำคัญอีกเอกสารหนึ่งคือ Manual of Steel Construction: Load and Resistant Factor Design (LRFD) ของ American Institute of Steel and Construction (AISC) พบว่า AISC LRFD ปี 1994 ได้กำหนดให้เสาปลอกเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube) ต้องมีอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของปลอกเหล็กต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสาเชิงประกอบหรือ $\rho_{sc} = A_s / A_g$ มีค่าได้ไม่น้อยกว่า 4% (AISC LRFD, 1994) และอัตราส่วน B/t สำหรับปลอกเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมจะต้องเป็นไปตามสมการ

$$\frac{B}{t} \leq \sqrt{\frac{2E_s}{f_y}} \quad (15)$$

ซึ่งสมการที่ 15 นี้จะให้ค่า B/t ค่าสุดที่กำหนดให้ใช้ในเสาเชิงประกอบต่ำกว่าค่าที่กำหนดโดยข้อกำหนดของ ว.ส.ท. $\sqrt{3/2} = 1.225$ เท่า ดังนั้น ถ้ากำหนดให้เสา CFT หน้าตัดสี่เหลี่ยมมีความกว้างของหน้าตัด B เท่ากันแล้ว ข้อกำหนด AISC LRFD จะให้ความหนาของปลอกเหล็กมากกว่าข้อกำหนดของ ว.ส.ท.

ในส่วนของการคำนวณกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาเชิงประกอบ AISC LRFD 1994 กำหนดให้คำนวณหาโดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับองค์อาคารเหล็กโครงสร้างทั่วไป ยกเว้น ค่ากำลังและความแกร่งของวัสดุจะถูกแปลงเพื่อพิจารณาผลของ composite action ระหว่างคอนกรีตและปลอกเหล็ก โดย AISC LRFD ได้กำหนดให้สมการในการคำนวณกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาเชิงประกอบจากหน่วยแรงวิกฤติ (critical stress) F_{cr} ซึ่งอยู่ในรูป

$$P_{cr} = A_s F_{cr} \quad (16)$$

เมื่อ A_s คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของปลอกเหล็กและ F_{cr} หาได้จากสมการ

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F_{my} \quad \text{สำหรับ } \lambda_c \leq 1.5 \quad (17)$$

$$F_{cr} = (0.877 / \lambda_c^2) F_{my} \quad \text{สำหรับ } \lambda_c > 1.5 \quad (18)$$

เมื่อ $\lambda_c = \sqrt{\frac{F_{my}}{F_E}} = \left(\frac{KL}{r_m \pi} \right) \sqrt{\frac{F_{my}}{E_m}}$ คือ column slenderness parameter

F_E คือ Euler buckling stress ของเสา

r_m คือ radius of gyration ของปลอกเหล็ก

KL คือ ความยาวประสิทธิผลของเสา

$$E_m = E_s + 0.40 E_c \frac{A_c}{A_s} \quad \text{คือ modified elastic modulus ของเสา}$$

$$F_{my} = f_y + 0.85 f'_{co} \frac{A_c}{A_s} \quad \text{คือ modified yield strength ของเสา}$$

- ACI Committee 318 (2005). Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary. Farmington Hills: ACI Committee 318R-05.
- ACI Committee 440 Report (2002). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI Committee 440, Technical Committee Document 440.2R-02.
- American Institute of Steel Construction (1994). Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design (LRFD). 2nd Ed., Chicago.
- Architectural Institute of Japan (1997). Recommendations for Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tubular Structures, AIJ. Tokyo, Japan.
- Ansari, F., and Li, Q. (1998). High Strength Concrete Subjected to Triaxial Compression. ACI Materials Journal. 95(6): 747-755.
- ASTM A276-03 (2003). Standard Specifications for Stainless Steel Bars and Shapes. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM A370-03 (2003). Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C39-96 (1996). Standard Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C192-98 (1994). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C469-94 (1994). Standard Test Methods for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM E8-98 (1998). Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Attard, M.M. and Setung, S. (1996). Stress-Strain Relationship of Confined and Unconfined Concrete. ACI Materials Journal. Title no.93-M49: 432-442.
- Huang, C.S., Yeh, Y.K., Liu, G.Y., Hu, H.T., Tsai, K.C., Weng, Y.T., Wang, S.H. and Wu, M.H. (2002). Axial load Behavior of Stiffened Concrete Filled Steel Columns. Journal of Structural Engineering, ASCE. 128(9): 1222-1230.
- Johansson, M. (2000). Structural Behavior of Circular Steel-Concrete Composite Columns, [Licentiate Thesis]. Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden.
- Johansson, M. and Gylltoft, K. (2001). Structural Behavior of Slender Circular Steel-Concrete Composite Columns under Various Means of Load Application. Steel and Composite Structures. 1(4):393-410.

