



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 โทรสาร 4750
 ที่ ศธ 5621/ 2460 วันที่ 23 ธ.ค. 2556
 เรื่อง นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

สถาบันวิจัยและพัฒนา ขอส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จ และหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย โครงการวิจัยการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่างหินในสองแกน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555-2556 โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

งบประมาณที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการ	จำนวนเงินคงเหลือ	ดอกเบี้ย	วันที่โอนเงิน และจำนวนเงินที่โอนเงินเข้ามหาวิทยาลัย
530,000.00 บาท	530,000.63 บาท	0.00 บาท	657.41 บาท	โอนเงิน 13/12/2556 จำนวนเงิน 657.41 บาท ส่วนเกิน - บาท

*หมายเหตุ:- ตรวจสอบเบื้องต้น ยังไม่มีการออกใบเสร็จ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621/ 2556 วันที่ 9 ธ.ค. 2556
เรื่อง การตรวจสอบหลักฐานโครงการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่าย โครงการวิจัยการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์ เพื่อใช้ทดตัวอย่างหินในสองแกน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555-2556 จำนวนเงิน 530,000.00 บาท (ห้าแสนสามหมื่นบาทถ้วน) นั้น สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้ตรวจสอบเอกสารหลักฐานการใช้จ่ายเงินเพื่อการวิจัยดังกล่าวแล้ว ในการนี้จึงขอแจ้งผลการตรวจสอบหลักฐานดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. หลักฐานการเงินที่เกิดขึ้นจากการวิจัยเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 530,000.63 บาท (ห้าแสนสามหมื่นบาทหกสิบสามสตางค์) โดยมี

- 1.1 จำนวนเงินคงเหลือจากการวิจัย จำนวน 0.00 บาท (ศูนย์บาทถ้วน)
- 1.2 จำนวนเงินดอกเบี้ยจากบัญชีโครงการทั้งหมด ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยถึง ณ วันที่ ปิดบัญชีโครงการ
- 1.3 มีการใช้เงินค่าใช้จ่ายข้ามหมวด จำนวนเงิน 30,900.00 บาท (สามหมื่นเก้าร้อยบาทถ้วน)

2. จากข้อ 1.1 และ 1.2 หัวหน้าโครงการดำเนินการปิดบัญชีโครงการ และโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 707-2-14444-2 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. จัดส่งสำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการหลังปิดบัญชี และหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการด้วยจักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

เรียน - คณะกรรมการ -/หัวหน้าโครงการ

ตรวจสอบเอกสารโครงการวิจัยแล้ว มีการแก้ไข/เพิ่มเติมเอกสารดังนี้

	①	②	รวม
งบ/ล. 2555	120,000.-	190,000 -	= 310,000 -.
งบฯ.	(106,000)	(197,731.73)	= (303,731.73)
2556	144,000	76,000	= 220,000 -
งบฯ.	(127,100)	(99,168.90)	= (226,268.90)
	30900 -.	(30,900.63)	= (0.63)

สรุป 1	งบฯ/งบฯ	= 530,000 -.
2	งบฯ/งบฯ	= (530,000.63)
3	งบฯ/งบฯ	= - 0 -
4	งบฯ/งบฯ	= 30,900 -.
5.	มีดมิลล์ + 0.000/มิลล์ + 100มิลล์/มิลล์	


 (จุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

๖ ธ.ค. 2556

สถาบันวิจัยและพัฒนา มทส.

โทร 4702 โทรสาร 4750

โครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30

ชื่อ สกุลหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร

สำนักวิชา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

ชื่อโครงการภาษาไทย การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อกัดตัวอย่างหินในสองแกน

ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ Design and invention of biaxial loading device for rock specimens

ชื่อชุดโครงการภาษาไทย

ชื่อชุดโครงการภาษาอังกฤษ

ประเภทแหล่งทุน สำนักงานประมาณ

ระยะเวลาที่ดำเนินการ ปี 2555 งบ 310,000.00

และงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี ปี 2556 งบ 220,000.00

รวม 530,000

สถานภาพโครงการ ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว

ประเภทโครงการ 1 ประยุกต์

ประเภทโครงการ 2 โครงการต่อเนื่อง

หมายเหตุ สร้างรายงานการวิจัยเมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2556 ที่ ศธ 5614(22)/305 ลงวันที่ 2 กรกฎาคม 2556

keyword การกด, ความเค้น, หิน, การแตก, การทดสอบ Compression, Stress, Rock, Failure, Testing

เพิ่มข้อมูลโดย admin

วันที่เพิ่มข้อมูล 2011-10-28 11:13:26

แก้ไขข้อมูลโดย admin

วันที่แก้ไขข้อมูล 2013-12-04 16:02:52



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คดีรับใช้และให้เงิน
เลขที่ 3888 / 2556
วันที่ 13. 55 56

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4441 โทรสาร 4616
ที่ ศธ 5614(19)/ ๒๖๒ วันที่ ๕ พฤศจิกายน 2556
เรื่อง ขอส่งเอกสารและรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดี และหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่กระผม รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กัดตัวอย่างหินในสองแกน” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30 ซึ่งได้ผ่านการพิจารณาจากคณะอนุกรรมการพิจารณา กลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยแล้ว โดยมีมติเห็นชอบร่างรายงานดังกล่าว ตามหนังสือที่ ศธ 5621/2133 ลงวันที่ 13 พฤศจิกายน 2556 นั้น

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้มียอดค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่กำหนดไว้ กระผมใคร่ขออนุมัตินำเงินในหมวดค่าจ้าง ผู้ช่วยวิจัยมาใช้ในหมวดค่าตอบแทนใช้สอย จำนวน 30,900 บาท พร้อมนี้กระผมใคร่ขอส่งเอกสารและหลักฐานต่างๆ ตามรายการดังนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 15 เล่ม
2. แผ่น CD รายงานการวิจัย บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (แบบ สบพ.ง-02)
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ
5. สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัยหน้าที่มีความเคลื่อนไหวทางการเงิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย / ศธ.อว
เพื่อไปส่งมอบและดำเนินการต่อไป

รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
๕ 4 ๕.๕. 2556

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินิจพงษ์ อภิธรรมกุล)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ศธ 5621/ว. ๒๕๒

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย
ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา 30000

12 ธันวาคม 2556

เรื่อง ขอมอบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน สำนักแจ้งท้าย

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

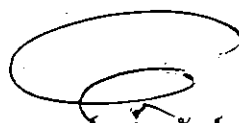
ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา ได้รวบรวมรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จในช่วงเดือนธันวาคม 2556 จำนวน 2 เรื่อง ได้แก่ รายงานการวิจัย เรื่อง

1. การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
2. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ป๋อโซไลนธรรมชาติในงานจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์

เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัยดังกล่าว สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอมอบรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์มาเพื่อใช้ประโยชน์ตามที่เห็นสมควรต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 044-224756 โทรสาร 044-224750

ศธ 5621/ว. ๒๕๒ ลงวันที่ ๑๒ ธ.ค. 2556

สำเนาแจ้งท้าย

1. ผู้อำนวยการศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
2. ผู้อำนวยการเทคโนโลยี
3. บรรณารักษ์หอสมุดแห่งชาติ (5 เล่ม)
4. หัวหน้า หอสมุดแห่งชาติ เฉลิมพระเกียรติ ร.9 นครราชสีมา (2 เล่ม)
5. ผู้อำนวยการศูนย์ข้อเสนอแนะการวิจัย (1 เล่ม)
6. บรรณารักษ์ห้องสมุดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (1 เล่ม)



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
เลขที่ 3888 / 2556
วันที่ 03 ส.ค. 2556
เวลา 17.55 น.

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4441 โทรสาร 4616
ที่ ศธ 5614(19)/ 656 วันที่ 28 พฤศจิกายน 2556
เรื่อง ขอส่งเอกสารและรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดี และหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่กระผม รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่าง หินในสองแกน” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30 ซึ่งได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณา กลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยแล้ว โดยมีมติเห็นชอบร่างรายงานดังกล่าว ตามหนังสือที่ ศธ 5621/2133 ลงวันที่ 13 พฤศจิกายน 2556 นั้น

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้มียอดค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่กำหนดไว้ กระผมใคร่ขออนุมัตินำเงินในหมวดค่าจ้าง ผู้ช่วยวิจัยมาใช้ในหมวดค่าตอบแทนใช้สอย-จำนวน 30,900 บาท พร้อมนี้กระผมใคร่ขอส่งเอกสารและหลักฐานต่างๆ ตามรายการดังนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 15 เล่ม
2. แผ่น CD รายงานการวิจัย บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (แบบ สบวพ.-ง-02) ④ รับรายงานวิจัยจำนวน 15 เล่ม และ
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ ☒ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ.....
5. สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัยหน้าที่มีความเคลื่อนไหวทางการเงิน

กิตติเทพ
4 ธ.ค. 56

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย (ศธพ)
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

Dr. Kunjan
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็องขจร)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
4 ธ.ค. 2556

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชณ พงษ์ อุทการสกุล)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เรียน ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย
เพื่อทราบ พร้อมนี้ได้นำส่งรายงานการวิจัย

จำนวน 15 เล่ม และ ☒ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ.....

1-2 รศ. น. กิตติเทพ
3-5 รศ. น. จักรพันธ์



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 2133

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2556

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยของคณะอนุกรรมการฯ

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งรายงานการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน มาเพื่อเสนอต่อคณะอนุกรรมการพิจารณากันกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยนั้น

คณะอนุกรรมการฯ มีมติเห็นชอบร่างรายงานการวิจัยดังกล่าวแล้ว ตามหนังสือแจ้งเวียนที่ ศธ 5621/ว558 ลงวันที่ 31 ตุลาคม 2556

สถาบันวิจัยฯ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดังกล่าวเพื่อทราบมติของคณะอนุกรรมการฯ และส่งรายงานฉบับสมบูรณ์พร้อมทั้งจัดส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องให้สถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 16 ธันวาคม 2556 ตามรายการดังต่อไปนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 15 เล่ม ตามรูปแบบที่กำหนดคือ ปกสีฟ้า และเข้าเล่มแบบไสกาว สำเนาแบบหน้าเดียว ยกเว้น กรณีที่มีจำนวนหน้าตั้งแต่ 100 หน้าขึ้นไปขอให้สำเนาหน้า/หลังทั้งนี้ เพื่อนำไปเผยแพร่ให้หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป กรณีที่มีข้อจำกัดในการเผยแพร่ โปรดแจ้งให้สถาบันวิจัยและพัฒนาทราบด้วย

2. เพื่อให้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติของระบบบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (NRPM) ขอให้ส่งแผ่น CD บันทึกข้อมูลรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทั้งฉบับเป็นไฟล์ pdf และเฉพาะบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้บันทึกเพิ่มเป็นไฟล์ MS-Word อีก 1 ไฟล์

3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (ตามแบบ สบพพ.-ง-02)

4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดจากการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ

5. กรณีที่มีการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยในการซื้อครุภัณฑ์หรือหนังสือ ต้องส่งครุภัณฑ์หรือหนังสือดังกล่าวคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาด้วย

6. สำเนาบัญชีเงินฝากของโครงการวิจัยเฉพาะหน้าที่มีการเคลื่อนไหวของเงิน (เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา จะแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบอีกครั้งเพื่อดำเนินการโอนเงินคงเหลือและดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นทั้งหมดให้มหาวิทยาลัยต่อไป)

(สำหรับข้อ 3-6 โปรดสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมที่ฝ่ายธุรการของสถาบันฯ โทร. 4702)

พร้อมนี้ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยคืนมาด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ว 5๕8

วันที่ 31 ตุลาคม 2556

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณาถ้อยแถลงและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

ด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 วงเงินรวม 530,000 บาท ได้ส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่างหินในสองแกน ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการพิจารณาถ้อยแถลงและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย รายละเอียดตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยตามที่ได้เรียนให้ทราบข้างต้น และโปรดแจ้งผลการพิจารณารับรองร่างรายงาน หรือความเห็นอื่นๆ ไปยังสถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังหนังสือฉบับนี้ ภายในวันที่ 8 พฤศจิกายน 2556 และขอความกรุณาส่งเอกสารคืนด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานวิจัย

ของคณะกรรมการพิจารณากันกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

ตามหนังสือที่ ศธ 5621/ว 558 ลงวันที่ 31 ตุลาคม 2556

ข้าพเจ้า <<สำเนาแจ้งท้าย>>

ขอแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่าง
หินในร่องเขน โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่แจ้งเวียนขอมติ
 คณะอนุกรรมการฯ ดังนี้

- ☐ เห็นชอบรับรองร่างรายงานการวิจัยตามที่เสนอ
- ☐ มีความเห็นอื่นๆ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ)

.....