- Lam, L. and Teng, J.G. (2003). Design-oriented Stress-Strain Model for FRP-confined Concrete in Rectangular Columns. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 22(13):1149-1186.
- Lin, H.J. and Chen, C.T. (2001). Strength of Concrete Cylinder Confined by Composite Materials. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 20(18): 1577-1600.
- MacGregor, J.G. (1992). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. Second edition. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 114(8):1804-1826.
- Mills, L.L. and Zimmerman, R.M. (1970). Compressive Strength of Plain Concrete under Multiaxial Loading Conditions, *Journal of American Concrete Institute*. 67: 802-807.
- Priestley, M.J.N., Seible, F., Xiao, Y. and Verma, R. (1994b). Steel Jacket Retrofitting of RC Bridge Columns for Enhanced Shear Strength: Test Result and Comparison with Theory. *ACI Structural Journal, ACI*. 91(5): 537-551.
- Richard, F.E., Brandtzaeg, A., and Brown, R.L. (1928). A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses. *University of Illinois Engineering Experimental Station Bulletin* 185.
- Sakino, K., Nakahara, H., Morino, S. and Nishiyama, I. (2004). Behavior of Centrally Loaded Concrete-Filled Steel-Tube Short Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 130(2): 1125-1138.
- Schneider, S.P. (1998). Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 124(10): 1125-1138.
- Tomii, M., Sakino, K., Watanabe, K. and Xiao, Y. (1985). Lateral Load Capacity of Reinforced Concrete Short Columns Confined by Steel Tube. *Proceeding of International Speciality Conference on Concrete Filled Steel Tubular Structures*. Harbin, China, 19-26.
- Thumrongvut, J. and Seangatith, S., "Experimental Investigation on Concrete Columns Confined with Steel Jackets Subjected to Concentric Axial Compression," The 6th National Symposium on Graduate Research, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok, October 13-14, 2006, paper no. J1_J0028. (in CD-Rom format)
- Xiao, Y., He, W. and Choi, K. (2005). Confined Concrete Filled Tubular Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE*. 131(3): 488-497.
- กรรณ คำลือ และสิทธิชัย แสงอาทิตย์, "พฤติกรรมของคานคอนกรีตสำเร็จรูปแบบอัดแรงบางส่วนภายใต้แรงกระทำตามขวาง," การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, พัทยา, ชลบุรี, 2-4 พฤษภาคม 2548, Vol. 1, หน้า ST 58-63.
- จักขุภา ชำรงวุฒิ และสิทธิชัย แสงอาทิตย์, "คานคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปที่มีเหล็กหน้าตัดรูปตัวซีฝังที่ส่วนรองรับภายใต้แรงกระทำเป็นจุดตามขวาง," การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, พัทยา, ชลบุรี, 2-4 พฤษภาคม 2548, Vol. 1, หน้า STR 1-6.

จักษุศา ธำรงวุฒิและสิทธิชัย แสงอาทิตย์, “ผลของการโอบรัดของปลอกเหล็กและปลอก stainless steel ต่อพฤติกรรมเสาคอนกรีต,” การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2, สมาคมคอนกรีตไทย, อุตรธานี, 25-27 ตุลาคม 2549. paper no. STR-002. (in CD-Rom format)

วินิต ช่อวิเชียร (2540). การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2538). มาตรฐานการสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008.38. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2544). ศัพท์วิชาการวิศวกรรมโยธา. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์และจักษุศา ธำรงวุฒิ “พฤติกรรมทางโครงสร้างของ tubed column หน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า,” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, พิษณุโลก, 2-4 พฤษภาคม 2550. paper no. STR-018. (in CD-Rom format)

ศรัณย์ กำจัดโรค และสิทธิชัย แสงอาทิตย์, “เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อซีเมนต์ไยหินภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน,” การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมสำหรับการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 23-24 มกราคม 2547. (ในรูปแบบ CD-Rom)

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (*โปรดดูคำชี้แจงเพิ่มเติม*)

การวิจัยนี้เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการให้แรงโอบรัดก่อน (pre-confinement) แก่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ปลอกเหล็ก (steel jacket) และศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกน กำลัง ความเหนียว และลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อน เพื่อนำเสนอสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่ากำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยสามารถนำไปใช้ในการเสริมกำลัง (strengthening) ให้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่มีความบกพร่องทางด้านโครงสร้าง (structurally deficient) เช่น เกิดจากการกัดกร่อนของสภาวะแวดล้อม เป็นต้น หรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น มีการเปลี่ยนสภาพการใช้งาน โครงสร้างที่ต้องรองรับแรงกระทำที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว องค์ความรู้ที่ได้ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสริมกำลังหรือซ่อมแซมอาคารต่างๆ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ในแถบภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ตลอดจนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งจะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