<<สำเนาแจ้งท้าย>>

----/----/----



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
เลขที่ 3442/2556
วันที่ 30 ต.ค. 2556
เวลา 14.50 น. Pr

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4441 โทรสาร 4616
ที่ ศธ 5614(19)/ 569 วันที่ 29 ตุลาคม 2556
เรื่อง ขอส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาการพิจารณากลับกรองฯ

๑ เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่กระผม รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่าง หินในสองแกน” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30 ซึ่งขณะนี้ได้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นและผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิโดยมีข้อแก้ไขเพิ่มเติม ตามหนังสือที่ ศธ 5621/1898 ลงวันที่ 18 ตุลาคม 2556 นั้น

กระผมได้ดำเนินการดังนี้ 1) แก้ไขสัญลักษณ์ในภาคผนวก ก. หน้า ก-5 แล้ว 2) ในรายงานหน้าที่ ก-4 ได้แสดงรูปภาพทั้งระบบ โดยได้รวมปั๊มไฮดรอลิกและอุปกรณ์ตรวจวัดแรงเข้ากับอุปกรณ์ทดตัวอย่างในสองแกนแล้ว จึงไม่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะ และ 3) ได้ทำการยื่นจดสิทธิบัตรแล้วแต่ยังไม่ได้รับเลขสิทธิบัตร จึงใคร่ขอส่งรายงานการวิจัยฯ จำนวน 7 ชุด เพื่อให้สถาบันวิจัยและพัฒนานำเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาการพิจารณากลับกรองและ จัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย เพื่อพิจารณารับรองรายงานต่อไป



จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าหน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมรินทร์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

31 ต.ค. 2556

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพงษ์ อูชากรสกุล
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

7 เดือนธันวาคม ๒๕๕๖



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/1848

วันที่ 18 ตุลาคม 2556

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน อณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่งร่างรายงานการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา จำนวน 1 ชุด เพื่อส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา นั้น

บัดนี้ ร่างรายงานการวิจัยเรื่องดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิได้แจ้งผลการประเมินโดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม รายละเอียดตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

สถาบันวิจัยฯ จึงขอความร่วมมือในการแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อทราบผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ และขอให้จัดลงร่างรายงานการวิจัยที่แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว จำนวน 7 ชุด โดยยังไม่ต้องจัดทำเป็นรูปเล่ม สำหรับแจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณาสิ้นเรื่องและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย ทั้งนี้ ขอให้ส่งไปยังสถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2556

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ศธ 5621/ว.๑-๒๕



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

เรื่อง ขอบขอคุณ

เรียน รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว

ตามที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการ
อ่านร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง

1. การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
2. ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน
3. การศึกษาผลกระทบของอัตราการใช้แรงต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหินทราย นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้รับผลการอ่านร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ดังกล่าวแล้ว และได้โอนเงิน
ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิ เข้าบัญชีธนาคารไทยพาณิชย์ เลขที่บัญชี 551-212694-4 จำนวนเงิน 3,000 บาท (สามพัน
บาทถ้วน) เมื่อวันที่ 25 มิ.ย. 2556 จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน
อีกในโอกาสต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าได้พิจารณาสาระทางวิชาการของร่างรายงานการวิจัย จำนวน 3 เรื่อง ประกอบด้วยเรื่อง (1) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน (2) ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน และ (3) การศึกษาผลกระทบของอัตราการใช้แรงต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหินทราย เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งผลการพิจารณาพร้อมทั้งส่งคืนเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- | | | | |
|--|-------|---|------|
| 1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ | จำนวน | 1 | แผ่น |
| 2. แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 1 | แผ่น |
| 3. ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 3 | ชุด |
| 4. แบบเสนอโครงการวิจัย | จำนวน | 3 | ชุด |
| 5. ร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 3 | ชุด |

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว)
...../...../.....

สำหรับเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

1) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติให้ฝ่ายธุรการดำเนินการเบิกจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เป็นเงิน 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน) พร้อมค่าธรรมเนียมในการจัดส่งเงินดังกล่าว (ถ้ามี) (นางสาวจิตตานันท์ ติกุล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ฝ่ายประสานงานการวิจัย/...../.....	2) อนุมัติ (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา / /
---	--

แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าขอแจ้งความประสงค์ในการรับเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ของโครงการวิจัย จำนวน 2 เรื่อง ประกอบด้วย เรื่อง

- (1) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
- (2) ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน และ
- (3) การศึกษาผลกระทบของอัตราการใช้แรงต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหินทราย

☐ ยินดีรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องนี้ และประสงค์ให้ส่งค่าตอบแทนโดย

☐ ส่งธนาคัตวงเงิน 3,000 บาท ส่งจ่าย ปณ.

☒ โอนเงินวงเงิน 3,000 บาท เพื่อเข้าบัญชีเงินฝาก (ยกเว้นธนาคารออมสิน)

ธนาคาร..... กรุงไทย

เลขที่บัญชี 551-2-12694-4

ชื่อบัญชี ส.อ.อ. ธรรมชา

☐ ไม่สะดวกในการรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องนี้ และขอแนะนำให้ติดต่อ

หน่วยงาน.....

ลงนาม

(รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว)

.....

การประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

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. การบรรลุวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย		A	20	20
2. ความมีคุณค่าของผลการวิจัย		A	20	20
3. ความคุ้มค่าของผลการวิจัย		A	20	20
4. ผลลัพธ์ของการนำผลการวิจัยไปใช้ ประโยชน์		B	15	12
5. การเผยแพร่ผลการวิจัยและทรัพย์สิน ทางปัญญาที่เกิดจากการวิจัย		B	15	12
6. ผลกระทบ (Impacts) ที่เกิดจากการ นำผลการวิจัยไปใช้		B	10	8
รวม			100	92

หมายเหตุ : * โป้ดระบอบสาเหตุที่ไม่สามารถประเมินได้

ผลสรุปคุณภาพโดยรวมของผลการวิจัย

$\sum PX$ = 88 - 100 ☒ ดีมาก
 75 - 87 ☐ ดี
 62 - 74 ☐ ดีพอใช้
 50 - 61 ☐ พอใช้
 < 50 ☐ ควรปรับปรุง

(ระบุประเด็น/เรื่องที่จะพัฒนางานวิจัยต่อไป และแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์)

၁။ Neg Lognormal $n=5$ နှစ်၏ မျှော်မှန်း F_{UBC} Conventional
 စာနာမှုကို ပြောပါ။ ကိုယ်တို့၏ sketch ဖြစ်သော စာနာမှုကို
 ကိုယ်တို့၏ ကိုယ်တိုင် ရေးသားပါ။ နောက်ဆုံးတွင် ပြောရန်
 ကျွန်ုပ်တို့၏ အကြံပြုချက်ကို ပြောပါ။ မြန်မာနိုင်ငံ၏ အခြေအနေအထား
 မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။ ပြောရန် အချက်အလက်ကို ပြောပါ။
 မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။ မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။ မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။
 မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။ မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။ မှတ်တမ်းကို ပြောပါ။

My Name

(รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว)

ลงชื่อผู้บริหารหน่วยงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ศธ 5621/ 1184

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

24 กรกฎาคม 2556

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว

สิ่งที่ส่งมาด้วย	1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ	จำนวน 1 แผ่น
	2. แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย	จำนวน 1 แผ่น
	3. แบบประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัยรายโครงการ	จำนวน 3 ชุด
	4. แบบเสนอโครงการวิจัย	จำนวน 3 ชุด
	5. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์	จำนวน 3 ชุด

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานะหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการเกี่ยวกับงานวิจัยของคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่อง (1) “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่างหินในสองแกน” (2) ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน และ (3) การศึกษาผลกระทบของอัตราการใช้แรงต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหินทราย เป็นอย่างดี จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ทั้งนี้ มหาวิทยาลัยกำหนดอัตราค่าตอบแทนในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องละ 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดังนี้

1. ขอความกรุณาแจ้งให้สถาบันวิจัยฯ ทราบทันทีหลังจากที่ท่านได้รับเอกสารเรียบร้อยแล้ว หรือภายในวันที่ 31 กรกฎาคม 2556 โดยแจ้งผ่านทาง e-mail: jittanan@sut.ac.th

2. โปรดกรอรายละเอียดและลงนามในสิ่งที่ส่งมาด้วย 1 และ 2 และโปรดประเมินร่างรายงานการวิจัยทั้ง 3 เรื่องในสิ่งที่ส่งมาด้วย 3

ทั้งนี้ ขอความกรุณาส่งเอกสารทั้งหมด (สิ่งที่ส่งมาด้วย 1, 2, 3, 4 และ 5) คืนไปยังสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภายในวันที่ 30 กันยายน 2556

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและขอขอบคุณที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายประสานงานการวิจัย

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



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วันที่ 2049/1855
ที่ 4 กค 2556
14-05 ๒๕๕๖

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศร 5614(22)/ 306 วันที่ 2 กรกฎาคม 2556
เรื่อง ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่กระผม รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กัดตัวอย่างหินในสองแกน” รหัสโครงการ/SUT7-719-55-24-30 ซึ่งขณะนี้ได้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว กระผมใคร่ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 ชุด เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องพิจารณา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าหน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
5 กค 2556

รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคนบตี

เรียน ฝ่ายสารสนเทศการวิจัย
เพื่อทราบ

8 กค 56

วันเสาร์
หน้า 4
8 ก.ค. 56



U-5609782

บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบวพ.-ง-01
FORM IRD-B-01
สถาบันวิจัยและพัฒนา
536/2556
6 ก.พ. 2556
15.35 น. 928
โทร 4229-1

หน่วยงาน.....สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ที่.....ศธ. 5614(22)/ 78

วันที่.....6 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง.....ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 งวดที่.....2

SUT7-719-55-24-30

เรียน.....ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.วิจิตเทพ เพ็ญขจร.....สังกัดสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 220,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงวดที่ 2...
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 110,000 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....	12,000	บาท
ระยะเวลา.....6 เดือน จำนวน.....1 คน เป็นเงิน.....	72,000	บาท
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....		บาท
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....		บาท
ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....		บาท
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....		บาท
รวม.....	72,000	บาท

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาอื่นๆ.....	เป็นเงิน.....	23,000	บาท
ค่าวัสดุทดสอบและค่าวัสดุอื่นๆ.....	เป็นเงิน.....	15,000	บาท
.....	เป็นเงิน.....		บาท
.....	เป็นเงิน.....		บาท
.....	เป็นเงิน.....		บาท
.....	เป็นเงิน.....		บาท
.....	เป็นเงิน.....		บาท
รวม.....	38,000	บาท	

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ



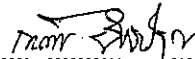
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ พงษ์ขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ พงษ์ขจร)

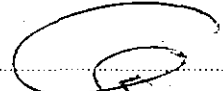
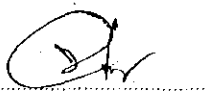
หัวหน้าสถานวิจัย



(รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชื่นประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

6 ก.พ. 2556

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้า และการใช้จ่ายเงินฯงวดที่ 1 / 56 แล้ว ^{วันที่ 13 พ.ย. 56} ☒ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน <u>-118,000 -</u> บาท (นางจุไรรัตน์ พงษ์โพธิ์สุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 14 ก.พ. 2556	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการ และ เงินใช้ข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 14 ก.พ. 2556
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัย จำนวน <u>118,000 -</u> บาท (หนึ่งแสนแปดหมื่นบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย นทส. ชื่อบัญชี <u>โครงการวิจัย - งบอุดหนุนการวิจัย</u> เลขที่บัญชี <u>049354-0</u> ด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 14 ก.พ. 2556	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางจุไรรัตน์ พงษ์โพธิ์สุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 14 ก.พ. 2556