โดยหน่วยงานหรือผู้ที่จะนำผลงานการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่

- 1 ประชาชนทั่วไปที่ต้องการเสริมกำลัง/ซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- 2 เอกชนที่ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง/ซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

3 หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบด้านงานก่อสร้าง/ซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง การเคหะแห่งชาติ เทศบาลและ อบต. ต่างๆ เป็นต้น

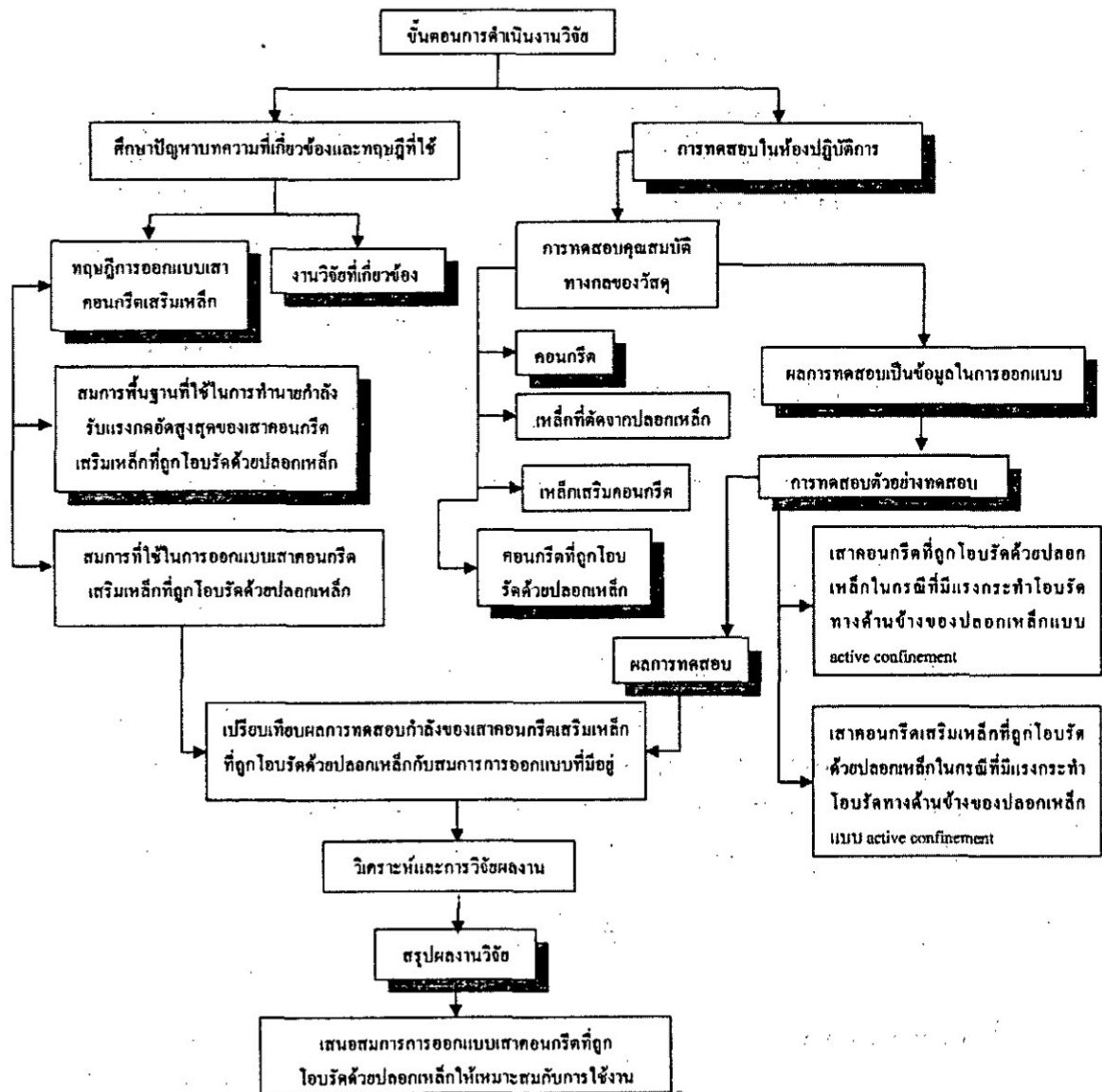
12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

- ทำการเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารหรือการประชุมวิชาการในประเทศหรือต่างประเทศ อย่างน้อย 2 บทความ
- อาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงมาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008-38 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ในส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ผู้วิจัยมีจุดประสงค์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้แก่วิศวกรและนายช่างจากภาครัฐการ/อบต./เทศบาล วิศวกรและนายช่างจากองค์กรของรัฐ เช่น จากกรมโยธาธิการและผังเมือง เทศบาลและ อบต. ต่างๆ และองค์กรเอกชนต่างๆ ที่ไม่มุ่งหากำไร โดยการจัดการอบรมสัมมนาผ่านหน่วยปฏิบัติการวิจัยและบริการด้านวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งถือเป็นพันธกิจในด้านปรับเปลี่ยนถ่ายทอดเทคโนโลยี และบริการวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

13.1 วิธีดำเนินการวิจัย

รูปที่ 11 แสดงกรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ การค้นคว้า ศึกษา และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 11 กรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย

13.1.1 การค้นคว้า ศึกษา และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ทำการทบทวนรายงาน บทความ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้แบบหล่อปกติและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลัง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมการรับแรงและการวิบัติของเสาดังกล่าว และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

13.1.2 การจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

13.1.2.1 ทำการจัดเตรียมและจัดเก็บวัสดุ เช่น เหล็กเส้น, ปูนซีเมนต์, aggregate, vibrator, สารผสมเพิ่ม, strain gage, และจูดรองรับตัวอย่างทดสอบ เป็นต้น ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ห้องปฏิบัติการทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อการใช้งานและการทดสอบต่อไป

13.1.2.2 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่น universal testing machine, loading frame, hydraulic ram, hydraulic pump, pressure gauge, strain gage indicator, LVDT, และ dial gauge เป็นต้น ว่ามีจำนวนครบตามที่ต้องการและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

13.1.3 ขั้นตอนในห้องปฏิบัติการ

13.1.3.1 การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุ ในการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของเสาที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 13.1 ในเบื้องต้นนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุประกอบด้วย

1. การทดสอบแรงกดอัดของคอนกรีตที่ใช้ทำเสาคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน ASTM C39 และ C469

2. การทดสอบแรงดึงของเหล็กที่ตัดจากปลอกเหล็กที่ใช้ในการศึกษาตามมาตรฐาน ASTM E8

3. การทดสอบแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้เสริมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน ASTM E8

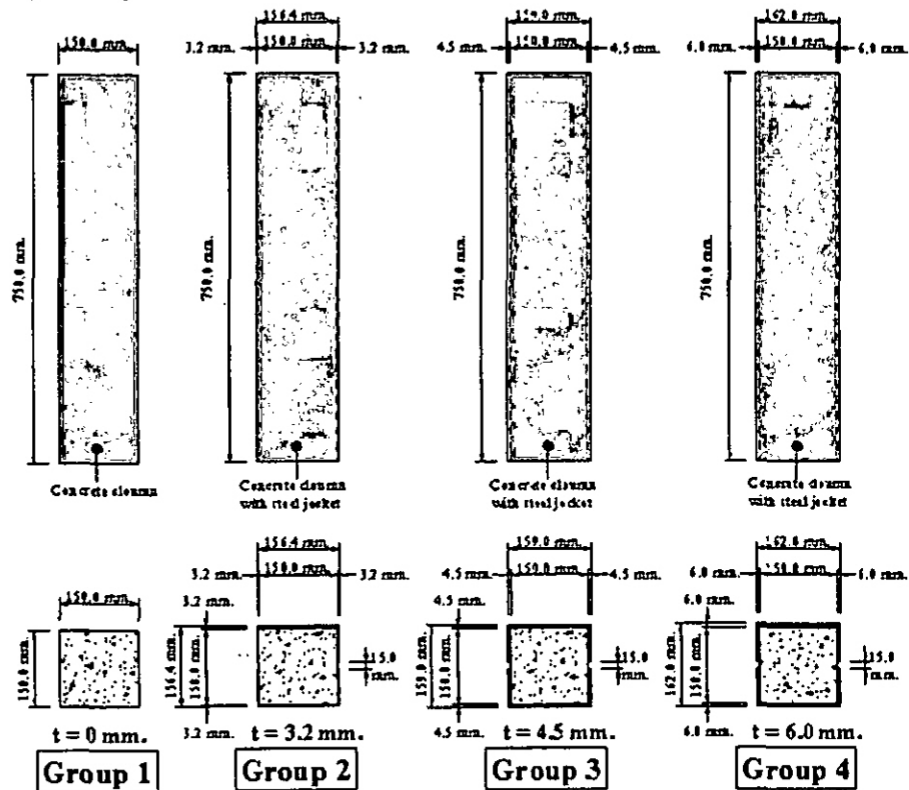
4. การทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กแบบปกติและแบบที่มี preconfinement เพื่อศึกษาผลของการรัดรอบของปลอกเหล็กทั้งแบบหน้าตัดทรงกลมและแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยมีจำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้น = 2 หน้าตัด [(1 reference + 2 preconfinement) x 3 ตัวอย่าง/ชุด x 2 ความหนา] x 2 กำลังคอนกรีต = 72 ตัวอย่างทดสอบ และตัวอย่างทดสอบคอนกรีตอ้างอิง = 3(2 กำลังคอนกรีต) = 6 ตัวอย่างทดสอบ