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 / โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621/ 25 ๖ วันที่ - 8 ก.พ. 2556
เรื่อง ขอนำส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของ “โครงการวิจัยการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน” ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 งวดที่ 1/2556 ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวนเงินทั้งสิ้น 110,000.00 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน) มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจริงจำนวน 101,269.75 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งพันสองร้อยหกสิบเก้าบาทเจ็ดสิบห้าสตางค์) นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ดำเนินการตรวจสอบเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยเรียบร้อยแล้ว จึงขอส่งคืนเอกสารดังกล่าว และเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้วให้นำเอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว ๘๒

วันที่ ๘ กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอมติคณะกรรมการพิจารณาถ้อยแถลงและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
จำนวน 5 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ ประกอบด้วย

1. โครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่างหินในสองแกน
(SUT7-719-55-24-30)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

2. โครงการวิจัย เรื่อง ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน
(SUT7-719-55-24-31)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

3. โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมเชิงเวลาของเกล็ดหินภายใต้วัฏจักรการให้แรงและอุณหภูมิ
(SUT7-719-56-24-32)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

4. โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลกระทบของอัตราการให้แรงต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหินทราย
(SUT7-719-56-12-41)

โดย อาจารย์ ดร.เดโช เผือกภูมิ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

5. โครงการวิจัย เรื่อง ดัชนีชี้วัดปริมาณน้ำท่าเพื่อการบริหารจัดการน้ำสำหรับลุ่มน้ำมูล
(SUT7-712-54-24-42)

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริยาพร โกษา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบ
ดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตาม
แบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบแจ้งผลการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียน
ของคณะกรรมการพิจารณากลับกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย
ตามหนังสือที่ ศธ 5621/ว ๘๒ ลงวันที่ ๘ กุมภาพันธ์ 2556

ข้าพเจ้า _____ <<ชื่อ-สกุล>>

ขอแจ้งผลการพิจารณาการรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย ที่แจ้งเวียนขอมติคณะกรรมการฯ ดังนี้

1. โครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้.....
2. โครงการวิจัย เรื่อง ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้.....
3. โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมเชิงเวลาของเกลียวหินภายใต้วัฏจักรการให้แรงและอุณหภูมิ
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้.....
4. โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลกระทบของอัตราการให้แรงต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหินทราย
โดย อาจารย์ ดร.เดโช เผือกภูมิ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้.....
5. โครงการวิจัย เรื่อง ดัชนีชี้วัดปริมาณน้ำท่าเพื่อการบริหารจัดการน้ำสำหรับลุ่มน้ำมูล
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบรียพร โกษา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้.....

(ลงชื่อ)

(<<ชื่อ-สกุล>>)

...../...../.....

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30

ชื่อโครงการวิจัย การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 རྒྱ (2555-2556)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จำนวน 310,000.00 บาท

งบประมาณ พ.ศ. 2556 จำนวน 220,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2555 จำนวน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 135,090.68 บาท

งวดที่ 2/2555 จำนวน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 168,641.05 บาท

งวดที่ 1/2556 จำนวน 110,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 101,269.75 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบัน ร้อยละ 75

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 2/2556 จำนวน 110,000.00 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

- | | |
|---|--------------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน 7 หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2556 | จำนวน 1 หน้า |

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
Name of Project
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of
220,000 บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:

- ☒งวดที่ 1 ได้รับเงิน 110,000.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 101,269.75 บาท
Installment No. Total amount received baht Total amount spent baht
- ☐ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน - บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น - บาท
Equipment (expense) allocation baht Total amount spent baht

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ as follows :

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี Allocation for the whole year	เบิกจ่ายแล้ว ในงวดก่อน Previous installment activated	เบิกจ่ายในงวดนี้ Installment to be activated this time	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป Remaining funds to be activated	
ค่าจ้างชั่วคราว ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาโท)	144,000.00	-	55,000.00	89,000.00	
รวม (Total)	144,000.00	-	55,000.00	89,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ					
ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาต่างๆ	46,000.00	-	22,103.00	23,897.00	
ค่าวัสดุ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ และค่าวัสดุอื่นๆ	30,000.00	-	24,166.75	5,833.25	
รวม (Total)	76,000.00	-	46,269.75	29,730.25	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	220,000.00	-	101,269.75	118,730.25	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร)
(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

หัวหน้าโครงการ

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 2/2556

ผลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 1 กันยายน 2555 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2556

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

(ภาษาอังกฤษ) Design and Invention of Biaxial Loading Device for Rock Specimens

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร

3. หน่วยงาน

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

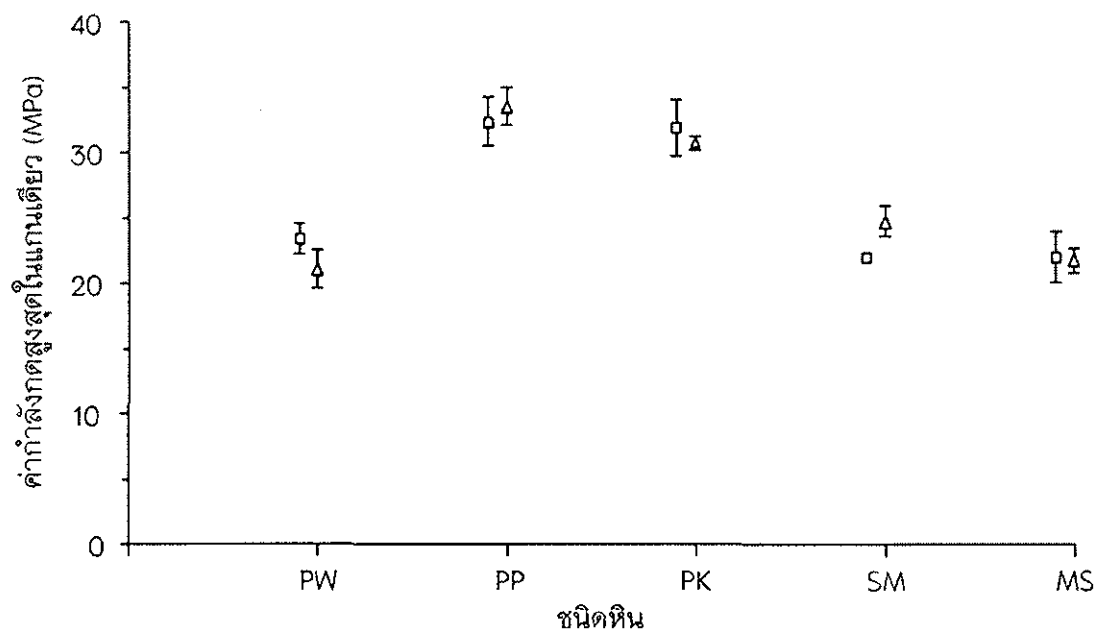
โทรศัพท์ (044) 223-363 โทรสาร (044) 223-363E-mail: kittitep@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบหิน เพื่อใช้จำลองสภาพของหินภายใต้ความเค้นกดในสองแกน (Biaxial Loading) โดยใช้แนวคิดใหม่สำหรับกลไกการกดเพื่อให้มีราคาถูก แม่นยำ และมีความสอดคล้องกับสภาวะความเค้นจริงในภาคสนามซึ่งจะทำให้ถูกกว่าเครื่องปัจจุบันที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ
- 2) เพื่อให้อุปกรณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และถูกยอมรับในวงกว้างในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานราก และเหมืองบนดิน และได้ดิน เป็นต้น ผลที่ได้จากการวิจัยนั้นนอกจากจะเป็นนวัตกรรมใหม่แล้วยังเป็นจุดเริ่มต้นของการทดสอบหินในเชิงสร้างสรรค์โดยมีความสามารถในการกดด้วยแรงและทิศทางที่สมบูรณ์ในสองแกน

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ

ในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 80% โดยทำการทดลองชั้นสูงในห้องปฏิบัติการประกอบด้วยการทดสอบหลายชุดและดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards ซึ่งการทดสอบด้วยอุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความแข็งของตัวอย่างหิน 5 ชนิด ได้แก่ หินทรายชุดพระวิหาร (PW) หินทรายชุดภูพาน (PP) และ หินทรายชุดภูกระดึง (PK) หินอ่อนชุดสระบุรี (SM) และเกลือหินชุดมหาสารคาม (MS) โดยมีขั้นตอนการทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ ประกอบด้วย 1) การทดสอบกำลังกดในแกนเดียวและในสองแกนจากการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์กดหินในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นและโครงกดทดสอบแบบมาตรฐาน และ 2) การหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซอง รูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบกำลังกดในแกนเดียวและในสองแกน ซึ่งตัวอย่างหินหลังการทดสอบทั้ง 5 ชนิด แสดงดังรูปที่ 3 ในตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบกำลังกดในแกนเดียวและในสองแกนจากการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์กดหินในสองแกน และสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซองได้มีการคำนวณในทิศทางตั้งฉากและขนานกับ Bedding plane ของตัวอย่างหิน ในขั้นตอนนี้อยู่ระหว่างดำเนินการ



รูปที่ 1 ค่ากำลังกดในแกนเดียวของตัวอย่างหินทั้ง 5 ชนิด ที่ทดสอบด้วยโครงกดทดสอบในแกนเดียวแบบมาตรฐาน (□) และทดสอบด้วยอุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้น (Δ)

5. แผนการดำเนินงานตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)						ปีที่ 2 (2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	←→											
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	←→	←→										
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน		←→	←→									
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					←→							
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					←→							
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						←→		←→	←→			
7. การวิเคราะห์ผล								←→	←→	←→		
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ											←→	
9. การเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

6. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)					
	เดือนที่					
	1	2	3	4	5	6
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย						
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน						
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน						
4. การสอบเทียบขนาดของแรง						
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน						
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						
7. การวิเคราะห์ผล			←			
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน						←→

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)					
	เดือนที่					
	1	2	3	4	5	6
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย						
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน						
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน						
4. การสอบเทียบขนาดของแรง						
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน						
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						80%
7. การวิเคราะห์ผล			←			50%
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน						← 100%

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 75 โดยประมาณ (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 3 ขั้นตอนสำหรับช่วงเวลา 6 เดือนแรกของปีที่ 2 ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรมวิจัย

ดำเนินการเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน

ดำเนินการเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเครื่องกวดในสองแกน

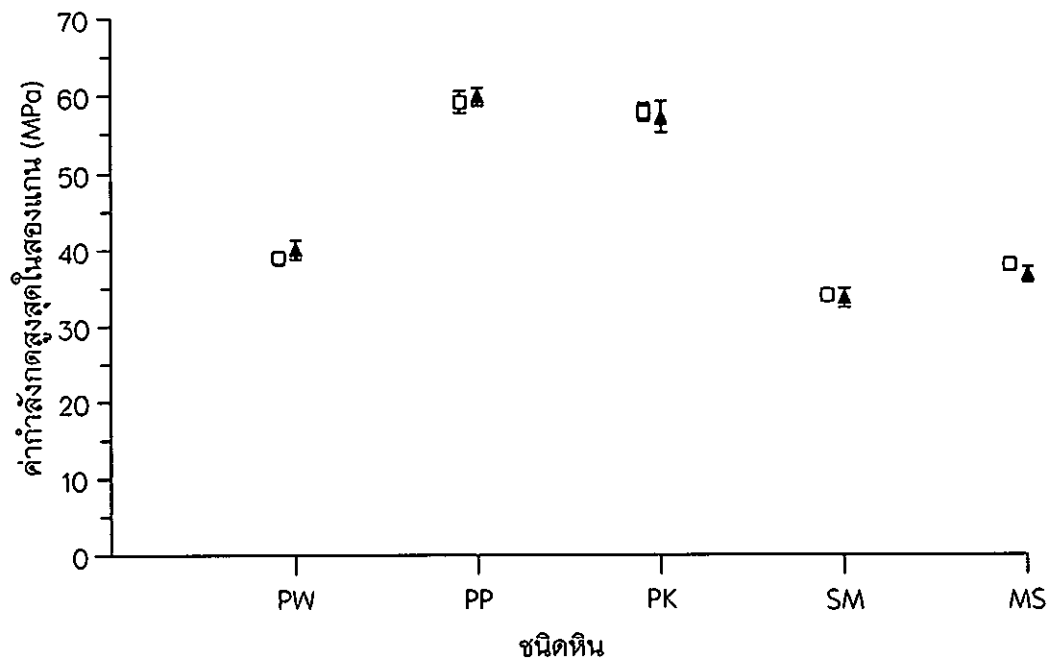
ดำเนินการเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 4 การสอบเทียบขนาดของแรง