13.1.3.2 การทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก

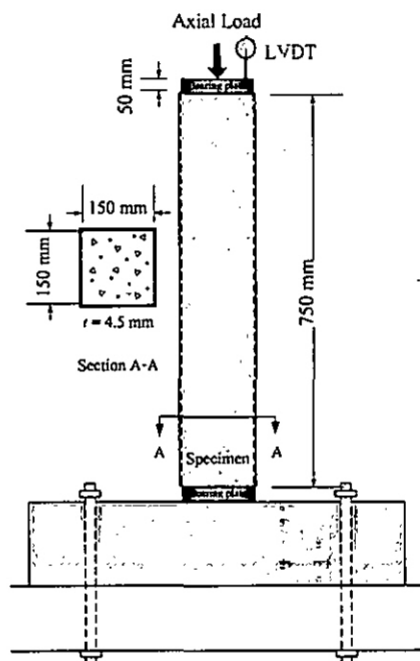
การทดสอบเสาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่า

จุดประสงค์หลักของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของเสาภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน รูปที่ 12 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้นของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและรูปที่ 13 แสดงการติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น โดยที่ตัวอย่างทดสอบมี 1 ขนาดหน้าตัด มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมคอนกรีต 1 ค่า มีความสูง 1 ค่า 2 กำลังคอนกรีต มี preconfinement 3 ค่าบวก 1 ค่าอ้างอิง และความหนาของปลอกเหล็ก 3 ค่า โดยจะทำการทดสอบ 2 เสาต่อหนึ่งรูปแบบ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบทั้งสิ้นอย่างน้อย $2 \times 4 \times 3 \times 2 = 48$ ตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 12 ตัวอย่างของรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

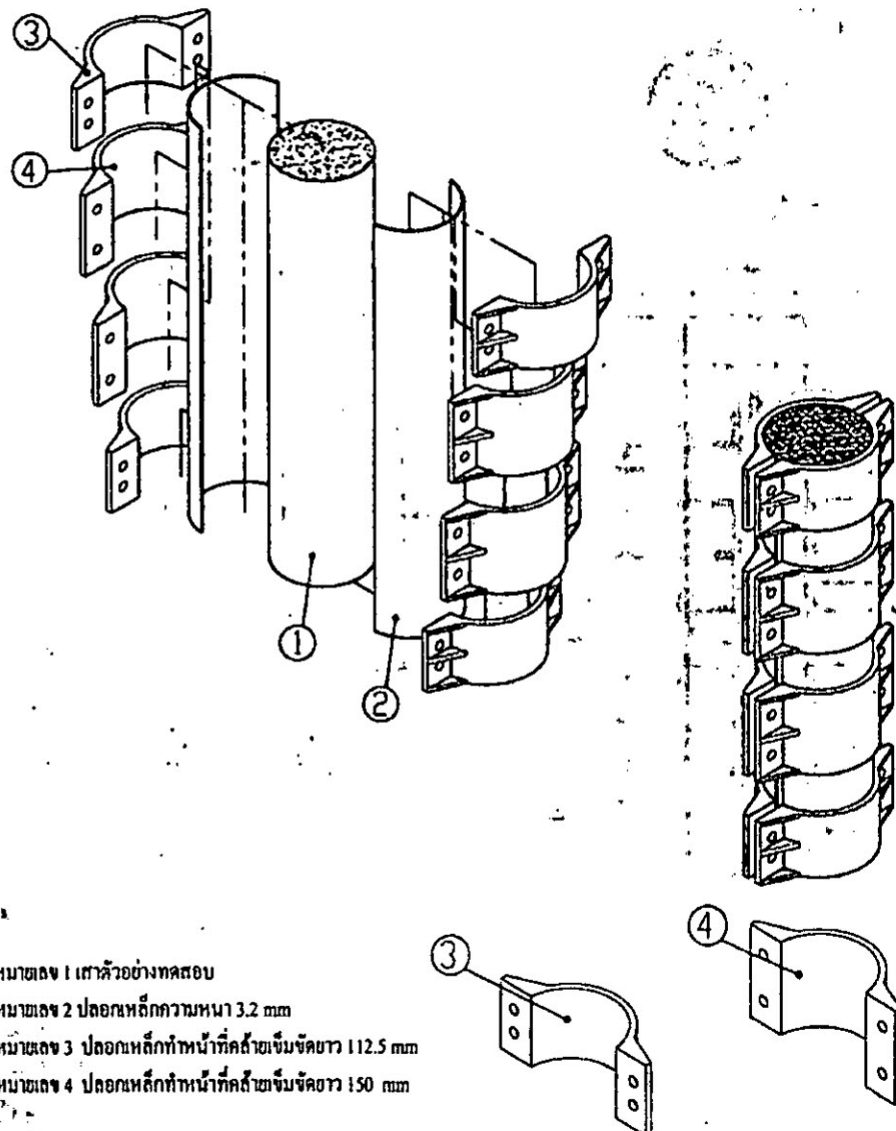


รูปที่ 13 แผนภาพการติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

2. เสาหน้าตัดทรงกลม

จุดประสงค์หลักของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของเสาภายใต้แรงอัด โดยที่ตัวอย่างทดสอบมี 1 ขนาดหน้าตัด มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมคอนกรีต 1 ค่า มีความสูง 1 ค่า 2 กำลังคอนกรีต มี

preconfinement 3 ค่าบวก 1 ค่าอ้างอิง และความหนาของปลอกเหล็ก 3 ค่า โดยจะทำการทดสอบ 2 ชุดต่อหนึ่งรูปแบบ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบทั้งสี่อย่างน้อย $2 \times 4 \times 3 \times 2 = 48$ ตัวอย่างทดสอบ รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภาพของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น เพื่อก่อให้เกิด preconfinement กระทำต่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กกลม โดยหลังที่แกนเสาคอนกรีต (หมายเลข 1) และปลอกเหล็ก (หมายเลข 2) ถูก preconfinement โดยแบบปลอกเหล็ก (หมายเลข 3 และ 4) ที่ทำหน้าที่คล้ายเข็มขัดรัด (โดยแรง preconfinement จะเกิดขึ้นโดยการขันน็อตยึดแบบปลอกเหล็กให้มีความตึงค่าหนึ่งตามที่ได้ออกแบบไว้) แล้ว ปลอกเหล็กจะถูกเชื่อมไฟฟ้าตามแนวแกนของปลอกเหล็ก จากนั้น เมื่อคลายน็อตและนำแบบปลอกเหล็กออกแล้ว การยึดของรอยเชื่อมและความแกร่งของปลอกเหล็กจะก่อให้เกิดแรงโอบรัดต่อแกนคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยในเบื้องต้นค่าแรงโอบรัดดังกล่าวคาดว่าจะคำนวณได้จากสมการที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 9.4



รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภาพของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบในเบื้องต้น

13.1.4 การพัฒนาแนวทางในการออกแบบเสา

ทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบวัสดุและเสาในหัวข้อ 13.3 กับสมการการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กของ ACI และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และทำการคำนวณหาส่วนปลอดภัย เพื่อตรวจสอบว่าผลการทดสอบที่ได้สอดคล้องกันหรือไม่ ในกรณีที่พบว่า ผลการทดสอบมีความแตกต่างที่ค่อนข้างสูงแล้ว จะทำการพัฒนาสมการการออกแบบที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่โดยใช้ทฤษฎีและสมมุติฐาน (assumptions) ที่เหมาะสมกับลักษณะของวัสดุและลักษณะของสภาพการก่อสร้าง

13.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

14. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนโดยละเอียด)

ใช้ระยะเวลา 2 ปี (ตุลาคม 2551-กันยายน 2553) โดยมีแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยดังที่แสดง โดยโปรดดูรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยประกอบ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	←→							
2. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ								
2.1 คอนกรีต	←→							
2.3 เหล็กเส้น	←→							
2.4 ปลอกเหล็ก	←→							
2.5 คอนกรีต+ stainless steel		←→						
3. การทดสอบเสา								
3.1 หน้าตัดสี่เหลี่ยม			←→					
3.2 หน้าตัดกลม				←→				
4. การวิเคราะห์ข้อมูล			←→					
5. การสรุปผลและการเขียนรายงาน			←→		←→	←→	←→	←→

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะที่ต้องการเพิ่มเติม

1. อุปกรณ์รองรับเสาในการทดสอบแบบต่างๆ ซึ่งต้องออกแบบเฉพาะเพื่อการทดสอบในการศึกษานี้

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ(เฉพาะปีที่เสนอขอ) แยกตามหมวดเงินประเภทต่างๆ

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือนๆ ละ 6,000 บาท	144,000
2. ค่าตอบแทน ค่าใช้สอย และค่าวัสดุ	
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน เช่น ช่างเชื่อมไฟฟ้าและกรรมกร	20,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าคอนกรีตสำเร็จรูป ค่าขนย้ายวัสดุ ค่าทำแบบบล็อกเหล็ก และค่าทำจตุรรองรับ เป็นต้น	32,000
2.3 ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	20,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	1,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	2,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการในประเทศ	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	10,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น เหล็กเส้น น๊อตยึด ปะแฉวดแรงบิด และ บล็อกเหล็ก เป็นต้น	18,000
2.9 ค่าวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น strain gages และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น	26,000
3. ค่าครุภัณฑ์	
3.1 คอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็กหรือ Netbook	12,000
รวมงบประมาณทั้งสิ้น	290,000