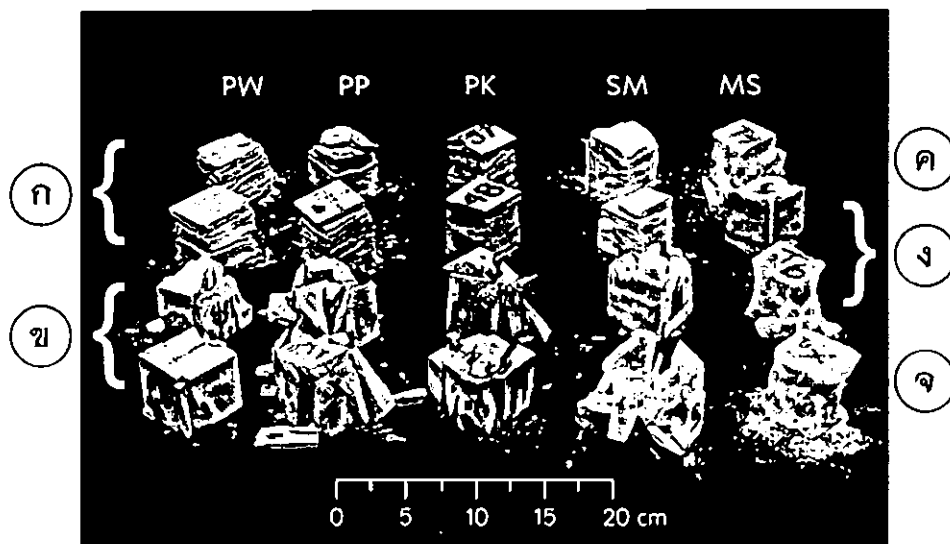
ดำเนินการเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน

ดำเนินการเสร็จ 100%



รูปที่ 2 ค่ากำลังกดในแกนเดียวของตัวอย่างดินทั้ง 5 ชนิด ที่ทดสอบด้วยโครงกดทดสอบในสองแกนแบบมาตรฐาน (□) และทดสอบด้วยอุปกรณ์กดตัวอย่างดินในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้น (▲)



การทดสอบ

- (ก) กำลังกดสูงสุดในแกนเดียว
- (ข) กำลังกดสูงสุดในสองแกน

อุปกรณ์ทดสอบ

- (ค) โครงกดทดสอบในแกนเดียวแบบมาตรฐาน
- (ง) อุปกรณ์กดตัวอย่างดินในสองแกน
- (จ) โครงกดทดสอบในสองแกนแบบมาตรฐาน

รูปที่ 3 ตัวอย่างดินทั้ง 5 ชนิด หลังการทดสอบ

ตารางที่ 1 ค่ากำลังกดสูงสุดในแกนเดียวและค่ากำลังกดสูงสุดในสองแกนทดสอบด้วยอุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนและโครงสร้างทดสอบแบบมาตรฐาน

การทดสอบ	อุปกรณ์ทดสอบ	PW	PP	PK	SM	MS
ความเค้นกดในแกนเดียว (MPa)	โครงสร้างมาตรฐาน	23.4±1.2	32.3±1.9	31.8±2.2	22	21.9±1.9
	อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกน	21.1±1.5	33.4±1.5	30.7±0.5	24.7±1.1	21.7±0.9
ความเค้นกดในสองแกน (MPa)	โครงสร้างมาตรฐาน	39	59±1.4	57.7±1.2	34	37.9±0.6
	อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกน	39.9±1.2	59.8±1.1	57.1±1.9	33.5±1.2	36.5±0.9

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผล

ในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 50% ผลการทดสอบในเบื้องต้นนั้นระบุว่าค่าความแข็งและค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบด้วยอุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกน มีความสอดคล้องกันกับผลการทดสอบด้วยโครงสร้างทดสอบในแกนเดียวและในสองแกนแบบมาตรฐาน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการออกแบบอุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนมีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบตัวอย่างหินภายใต้สภาวะความเค้นกดในสองทิศทางอย่างแท้จริง ($\sigma_1 = \sigma_2, \sigma_3 = 0$) สำหรับการวิเคราะห์ข้อได้เปรียบและข้อแนะนำสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตนั้นยังอยู่ในระหว่างดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 8 การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ

จะดำเนินการในช่วงเดือนที่ 9 และ 10 ของปีที่ 2

ขั้นตอนที่ 9 การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- การทบทวนวรรณกรรมวิจัย
- การออกแบบเครื่องกดในสองแกน
- การสร้างเครื่องกดในสองแกน
- การสอบเทียบขนาดของแรง
- การจัดเตรียมตัวอย่างหิน
- การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ

โดยขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานฉบับสมบูรณ์ต่อไป

9. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

- ไม่มี -

10. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)					
	เดือนที่					
	7	8	9	10	11	12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย						
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน						
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน						
4. การสอบเทียบขนาดของแรง						
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน						
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						
7. การวิเคราะห์ผล						
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน						

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ ซึ่งคาดว่าจะกิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

ไม่มี

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



0-5609183

บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส. แบบ สบวพ. 33-01
FORM 180-B: จดแจ้งรับทราบ

วันที่ 31/6/2555

วันที่ 25 ต.ค. 2555

เลขที่ 11.002 26

หน่วยงาน.....สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....โทร.....4229
ที่ ศธ. 5614(22)/ 639.....วันที่ 25 ตุลาคม 2555
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556.....งวดที่ 1.....

SUT7-719-55-24-30

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร.....สังกัดสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556.....เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อจำกัดตัวอย่างหินในสองแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 220,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556.....
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 110,000 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....12,000.....บาท

ระยะเวลา.....6.....เดือน.....จำนวน.....1.....คน.....เป็นเงิน.....72,000.....บาท

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

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

ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....บาท

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

รวม.....72,000.....บาท

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาอื่นๆ.....เป็นเงิน.....23,000.....บาท

ค่าวัสดุทดสอบและค่าวัสดุอื่นๆ.....เป็นเงิน.....15,000.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

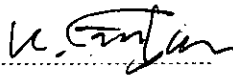
.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

รวม.....38,000.....บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

24/ ม.ค. / ๒๕๖

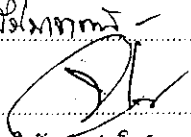
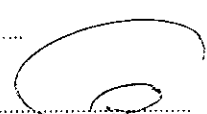
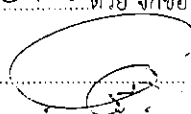
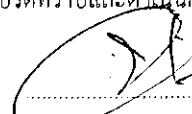


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพชร จงกต)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการพิเศษพิเศษ

24 มิ.ย. 2555

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่...../..... แล้ว ☒ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน <u>10000</u> บาท (หม่อมหลวงพรหมวิทย์ไพฑูริย์)  (นางสุวิมล จันทร์โพธิ์สุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 01 พ.ย. 2555	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2 พ.ย. 2555
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน <u>10000</u> บาท (หม่อมหลวงพรหมวิทย์ไพฑูริย์) ✓ เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี <u>โครงการวิจัย</u> โดยมี <u>กรมการคลัง</u> 0000000000 เลขที่บัญชี <u>๖๐๖-๔๙๙๕๔-๐</u> ด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง <u>คณบดี</u>  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2 พ.ย. 2555	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางสุวิมล จันทร์โพธิ์สุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 2 พ.ย. 2555



๐๕/

ต้นฉบับ

SUT7-719-55-24-30

สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่ 5/2555 ลงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2554

สัญญาฉบับนี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2555 ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดย รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบอำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 6/2552 ลงวันที่ 26 กันยายน 2552 และคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่ายหนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงแก้ไขเพิ่มเติมสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 5/2555 ลงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2554 มีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุน ตกลงขยายเวลาและให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพิ่มเติม สำหรับโครงการวิจัย เรื่อง “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน” ตามเอกสารหมายเลข 1 ออกไปอีกมีกำหนดระยะเวลาประมาณ 11 เดือน นับตั้งแต่วันที่ 10 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2556 เป็นจำนวนเงิน 220,000 บาท (สองแสนสองหมื่นบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตามรายละเอียด ดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 110,000 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

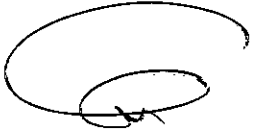
งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 110,000 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

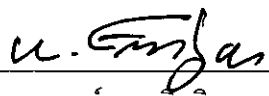
ข้อ 2. ผู้รับทุนจะนำส่งผลงานเพิ่มเติม ดังนี้

- (1) รายงานความก้าวหน้าของการวิจัยตามให้ผู้ทุนกำหนดเป็นคราวๆ ไป
- (2) รายงานการวิจัยพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2556 เดือนตุลาคม 2556

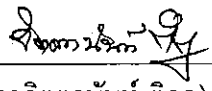
ข้อ 3. เงื่อนไขอื่นๆ ซึ่งไม่ได้กำหนดไว้ในสัญญานี้ ให้เป็นไปตามเดิมทุกประการ

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

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

(ลงชื่อ)  ผู้รับทุน
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร)
หัวหน้าโครงการวิจัย

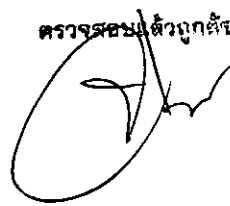
(ลงชื่อ)  พยาน
(รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ชวนิประศาสน์)
คณบดี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

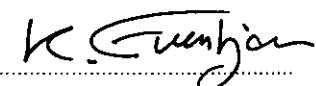
(ลงชื่อ)  พยาน
(นางสาวจิตตานันท์ ติกุล)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

5077-719-55-24-30

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ทดตัวอย่างหินในสองแกน

รายการค่าใช้จ่าย	งบประมาณ (บาท)		
	งวดที่ 1	งวดที่ 2	รวม
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)			
ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท	72,000.00	72,000.00	144,000.00
(1 คน x 10,000 บาท)			
รวม	72,000.00	72,000.00	144,000.00
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย			
1) ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม	23,000.00	23,000.00	46,000.00
ค่าจ้างพิมพ์รายงานการวิจัย ค่าจ้างเหมาสืบค้นข้อมูล			
ค่าจ้างเหมาจัดเตรียมตัวอย่างหิน และค่าจ้างเหมาอื่นๆ			
2) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD ใบตัด	15,000.00	15,000.00	30,000.00
น้ำมันไฮดรอลิก หัวเจาะ และค่าวัสดุอื่นๆ			
รวม	38,000.00	38,000.00	76,000.00
ค่าวัสดุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)	-	-	-
รวม	110,000.00	110,000.00	220,000.00

ตรวจสอบด้วยหลักฐาน

(นางจุไรรัตน์ ทุ่มโพธิ์สุวรรณ)

(ลงชื่อ) 
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าโครงการ
5๓.๑.55

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน /
(ภาษาอังกฤษ) Design and Invention of Biaxial Loading Device for Rock Specimens /

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

☐ โครงการวิจัยใหม่☒ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...2...ปี ปีนี้เป็นปีที่...2... รหัสโครงการวิจัย.....

I. ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิทยาการและ
ทรัพยากรบุคคล

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 พัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนา
องค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

แผนงานวิจัยที่ 1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์และองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี
วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข สัตว์ทดลองและวิธีการอื่นเพื่อทดแทนการใช้สัตว์
เทคโนโลยีด้านอาวุธยุทธโธปกรณ์ เป็นต้น

II. ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์
การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

๑. เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม

II. ระบุความสอดคล้องของแผนงานวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

1. นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง

1.1 การสร้างความเชื่อมั่นและกระตุ้นเศรษฐกิจในภาพรวมเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นแก่ภาค
ประชาชนและเอกชนในการลงทุนและการบริโภค

1.1.4 เร่งสร้างความเชื่อมั่นของประเทศไทยในสายตาของชาวโลก

2. นโยบายระยะการบริหารราชการ 3 ปี ของรัฐบาล

2.5 นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัย และนวัตกรรม

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ และหน่วยงาน ประกอบด้วย หน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

หัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร (รับผิดชอบ 100%)

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224443, 044-224448, 044-224441 โทรสาร 044-224448, 044-224611

2. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (Applied research)

3. สาขาวิชาและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

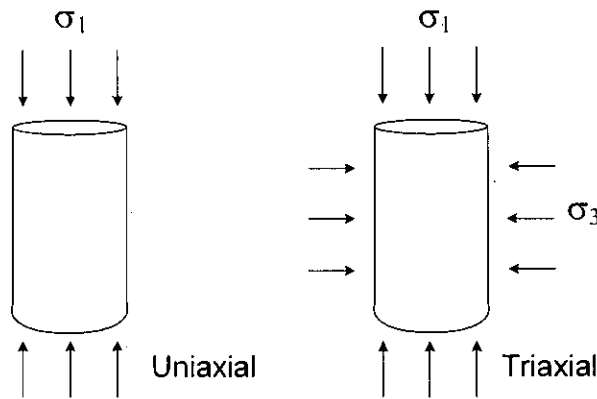
สาขาวิชาการ	วิศวกรรมธรณี	วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
กลุ่มวิชา	กลศาสตร์หิน	ปฐพีกลศาสตร์	

4. คำสำคัญ (keywords)

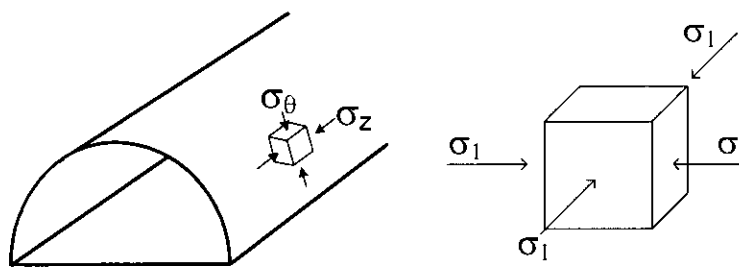
Compression	Stress	Rock	Failure	Testing
การกด	ความเค้น	หิน	การแตก	การทดสอบ

5. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่ากำลังกดของหินมักจะดำเนินการ 2 วิธี คือ การทดสอบแรงกดในแกนเดียว และการทดสอบแรงกดในสามแกน (ASTM D7012-10) วิธีแรกดำเนินการเพื่อหาค่ากำลังกดสูงสุดของหินในภาคสนามในระดับต้น ส่วนวิธีที่สองดำเนินการเพื่อหาค่ากำลังกดของหินในระดับลึก วิธีนี้มีการให้ความดันล้อมรอบตัวอย่างหินเพื่อจำลองสภาวะความเค้นในภาคสนามในระดับลึก (รูปที่ 1) ทั้งสองวิธีจะใช้ตัวอย่างหินที่เป็นรูปทรงกระบอกที่ได้จากภาคสนาม อย่างไรก็ตามการทดสอบทั้งสองวิธีไม่สามารถจำลองสภาวะแวดล้อมของหินในภาคสนามได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินที่อยู่รอบผนังอุโมงค์หรือโพรงที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในงานวิศวกรรมธรณีในลักษณะต่างๆ เพราะหินที่อยู่รอบผนังโครงสร้างเหล่านี้จะอยู่ภายใต้ความเค้นในสองแกน (หรือสองทิศทาง) ที่มีค่าสูง (รูปที่ 2) การนำผลที่ได้จากการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและในสามแกนมาใช้ในการประเมินเสถียรภาพและออกแบบจึงไม่สมจริงและไม่เหมาะสมสำหรับหินรอบผนังโครงสร้างเหล่านี้ ดังนั้นตามหลักการแล้วจึงควรนำผลการทดสอบกำลังกดในสองแกนเข้ามาประยุกต์ใช้สำหรับหินที่อยู่บนผนังอุโมงค์ดังกล่าว



รูปที่ 1 การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM แบบดั้งเดิม ในแกนเดียว (ซ้าย) และในสามแกน (ขวา)



รูปที่ 2 สภาวะความเค้นในสองแกนที่เกิดขึ้นบนผนังอุโมงค์ (ซ้าย) และที่เสนอในการทดสอบในงานวิจัยนี้ (ขวา)

เนื่องจากอุปกรณ์สำหรับการทดสอบแรงกดในสองแกนมีราคาแพงและหายาก อีกทั้งวิธีการทดสอบก็มีความซับซ้อน มีสถาบันวิจัยในต่างประเทศ 4-5 แห่ง เท่านั้นที่สามารถทดสอบหรือจำลองความเค้นกดในสองแกนบนตัวอย่างหินได้ และยังไม่มียูนิเวอร์ซิตีมาตรฐานของ ASTM ที่ได้กำหนดกระบวนการทดสอบไว้ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบและวิจัยในต่างประเทศระบุว่าเกณฑ์การแตกของหินภายใต้แรงกดในสองแกนจะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์การแตกของหินภายใต้แรงกดในสามแกน ดังนั้น การสร้างเกณฑ์การแตกของหินที่อยู่รอบผนังโพรงหรืออุโมงค์ควรพัฒนามาจากการทดสอบหินภายใต้แรงกดในสองแกน เพราะถ้านำผลจากการกดในสามแกนมาประยุกต์ใช้จะส่งผลให้การประเมินเสถียรภาพและการออกแบบไม่เป็นในเชิงอนุรักษ์

ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงสร้างอุโมงค์และโพรงที่อยู่ในมวลหินใต้ดินมากมาย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจำลองและทดสอบหินภายใต้แรงกดในสองแกนเพื่อประเมินเสถียรภาพของหินบนผนังโครงสร้างดังกล่าว แต่การสั่งซื้อหรือนำเข้าอุปกรณ์ทดสอบที่มีราคาแพงหลายล้านบาทจึงไม่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับสถานะเศรษฐกิจในปัจจุบัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์ใหม่ที่มีราคาถูก ทนทาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงกดทดสอบทั่วไปที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกสถาบันอุดมศึกษาและองค์กรภาครัฐที่ดำเนินงานเกี่ยวกับวิศวกรรมโยธาและธรณี

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 6.1 ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบหินเพื่อใช้จำลองสภาพของหินภายใต้ความเค้นกดในสองแกน (Biaxial Loading) โดยใช้แนวคิดใหม่สำหรับกลไกการกดเพื่อให้มีราคาถูกลง แม่นยำ และมีความสอดคล้องกับสภาวะความเค้นจริงในภาคสนามซึ่งจะมีราคาถูกกว่าเครื่องปัจจุบันที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ
- 6.2 เพื่อให้อุปกรณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และได้รับการยอมรับในวงกว้างในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานราก และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ผลที่ได้จากการวิจัยนี้นอกจากจะเป็นนวัตกรรมใหม่แล้วยังเป็นจุดเริ่มต้นของการทดสอบหินในเชิงสร้างสรรค์โดยมีความสามารถในการกดด้วยแรงและทิศทางที่สมบูรณ์ในสองแกน

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 7.1 งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินในความเค้นสองแกนเพื่อใช้ในห้วงปฏิบัติการ
- 7.2 ขนาดของตัวอย่างหินคือ $50 \times 50 \times 50$ มม³
- 7.3 เครื่องกดทดสอบดังกล่าวจะใช้กลไกเชิงกลศาสตร์เพื่อให้ความเค้นที่คงที่ในระดับต่างๆ โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม
- 7.4 เครื่องกดทดสอบในสองแกนจะให้แรงกดสูงสุดไม่ต่ำกว่า 1,200 psi
- 7.5 เครื่องกดทดสอบในสองแกนจะสามารถทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินได้ครบถ้วน เช่น ความยืดหยุ่น มุมเสียดทานภายใน ความเค้นยึดเหนี่ยว ค่าแรงกดสูงสุด มุมเสียดทานของรอยแตก ค่ากำลังเฉือนสูงสุดของรอยแตก ค่าอัตราส่วนของ Poisson's ค่าความหนืดเชิงยืดหยุ่น และค่าความหนืดเชิงพลาสติก เป็นต้น
- 7.6 เครื่องกดทดสอบในสองแกน สามารถให้รูปแบบการทดสอบได้หลากหลาย เช่น การกดในสองแกน การหาค่ากำลังเฉือนของรอยแตกในสองแกน การทดสอบการเคลื่อนไหล (Creep) ในสองแกน
- 7.7 ในการออกแบบเครื่องกดทดสอบในสามแกนจริงจะใช้โปรแกรม SolidWork เข้ามาในทุกองค์ประกอบของเครื่องมือ
- 7.8 จะมีการสาธิตความสามารถและประสิทธิภาพของเครื่องกดทดสอบในสองแกน
- 7.9 หินที่คัดเลือกเพื่อใช้เป็นตัวอย่างทดสอบจะมีอย่างน้อย 5 ชนิด ที่มีความแตกต่างในเชิงคุณสมบัติทางกลศาสตร์
- 7.10 จะมีการเขียนคู่มือการใช้เครื่องมืออย่างละเอียดและเป็นขั้นตอนโดยมีรูปถ่ายประกอบ
- 7.11 จะมีการจดสิทธิบัตรเครื่องมือ วิธีการใช้ และวิธีการประมวลผล
- 7.12 จะมีการเผยแพร่เทคโนโลยีโดยตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ และนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

8. ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework)

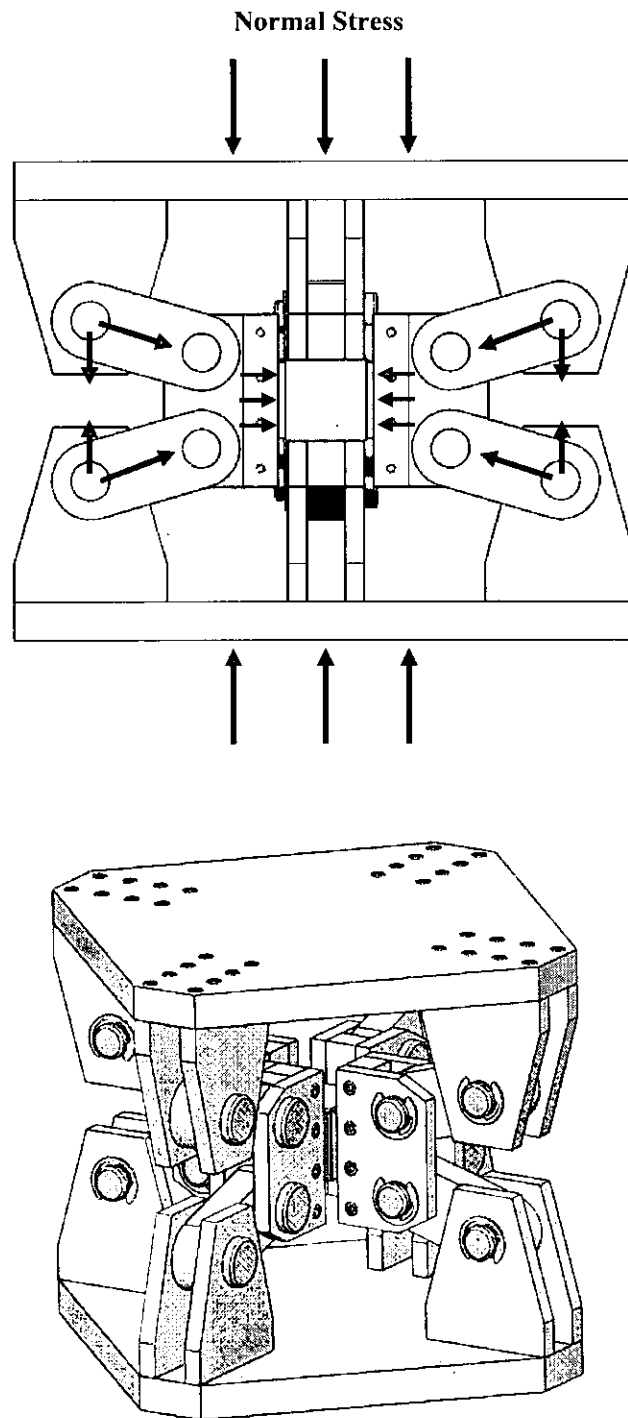
แนวคิดของการประดิษฐ์และออกแบบอุปกรณ์ทดสอบแรงกดในสองแกนของหินนี้คือ การถ่ายแรงกดในแกนเดียวที่อยู่ในแนวตั้งที่ได้จากโครงกดทดสอบที่มีอยู่ทั่วไปให้มาอยู่ในสองแกนที่ตั้งฉากซึ่งกันและกันในแนวระนาบ อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบโดยอาศัยหลักกลศาสตร์ (คานจัด) โดยที่ตัวอย่างหินจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า แรงในแนวระนาบที่ให้อยู่บนสี่ด้านของตัวอย่างหิน ส่วนในแนวตั้งจะไม่มีแรงกด

บนตัวอย่างหิน กล่าวคือ เพื่อจำลองสภาวะแรงกดในสองทิศทางนั่นเอง รูปที่ 3 แสดงแนวคิดในการออกแบบของอุปกรณ์ทดสอบแรงกดในสองแกนของหิน โดยอุปกรณ์นี้จะมีตัวอย่างหินอยู่ที่จุดกึ่งกลางข้างใน ในขณะทดสอบอุปกรณ์และตัวอย่างหินจะถูกใส่อยู่ในโครงกดทดสอบ เมื่อให้แรงด้านบนและด้านล่างต่ออุปกรณ์นี้ โดยแรงดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงในแนวระนาบในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน เมื่อแรงกดในแนวตั้งเพิ่มขึ้น (อาจใช้แม่แรงทั่วไป) แรงในแนวระนาบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน ซึ่งสัดส่วนนี้ถูกกำหนดโดยมุมและระยะของคานกดทั้งแปดตัว (สี่คานบนและสี่คานล่าง) การออกแบบอุปกรณ์นี้จะใช้โลหะที่มีความแข็งแรงสูงและสามารถกดหินทั่วไปให้แตกได้ การเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) ของตัวอย่างหินทั้งสองทิศทางก็สามารถตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่องในขณะที่ให้แรงกด โดยใช้มาตรวัดการยุบตัวติดเข้ากับหัวกดบนผิวตัวอย่างหินทั้งสองทิศทาง

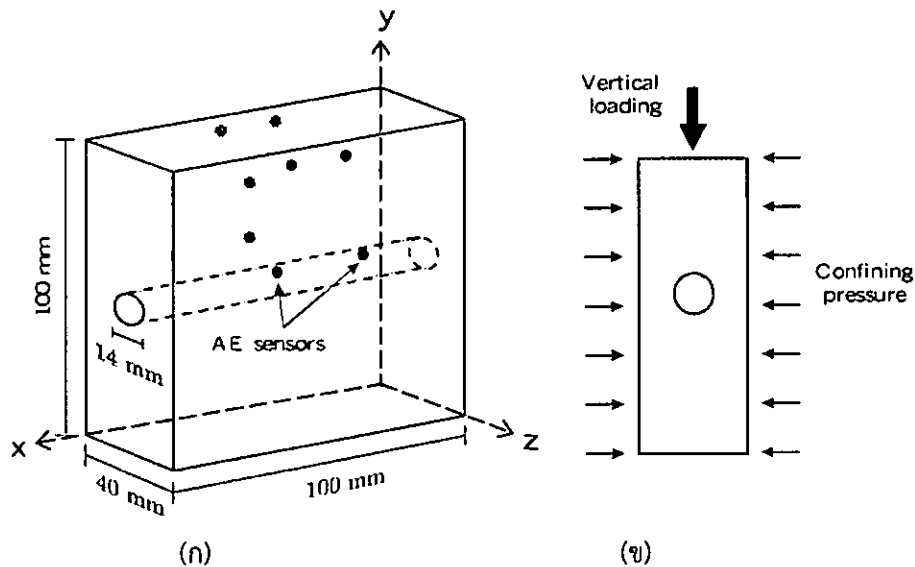
9. การทบทวนวรรณกรรม (reviewed literature) / สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะสรุปผลการทบทวนวรรณกรรมวิจัยเบื้องต้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของรูปแบบการทดสอบที่เป็นจุดเด่นของเครื่องกดทดสอบในสองและสามแกน งานวิจัยต่อไปนี้เป็นงานวิจัยบางชิ้นที่ดำเนินการโดยนักวิจัยในต่างประเทศในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา

Fakhimi et al. (2002) ได้ทำการทดสอบตัวอย่างหินทราย ขนาด $40 \times 100 \times 100$ มม. ที่เจาะรูจนทะลุโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร โดยให้ความเค้นใน 2 ทิศทาง (รูปที่ 4) แรงดันด้านข้างมีขนาดเท่ากับ 7.5 MPa เพื่อจำลองพฤติกรรมการวิบัติของหินรอบอุโมงค์ที่หินมีคุณสมบัติเป็นหินเปราะ (Brittle rock) ในการทดสอบได้มีการบันทึกขนาดของแรงกดในแนวแกนและการเคลื่อนตัวของตัวอย่างหินทั้งในแนวแกนและด้านข้างจนเกิดการวิบัติ และได้มีการตรวจหารอยแตกขนาดเล็ก (microcrack) ที่เกิดขึ้นในตัวอย่างหินด้วยเทคนิคคลื่นเสียง (acoustic emission technique) ผลที่ได้รับพบว่ารอยแตกขนาดเล็กเกิดขึ้นบริเวณผนังด้านข้างของอุโมงค์และแพร่กระจายทำมุมเฉียงออกไปทั้งสองข้าง ซึ่งรอยแตกขนาดเล็กนี้จะรวมตัวกันเป็นรอยแตกแบบเฉือน (Shear fracture) ในที่สุด และมีการเคลื่อนตัวของหินบริเวณผนังด้านข้างของอุโมงค์เข้ามาในอุโมงค์ด้วย ทั้งนี้ผู้คณะวิจัยได้มีการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยอาศัยโปรแกรม Particle Flow Code (PFC^{2D}) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของหินและการวิบัติรอบอุโมงค์ โดยแบบจำลองดังกล่าวสร้างจาก Element รูปร่างกลมขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของหินอาศัยแรงเสียดทานและแรงดึงดูดระหว่าง Element ค่าคงที่สำหรับใส่ให้กับโปรแกรมได้แก่ สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น อัตราส่วนของ Poisson และความเค้นสูงสุดในการกดแกนเดียวได้จากการสอบเทียบจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ให้ผลที่สอดคล้องกันกับผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3 แสดงทิศทางการให้แรงและการออกแบบอุปกรณ์ทดสอบแรงกดในสองแกนของหิน



รูปที่ 4 การจัดเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบ (ก) รูปร่างของตัวอย่างและการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดรอยแตกขนาดเล็ก (ข) ลักษณะและทิศทางของแรงที่กระทำบนตัวอย่าง (Fakhimi et al., 2002)

Alsayed (2002) ได้สร้างตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกกลางซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบในการจำลองสภาวะความเค้นที่อยู่รอบๆ อุโมงค์ใต้ดินเพื่อศึกษาพฤติกรรมของวัสดุทางธรณีที่อยู่ภายใต้การผันแปรแนวความเค้น ตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกกลางได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทดสอบ Conventional Triaxial Cell ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Hoek และ Franklin ในปี 1968 และส่วนประกอบของ Internal pressure loading ที่ถูกออกแบบเป็นพิเศษ ตัวอย่างหินทรายที่ Springwell ภายใต้การทดสอบ Uniaxial, biaxial, triaxial, และ polyaxial compression ซึ่งให้ผลคล้ายกับการทดสอบแรงดึงทางอ้อม ผลลัพธ์ยืนยันถึงผลกระทบของ σ_2 ของหินที่แตกและแสดงให้เห็นสภาวะความเค้นที่กำหนดอันส่งผลกระทบบกับความแข็งแรงของหิน เครื่องมือนี้มีเป้าหมายเพื่อที่จะช่วยสร้างระบบทั่วไปในการทดสอบหลายแกนซึ่งมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงในการทำนายพฤติกรรมที่แท้จริงของหินและเป็นแนวทางการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข

Tiwari and Rao (2006) ได้สร้างแบบจำลองทางกายภาพในการทดสอบการกด 3 แกน และการทดสอบใน 3 แกนจริงของมวลหินที่จะถูกนำไปใช้อธิบายพฤติกรรมการแตกที่เกิดขึ้น ตัวอย่างหินประกอบด้วยรอยแตกที่ต่อเนื่องจำนวน 3 ชุด ที่ได้เตรียมมาจาก block ของแบบจำลองวัสดุ sand lime การทดสอบได้ทำโดยใช้ระบบกดทดสอบใน 3 แกนจริง (TTS) ที่ถูกพัฒนาขึ้น ผลที่ได้แสดงความเครียดที่เพิ่มมากขึ้น (strain hardening) ความเครียดที่ลดลง (strain softening) และพฤติกรรมเชิงพลาสติกของมวลหินที่ถูกจำลองที่ซึ่งขึ้นกับรูปร่างเชิงเรขาคณิตของรอยแตกและสภาวะความเค้น

Sibai et. al. (1997) กล่าวว่า ในการทดสอบทั่วไปการหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ ได้จากการทดสอบไฮดรอลิกแฟรคเจอร์ริง (hydraulic fracturing test) เพื่อนำไปหาความดันที่จุดแตก (breakdown pressure, P_c) ความดันเพื่อขยายรอยแตก (Fracture reopening pressure, P_r) และความดันที่จุดปิด (Shut-in pressure, P_s) ซึ่งค่าความดันทั้ง 3 ค่านี้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาความเค้นในที่ (In situ stress) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ใช้เครื่องกดทดสอบแบบสามแกนจริงกับตัวอย่างหินแกรนิต ($E = 60 \text{ GPa}$, $\nu =$

0.17, 0.1% porosity , $\sigma_c = 4$ MPa) ขนาด $50 \times 50 \times 50$ เซนติเมตร และติดตั้งเครื่องวัดความดัน (Straddle packer) ในรูที่เจาะไว้ในแท่งตัวอย่างหินซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 52 มิลลิเมตร ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ LVDT เข้ากับPacker เพื่อวัดการหดตัวของรูเจาะและความกว้างของรอยแตกในขณะที่กำลังทดสอบอัดความดัน (Pressurized test) และ Closure test ในการทดสอบได้แปรผันค่าความดันด้านข้าง และมีการบันทึกค่าความดันจาก Packer ระยะห่างระหว่าง Packer ช่วงของความดันที่ใช้ในการทดสอบ และอัตราการไหลตลอดการทดสอบ ผลสรุปของการศึกษาคือความดันเพื่อขยายรอยแตกที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้จากสมการ ค่าความดันทั้ง 3 ค่า ที่กล่าวในข้างต้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติด้านกลศาสตร์ของหิน และผลจากการทดสอบพบว่าความเค้นรอบรูเจาะมีความสอดคล้องกับที่คำนวณได้จากสมการของ Kirsch (Kirsch solution)

Alexeev et al. (2004) ศึกษาเครื่องมือกดในสามแกนจริงและการนำไปใช้ทำนายการระเบิดออกของถ่านหิน ซึ่งเครื่องมือกดในสามแกนจริง (True triaxial loading, TTAL) มี 2 รุ่น คือ เครื่องมือรุ่นแรกสร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบความเค้นในสภาวะจริงที่เกิดขึ้นในตัวอย่างหิน เครื่องมือในรุ่นที่สองได้มีการพัฒนาให้สามารถตรวจวัดความเค้นได้แม่นยำขึ้นและสามารถจำลองการระเบิดออกของหินอย่างทันทีทันใดได้ เครื่องมือทั้งสองรุ่นนี้สามารถเพิ่มความดันได้ 250 MPa ในสามแกนอย่างเป็นอิสระ สอดคล้องกับความลึกใต้พื้นโลกประมาณ 10,000 เมตร ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นถึงความสามารถการดูดซึมน้ำและอิทธิพลของมีเทนในถ่านหินที่มีผลกระทบต่ออาการจำลองการระเบิดออกของถ่านหิน