ตรวจสอบแล้ว

E-1 S.A. 2551

16.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อ ๆ ไป แยกตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย (เฉพาะกรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย- นักศึกษาปริญญาโท จำนวน 2 คน 12 เดือนๆ ละ 10,000 บาท	240,000
2. ค่าตอบแทน ค่าใช้สอย และค่าวัสดุ	
2.1 ค่าจ้างคนงานรายวัน เช่น ผู้ช่วยวิจัย ป.ตรี ช่างเชื่อมไฟฟ้า และกรรมกร	30,000
2.2 ค่าจ้างเหมาต่างๆ เช่น ค่าคอนกรีตสำเร็จรูป ค่าขนย้ายวัสดุ ค่าทำแบบแปลนเหล็ก และค่าทำจตุรรองรับ เป็นต้น	20,000
2.3 ค่าน้ำมันรถยนต์ ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะเดินทาง และค่าติดต่อสื่อสาร	40,000
2.4 ค่าพิมพ์รายงาน	3,000
2.5 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าปกเย็บเล่ม	5,000
2.6 ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานทางวิชาการในประเทศ	5,000
2.7 วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน	20,000
2.8 วัสดุงานวิจัยเช่น เหล็กเส้น น๊อตยึด ปะแฉัดแรงบิด และ ปดล็อกเหล็ก เป็นต้น	30,000
2.9 ค่าวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น strain gages และวัสดุที่เกี่ยวข้อง (3 ชุดx72 ตัวอย่างx400) เป็นต้น	100,000
2.10 ค่าสืบค้นข้อมูล	5,000
รวมงบประมาณทั้งสิ้น	498,000

16.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

ไม่มี

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ (*โปรดดูคำชี้แจงเพิ่มเติม*)

17.1 ผลสำเร็จระดับ P คือ ได้ทราบพฤติกรรมทางกลและลักษณะการวิบัติของคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วยปดล็อกเหล็กและมีแรง preconfinement ค่าต่างๆ ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการทดลองขั้นต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อทำการเผยแพร่ข้อมูลที่ได้แก่วิศวกรและนักวิชาการ/วิชาชีพเพื่อให้ตระหนักถึงข้อดีต่างๆ ของการ preconfinement คอนกรีต

17.2 ผลสำเร็จระดับ I คือ ได้ทราบพฤติกรรมทางกลและลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและหน้าตัดทรงกลม ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน โดยข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นว่า ภายใต้รูปแบบของการเสริมกำลังโดยการห่อหุ้มเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยปดล็อกเหล็กโดยมี preconfinement ตามที่ศึกษานี้จะทำให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังและความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในการเสริมกำลังและซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อทำการเผยแพร่ข้อมูลที่ได้แก่วิศวกรและนักวิชาการ/วิชาชีพเพื่อให้

ตระหนักถึงข้อดีต่างๆ ของการ preconfinement เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและหน้าตัดทรงกลม และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

17.3 ผลสำเร็จระดับ G คือ จากข้อมูลที่ได้ในผลสำเร็จระดับ P และระดับ I จะนำไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบของ วสท. และมาตรฐานการออกแบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาสมการวิเคราะห์ ออกแบบ และข้อกำหนด/แนวปฏิบัติในการใช้งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยปลอกเหล็กและมี preconfinement ที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำเสนอเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาพัฒนามาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องต่อไป

18. สำหรับโครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปัจจุบันที่ผ่านมา
ไม่มี

18.2 โปรดระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอขอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่นหรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)
ไม่มี

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ค)
ไม่มี

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

ไม่มี

(ลายเซ็น) _____

(.....) (.....)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 25 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2561

(ลายเซ็น) _____

(.....) (.....)

หัวหน้าสาขาวิชา

วันที่ 25 เดือน พ.ย. พ.ศ. 61

(ลายเซ็น) _____

(.....) (.....)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 27 เดือน พ.ย. พ.ศ. 61

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย (ต้องระบุประวัติคณะผู้วิจัย / ที่ปรึกษาโครงการฯ ครบทุกคน)