Chang และ Haimson (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและการแตกของหินภายใต้ความดันในสามแกนจริง โดยทำการทดสอบค่าความแข็งของหินฮอว์นเฟล และหินเมตาไฟรต์ ที่ความลึก 2,025 ถึง 2,996 เมตร ของแนวเทือกเขาแคลเดอร์ลาในรัฐแคลิฟอร์เนียประเทศสหรัฐอเมริกา หินทั้งสองชนิดมีลักษณะแบบชั้น (banded) และมีค่าความซึมผ่านต่ำมาก การทดสอบความต้านทานแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial compression tests) โดยให้แนวการวางตัวของลักษณะแบบชั้นของหินแตกต่างกัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าหินฮอว์นเฟลมีค่าความแข็งเท่ากันในทุกทิศทาง (isotropic) และหินเมตาไฟรต์มีความไม่เท่ากันในทุกทิศทาง (anisotropic) การทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนแบบดั้งเดิม (Conventional triaxial compression tests) แสดงให้เห็นว่าความแข็งของหินทั้งสองชนิดในแต่ละแนวการวางตัวของลักษณะแบบชั้นเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงต่อความดันโดยรอบ การทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนจริง (True triaxial compression tests) ตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีมุมแนวการวางตัวของลักษณะแบบชั้นคงที่ และค่าความเค้นหลัก (σ_1) ความเค้นกลาง (σ_2) และ ความเค้นรอง (σ_3) มีค่าแตกต่างกัน เมื่อเพิ่มค่า σ_1 อย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างหินแตก ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่แตกต่างกันของหินสองชนิดภายใต้สภาวะการทดสอบเดียวกัน และค่า σ_3 จะไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของหินเมื่อไม่ค่านิ่งถึงค่า σ_2 การวัดค่าความเครียด (strain) ในแนวแรงกดทั้งสามแกนสามารถนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) ต่อค่า σ_1 ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้ค่อนข้างคงที่ในเชิงเส้นตรง

Song และ Haimson (1997) ได้จำลองหลุมเจาะขึ้นมาในตัวอย่างหินทรายและหินแกรนิตเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความสัมพันธ์ของการแตกของหินในหลุมเจาะ (Borehole breakout) และความเค้น โดยใช้เครื่องกดทดสอบแรงกดในสามแกนจริง โดยใช้การสันนิษฐานที่ว่าสภาวะความเค้นที่ขอบเขตรอยแตกของผนังหลุมเจาะมีค่าความแข็งที่เท่ากัน กฎเกณฑ์ของ Mohr-Coulomb ไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการพิจารณาการแตกของหลุมเจาะ ซึ่งกฎเกณฑ์ของแรงกดในสามแกนจริงใช้ได้ดีกว่าเนื่องจากผลของ σ_2 มีความเหมาะสมต่อขอบเขตของการแตก เช่น กฎเกณฑ์ของ Nadai (1) ใช้สำหรับหินทราย และ Mogi (2) ใช้สำหรับหินแกรนิต

$$\tau_{oct} = f_1 (\sigma_{oct}) \quad (1)$$

เมื่อ
$$\tau_{oct} = \frac{1}{3} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}}, \text{ และ}$$

$$\sigma_{oct} = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

โดยที่ f_1 คือ ผลที่ได้จากการทดสอบ

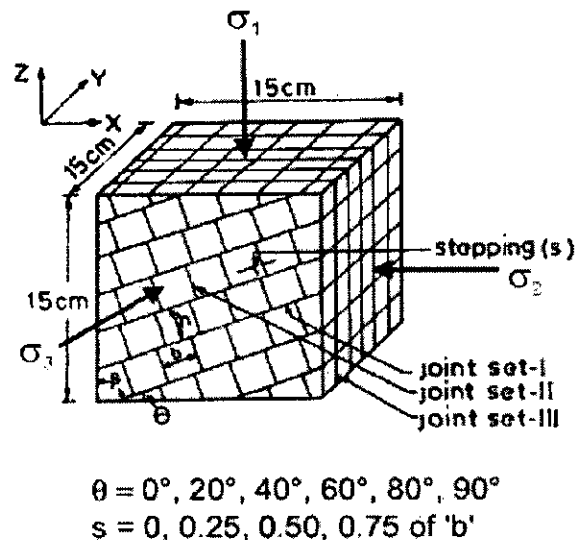
$$\tau_{oct} = f_2 (\sigma_2^m) \quad (2)$$

เมื่อ
$$\sigma_{oct} = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$$

โดยที่ f_2 คือ ฟังก์ชันที่เพิ่มขึ้นทางคณิตศาสตร์ขึ้นกับชนิดหิน การวิเคราะห์แผ่นหินบาง (thin section) มีบทบาทสำคัญต่อกลไกทางกลศาสตร์ของการแตก และค่าความแข็งขึ้นกับชนิดของหิน

Wawersik et al (1997) ได้ทำการทดสอบเชิงกลศาสตร์ภายใต้สภาวะความเค้นปกติและ arbitrary stress path ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาพฤติกรรมของหิน และระบบทางธรณีวิทยาที่ซับซ้อน การทดสอบเชิงกลศาสตร์ภายใต้สภาวะความเค้นจริงในสามมิติมีความจำเป็นในการประเมินสมมติฐานและพัฒนาทฤษฎีสำหรับปรากฏการณ์ เช่น ความเครียดเฉือน (shear-strain) ของรอยเลื่อนทางธรณี ผลที่ได้นำไปสู่ความสัมพันธ์ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนจริงที่ใช้เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดแบบดั้งเดิม และข้อดีที่พบในเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนจริงที่สามารถรับความเค้นรอบข้างที่แตกต่างกันทั้งสามทิศทางได้ และที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหินที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (inhomogeneous)

Tiwari and Rao (2004) ได้ศึกษาพฤติกรรมของมวลหินภายใต้ความเค้นสามแกนจริง โดยการนำเอาก้อนอิฐบล็อกหรือลูกปูน (Sand-lime brick) ขนาดเล็ก ($\sigma_c = 13.5$ MPa) มาเรียงกันให้เป็นแท่งตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 15 เซนติเมตร เพื่อจำลองเสมือนว่าเป็นมวลหินจริง ตัวอย่างถูกสร้างขึ้นมาให้มีมุมเอียงของระนาบรอยแตก (รอยแตกชุดที่ 1) ซึ่งวัดเทียบกับแนวระนาบผืนแปรตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา (รูปที่ 5) โดยเครื่องกดทดสอบในสามแกนจริงที่ใช้ถูกสร้างโดย Rao and Tiwari (2002) ผลการทดสอบระบุว่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้นสูงสุด (309.2%) เมื่อระนาบของรอยแตกเอียง 60 องศา ($\theta = 60^\circ$) และต่ำสุด (24.2%) เมื่อระนาบเอียงทำมุม 90 องศา ($\theta = 90^\circ$) จากการเพิ่มขนาดของความเค้นกลาง (σ_2) ในทิศทางของการเอียงตัวของระนาบรอยแตกชุดที่ 1 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (E_p) และกำลังต้านทานแรงกดในแกนหลักเพิ่มขึ้นด้วย ตัวอย่างส่วนมากจะมีการวิบัติในรูปแบบของการเคลื่อนตัวผ่านระนาบรอยแตกที่จำลองขึ้น ส่วนผลกระทบจากการจัดเรียงลูกปูนในรูปแบบอื่น (เพื่อจำลองการเกิดการยืดเหนียวในรูปแบบที่ต่างกัน) และการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเค้นกลางและความเค้นรองต่อความแข็งนั้นยังมีการศึกษาน้อยและยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัด



รูปที่ 5 การจำลองชุดรอยแตกในมวลหินด้วยลูกปูน (Sand-lime brick) ขนาดเล็ก โดยแปรผันมุมเอียงของชุดรอยแตกตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา (Tiwari and Rao, 2004)

10. เอกสารอ้างอิง (Reference) ของโครงการวิจัย

- Alexeev, A. D., and Revva, V. N., Alyshev, N. A., and Zhitlyonok, D. M., 2004, True triaxial loading apparatus and its application to coal outburst prediction, *International Journal of Coal Geology* 58, pp. 245-250.
- Al-Rawas, A. A., Taha, R., Nelson, J. D., Al-Shap, T. B., and Al-Siyabi, H., 2002, *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 25, Issue 2.
- Alsayed, M. I., 2002, Utilising the hoek triaxial cell for multiaxial testing of hollow rock cylinders, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 39, UK, pp. 355-366.
- Amadei, B. and Robinson, J., 1986, Strength of rock in multi-axial loading conditions, In *Proceedings of the 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, Tuscaloosa, Alabama, pp. 47-55.
- Anhdan, L. Q., Koseki, J., Hayano, K., and Sato, T., 2005, True triaxial apparatuses with two rigid boundaries, *Geo-Frontiers* 2005.
- ASTM D2664-86. Standard test method for triaxial compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements. In *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 04.08). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Brace, W.F., 1964, Brittle fracture of rocks, In *State of stress in the earth's crust*, Elsevier, N.Y., pp. 111-174.
- Brook, N., 1993, The measurement and estimation of basic rock strength, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.

- Chang, C., and Haimson, B., 2005, Non-dilatant deformation and failure mechanism in two Long Valley Caldera rocks under true triaxial compression, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 42, USA, pp. 402-414.
- ϣCheon, D. S., Park, S. J. C. and Ryu, C., 2006, An experimental study on the brittle failure under true triaxial conditions, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21 (3-4): 448-449.
- Colmenares, L. B., and Zoback, M. D., 2002, A statistical evaluation of intact rock failure criteria constrained by polyaxial test data for five different rocks, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 39, USA, pp. 695-729.
- Cornet, F. H., 1993, Stresses in rock and rock masses, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.
- D.S. Cheon, S. Jeon, C. Park, C. Ryu, 2006, An experimental study on the brittle failure under true triaxial conditions, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21: 448–449.
- Dihoru, L., Wood, D. M., Sadek, T., and Lings, M., 2005, A neural network for error prediction in a true triaxial apparatus with flexible boundaries, *Computers and Geotechnics* 32, UK, pp. 59-71.
- Elliott, G. M., 1993, Triaxial testing for rock strength, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.
- Esaki, T., and Kimura, T., 1989, Mechanical behaviour of rocks under generalized high stress conditions, In *Rock at Great Depth*, Maury, V. and Fourmaintraux, D. (eds), Vol. 1, Balkema, Rotterdam, pp. 123-130.
- Fakhimi, A., Carvalho, F., Ishida, T., and Labuz, J. F., 2002, Simulation of failure around a circular opening in rock, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 39, USA, pp. 507-515.
- Franklin, J.A., and Dusseault, M.B., 1989, *Rock Engineering*, McGraw-Hill Inc., U.S.A., pp. 246-247.
- Franklin, J.A., and Hoek, E., 1970, Developments in triaxial testing equipment, *Rock Mechanics*, 2, pp. 223-228.
- Gau, Q.Q., Cheng, H.T., and Zhuo, D.P., 1983, The strength, deformation and rupture characteristics of red sandstone under polyaxial compression, In *Proceedings of the 5th. Int. Cong. Rock Mech.*, Melbourne, Australia, Vol. A, pp. 157-160.
- Haimson, B. and Chang, C., 2000, A new true triaxial cell for testing mechanical properties of rock, and its use to determine rock strength and deformability of Westerly granite, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 37 (1-2): 285-296.

- Haimson, B. C., Chang, C., and Chang, C., 2001, True triaxial testing of crystalline rocks reveals new mechanical properties and micromechanics of brittle fracture that go unnoticed in conventional triaxial tests, American Geophysical Union.
- Haimson, B., 2006, True triaxial stresses and the brittle fracture of rock, *Pure and Applied Geophysics*, Volume 163, Issue 5-6, Basel, pp. 1101-1130.
- Haimson, B., 2000, A new true triaxial cell for testing mechanical properties of rock, and its use to determine rock strength and deformability of westerly granite, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 37, USA, pp. 285-296.
- Handin, J., Heard, H.C., and Maguirk, J.N., 1967, Effects of the intermediate principal stress on the failure of limestone, dolomite and glass at different temperatures and strain rates, *J. Geophys. Res.*, **72**, pp. 611-640.
- Hoek, E., and Brown, E.T., 1980, *Underground excavations in rock*, IMM, London, pp. 133-136.
- Hoek, E., and Franklin, J.A., 1968, A simple triaxial cell for field and laboratory testing of rock, *Trans. Inst. Min. Metall*, London, Section A, **77**, pp. 22-26.
- Hojem, J.M.P., and Cook, N.G.W., 1968, The design and construction of a triaxial and polyaxial cell for testing rock specimens, *South African Mech. Engr.*, **18**, pp. 57-61.
- Huang, W., Sun, D. and Sloan, S. W., 2006, Analysis of the failure mode and softening behaviour of sands in true triaxial tests, *International Journal of Solids and Structures*, In Press, Corrected Proof, Available online 22 June 2006
- Ismail, M. A., Sharma, S. S., and Fahey, M., 2005, A small true Triaxial apparatus with wave velocity measurement, ASTM International, West Conshohocken.
- Jaeger, J.C., and Cook, N.G.W., 1979, *Fundamentals of Rock Mechanics* (3rd. Edn.), Chapman & Hall, London, pp. 105-106.
- Joussineau, G. D., Petit, J. P., and Gauthier, B. D. M., 2003, Photoelastic and numerical investigation of stress distributions around fault models under biaxial compressive loading conditions, *Tectonophysics* 363, pp. 19-43.
- Marsal, R. J., 1973, A true triaxial apparatus to test rockfills, Defense Technical Information Center.
- Mogi, K. (1970). Effect of triaxial stress system on rock failure. *Rock Mech. In Japan*. 1: 53-55.
- Mogi, K. (1971). Fracture and flow of rocks under high triaxial compression. *J. Geophys. Res.* 76(5): 1255-1269.
- Mogi, K. (1977). Dilatancy of rocks under general triaxial stress states with special reference to earthquake precursors. *J. Phys. Earth*. 25: S203-S217.
- Rao, K. S. and Tiwari, R. P. (2002). Physical simulation of jointed model materials under biaxial and true triaxial stress states. *Research Report*, IIT Delhi, India, pp. 30.