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายสิทธิชัย แสงอาทิตย์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sittichai Seangatith
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน (กรณีเป็นชาวต่างชาติโปรดระบุเลขที่ passport)
3-7699-00019-50-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - 3.1 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 - 3.2 รักษาการแทนหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 - 3.3 รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224326
Email: sitichai@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จาก University of Texas at Arlington, Texas, USA
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
วิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมโครงสร้าง
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น
 - 7.1 การบริหารงานวิจัย
 1. หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ก.ย.
2544-ปัจจุบัน
 2. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2546-ก.ย.
2547
 3. รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.ค.
2547-2548
 - 7.2 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย
 1. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5
จังหวัดปราจีนบุรี, 2543, รองผู้จัดการโครงการ
 2. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5
จังหวัดสระแก้ว, 2545, ผู้จัดการโครงการ
 - 7.3 หัวหน้าโครงการวิจัย
 1. "Optimization of Pultruded GFRP Composite Bridge Railing System", 1996
 2. "Characterization and Analysis of Composite Beams Subjected to Impact Loads",
1997
 3. การพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ, 2541

4. การหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก, 2542
5. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545
6. การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรีดขึ้นหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงอัดและแรงคัต

7.4 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. "Optimization of Pultruded GFRP Composite Bridge Railing System", 1996, หัวหน้าโครงการวิจัย
2. "GFRP Composite Columns with Various End Conditions", 1996, ผู้ร่วมวิจัย
3. "Characterization and Analysis of Composite Beams Subjected to Impact Loads", 1997, หัวหน้าโครงการวิจัย
4. "Tests on FRP Composite Beams and Panels", 1997, ผู้ร่วมวิจัย
5. "Development of Design Equations for FRP Composite Columns", 1997, ผู้ร่วมวิจัย
6. การพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ, 2541, หัวหน้าโครงการวิจัย
7. การพัฒนาอิฐบล็อก, 2541, ผู้ร่วมวิจัย
8. การพัฒนา Cement-lime Mortar สำหรับใช้ในประเทศไทย, 2541, ผู้ร่วมวิจัย
9. การหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก, 2542, หัวหน้าโครงการวิจัย
10. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดปราจีนบุรี, 2543, รองผู้จัดการโครงการ
11. โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค ระยะที่ 5 จังหวัดสระแก้ว, 2545, ผู้จัดการโครงการ
12. การทดสอบหากลึงของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรงโดยการเสริมกำลังภายนอก, 2545, ผู้ร่วมวิจัย
13. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยท่อซีเมนต์ใยหินภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน, 2546, ผู้ร่วมวิจัย
14. การตรวจสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปที่มีเหล็กหน้าตัดรูปตัวซีฝังที่ส่วนรองรับภายใต้แรงกระทำเป็นจุดตามขวาง, 2547, ผู้ร่วมวิจัย
15. การพัฒนาคานสำเร็จรูปแบบคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำหรับอาคารขนาดเล็ก, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
16. โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดชัยภูมิ, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
17. โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดมหาสารคาม, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
18. "โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ จังหวัดศรีสะเกษ, 2548, ผู้ร่วมวิจัย
19. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นพลาสติกที่ใช้แล้วแบบสั้น, 2549, ผู้ร่วมวิจัย
20. การพัฒนาคานสำเร็จรูปแบบคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำหรับอาคารขนาดเล็ก, 2549, ผู้ร่วมวิจัย

21. โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษาสภาพลำน้ำและคุณภาพน้ำลำตะคอง, 2549 , ผู้ร่วมวิจัย
22. การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมทางกลของรอยต่อของคานคอนกรีตสำเร็จรูป, 2550, ผู้ร่วมวิจัย
23. การทดสอบและพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังโดยใช้ stainless steel แจ็คเก็ต, 2550, หัวหน้าโครงการวิจัย
24. โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล, 2550, ผู้ร่วมวิจัย

7.5 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. การพัฒนาพื้นแยกส่วนสำเร็จรูปพร้อมคานยึดหยุ่น, 80 %, ผู้ร่วมวิจัย
 2. การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทูดชั้นหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงอัดและแรงคด, 25 %, หัวหน้าโครงการวิจัย
 3. การพัฒนากระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในเชิงธุรกิจ, 50%, ผู้ร่วมวิจัย
 4. โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน, 5 %, ผู้ร่วมวิจัย
-

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาที่ _____ / _____

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่อุดมด้วยวิตามินและแร่ธาตุ
เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมของร่างกาย

ชื่อบัญชี พ.ร. ๒๕๖๓ ด.เกียรติก

เลขที่บัญชี ๖๐๗-๕๕-๖๖๖๖-๔

ธนาคาร ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาซอย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

1. พ.ร. ๒๕๖๓ ด.เกียรติก คณบดี
2. พ.ร. ๒๕๖๓ ด.เกียรติก หัวหน้าสถานวิจัย
3. (ลายเซ็น) หัวหน้าโครงการวิจัย

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 3

ลงนาม (ลายเซ็น)
(พ.ร. ๒๕๖๓ ด.เกียรติก)

ผู้รับทุน