- Scholz, C.H. (1990). The mechanics of earthquakes and faulting, Cambridge University Press, U.K., pp. 22-23.
- Sibai, M., Henry, J. P. and Gros, J. C. (1997). Hydraulic fracturing stress measurement using a true triaxial apparatus. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**. 34 (3-4): 289.e1-289.e10.
- Smart, B. D. G., Somerville J.M., and MacGregor, K.J. (1991). The prediction of yield zone development around a borehole and its effect on drilling and production. In **Rock Mechanics as a Multidisciplinary Science**. Proceedings of the 32nd U.S. Symposium on Rock Mechanics, Norman, Oklahoma, pp. 961-970.
- Smart, B. D. G., Somerville, J. M., and Crawford, B. R. (1999). A rock test cell with true triaxial capability. **Geotechnical and Geological Engineering, Earth and Environmental Science and Engineering**. 17(3-4): 157-176.
- Song, I., and Haimson, B. C. (1997). Polyaxial strength criteria and their use in estimating in situ stress magnitudes from borehole breakout dimensions. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**, 34 (3-4): 116.e1-116.e16.
- Sture, S., and Desai, C.S. (1979). Fluid cushion truly triaxial or multiaxial testing device. **Geotech. Testing J.** 2: 20-33.
- Tiwari, R. P., and Rao, K. S. (2004). Physical modeling of a rock mass under a true triaxial stress state. **Int. J. Rock Mech. Min. Sci.** 41(3)
- Tiwari, R. P., and Rao, K. S. (2006). Post failure behaviour of a rock mass under the influence of triaxial and true triaxial confinement. **Engineering Geology**. 84: 112-129.
- Wang, Q., and Lade, P. V. (2001). Shear banding in true triaxial tests and its effect on failure in sand. **J. Engrg. Mech.** 127(8): 754-761.
- Wawersik, W. R., Carlson, L. W., Holcomb D. J., and Williams, R. J. (1997). New method for true-triaxial rock testing. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics**. 34(3): 365-365.
- Wiebols, G.A., and Cook, N.G.W. (1968). An energy criterion for the strength of rock in polyaxial compression, **Int. J. Rock Mech. Min. Sci.** 5: 529-549.
- Worotnicki, G. (1993). **CSIRO Triaxial stress measurement cell**, In J. A. Hudson (ed.). **Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects**, Oxford: Pergamon Press.
- Alexeev, A. D., Revva, V. N., Alyshev, N. A. and Zhitlyonok, D. M. (2004). True triaxial loading apparatus and its application to coal outburst prediction. **International Journal of Coal Geology**. 58 (4): 245-250.

11. ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1 แก้ปัญหาในการดำเนินงานของหน่วยงานที่ทำการวิจัย

เครื่องทดสอบในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นมานี้เมื่อเทียบกับเครื่องที่ขายตามท้องตลาดด้วยราคาเท่ากัน เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่นี้จะมีความแม่นยำกว่า ทำให้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหรือสนใจสามารถเป็นเจ้าของเพื่อใช้ในการทดสอบได้โดยง่ายและสิ้นเปลืองงบประมาณน้อยกว่า

11.2 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

เครื่องทดสอบในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นมาในงานวิจัยนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือหลักในการทดสอบหินในหลายรูปแบบ โดยมีปัจจัยของความเค้นด้านข้างที่เท่ากันและไม่เท่ากันได้เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งส่งผลให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความสอดคล้องกับความเค้นจริงในภาคสนาม ซึ่งสามารถทดสอบพฤติกรรมและคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินภายใต้ความเค้นกดที่ซับซ้อนส่งผลให้เป็นจุดกำเนิดของงานวิจัยอย่างต่อเนื่องในอนาคต

11.3 บริการความรู้แก่ประชาชนและหน่วยงานราชการ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานของเครื่องทดสอบในสองแกน จะมีการจัดอบรมหลักสูตรระยะสั้น เพื่อเผยแพร่หลักการ วิธีการใช้งาน และการนำไปประยุกต์กับการทดสอบแบบต่างๆ รวมไปถึงหน่วยงานราชการ เช่น กรมชลประทาน กรมทางหลวง กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงบริษัทน้ำมันทั้งในและต่างประเทศ และสถาบันการศึกษาที่มีความสนใจในด้านกลศาสตร์หิน เช่น สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่จะสามารถนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในหน่วยงานเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไปอย่างเป็นรูปธรรม

11.4 บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ

เผยแพร่หลักการ วิธีการทดสอบหินด้วยเครื่องทดสอบสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นมา รวมถึงการนำไปใช้ประยุกต์รวมกับการทดสอบอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับผลกระทบของความเค้นด้านข้าง ซึ่งส่งผลให้ค่าความเค้นที่ได้จากการทดสอบมีความใกล้เคียงกับความเค้นในภาคสนาม รวมถึงการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น หน่วยงานที่สามารถผลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ได้จริง ได้แก่ บริษัทน้ำมัน และบริษัทที่ปรึกษาด้านโครงสร้างทางวิศวกรรมต่างๆ

11.5 นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

เครื่องทดสอบในสองแกนที่จะถูกประดิษฐ์ขึ้นจะนำไปสู่การผลิตสิทธิบัตรและจำหน่ายให้หน่วยงานต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นเพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์และสามารถจำหน่ายแก่อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศได้

11.6 สร้างนักวิจัยใหม่

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้สร้างนักวิจัยระดับปริญญาโทใหม่เพิ่มขึ้น 2 คน ซึ่งจะสร้างความสามารถและความคุ้นเคยในการทำวิจัย และจะเป็นนักวิจัยที่มีความสามารถและประสบการณ์มากขึ้นสำหรับการทำวิจัยในเรื่องอื่นๆ ต่อไป

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมโยธา และวิศวกรรมธรณี รวมไปถึงหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เหมืองแร่บนดินและใต้ดิน หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

- 1) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 2) สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- 3) กรมทรัพยากรน้ำ
- 4) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
- 5) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมปิโตรเลียม และวิศวกรรมธรณี
- 6) บริษัทเอกชนที่ออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์ และความลาดชันในมวลหิน
- 7) กระทรวงพลังงาน
- 8) หน่วยงานภาคเอกชน อาทิ ผู้ประกอบการด้านวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่ และ วิศวกรรมปิโตรเลียม

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

องค์ความรู้ในงานวิจัยนี้จะมีการเผยแพร่เทคโนโลยีโดยตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ และนำเสนอในการประชุมทางด้านวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้จะแบ่งการค้นคว้าและศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือและวิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสองแกน วิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน โดยทุกประเด็นจะนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุปเพื่อที่จะได้รู้ว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่อ งานวิจัยที่นำเสนอ โดยชื่อของสิ่งพิมพ์เหล่านี้จะนำมาแสดงอย่างละเอียดในรายงานขั้นสุดท้าย ส่วนรายงานของ เอกสารอ้างอิงที่สมบูรณ์จะเขียนในรูปของบรรณานุกรม

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและประดิษฐ์ระบบกลไกการทำงานเครื่องกดในสองแกน

เครื่องกดทดสอบในสองแกนมีส่วนประกอบหลักต่างๆ คือ โครงรับแรงกด (Frame) คานกดตัวอย่าง หินในแต่ละทิศทาง ชุดหัวกดให้แรง โดยการออกแบบจะใช้โปรแกรมสร้างแบบทางคอมพิวเตอร์ (SolidWork) สร้างเป็นแบบขึ้นมา ทุกชิ้นส่วนจะต้องคำนวณหาค่าปัจจัยความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

ข้อกำหนด (Specification) ที่ใช้ในการออกแบบ คือ

- สามารถรับแรงกดสูงสุดด้านข้าง (σ_2 , σ_3) ไม่ต่ำกว่า 10 MPa (สำหรับหินหน้าตัด $50 \times 50 \times 50$ มม³)
- สามารถตรวจการเคลื่อนตัวของตัวอย่างหินได้ทั้ง 3 ทิศทาง
- วัสดุทำจากโลหะแข็งที่ไม่มีการยุบตัวที่แรงกดสูง
- สามารถให้แรงกดคงที่ในระดับต่างๆ ได้โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม
- สามารถทดสอบหินตัวอย่างขนาดตั้งแต่ $50 \times 50 \times 50$ มม³ ถึง $50 \times 50 \times 100$ มม³

ขั้นตอนที่ 3 สร้างเครื่องกดในสองแกนตามที่ต้องการ

เมื่อดำเนินการออกแบบแล้วเสร็จ จะนำมาสร้างเป็นเครื่องกดทดสอบต้นแบบ ตามข้อกำหนดทั้งหมดในขั้นตอนที่ 3 ที่ห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีวิศวกรเป็นผู้ดูแลและควบคุมการสร้างอย่างถูกต้อง แม่นยำ และปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 4 การสอบเทียบเครื่องกดทดสอบในสองแกน

เครื่องกดทดสอบในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นจะนำมาดำเนินการสอบเทียบ (Calibration) โดยใช้เครื่องตรวจวัดแรงกด (Load cell) ที่มีความละเอียดสูงในการตรวจวัดแรงกดทั้งสองแกนเพื่อให้ได้ค่าแรงกดที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งผลที่ได้จากการสอบเทียบจะนำมาสร้างแผนภูมิหลักเพื่อที่จะใช้ในการคำนวณค่าความเค้นและการเปลี่ยนรูปร่างที่อยู่บนตัวอย่างหินในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน

ผู้วิจัยจะดำเนินการจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อนำมาทดสอบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงขีดความสามารถของเครื่องและเพื่อสาธิตว่าเครื่องสามารถใช้งานได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม โดยจะทำการคัดเลือกตัวอย่างหินมาใช้ในการทดสอบแบบต่างๆ โดยอาศัยหลักการให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) หินที่จะเก็บมาเป็นตัวอย่างคือหินทรายชุดโคราชและหินปูนชุดสระบุรี ตัวอย่างหินจะถูกนำมาเจาะและตัดให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด โดยมีขนาดเป็นทรงลูกบาศก์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มม³ ถึง $50 \times 50 \times 100$ มม³ จะใช้ตัวอย่างหินไม่น้อยกว่า 40 ตัวอย่าง ต่อหิน 1 ชนิด การจัดเตรียมตัวอย่างหินจะอาศัยมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards ตัวอย่างหินที่เตรียมได้เหล่านี้จะนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อสาธิตความสามารถเครื่องกดทดสอบหินในสองแกน

การทดลองขั้นสูงในห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วย การทดสอบหลายชุด และจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards การทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความเค้นกดสูงสุดในสองแกน ที่มีผลต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) ค่าอัตราส่วนของ Poisson's เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการกดในสองแกนโดยจะใช้ตัวอย่างหินจำนวนทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง สำหรับหินแต่ละชนิด

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 จะนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูลและจะตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ เมื่อตรวจสอบได้แล้วจะนำมาคำนวณหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ในแต่ละชนิดการทดสอบ แล้วนำไปเปรียบเทียบผลกับฐานข้อมูลที่ได้เคยทดสอบไว้แล้วโดยผู้วิจัยเอง การวิเคราะห์จะเน้นไปที่ประสิทธิภาพ ชีตความสามารถ และความแม่นยำของเครื่องทดสอบในสองแกน ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแรงกดในสองแกนกับแรงกดในสามแกนจะระบุว่าการทดสอบชนิดใดจะให้เกณฑ์การแตกที่อยู่ในเชิงอนุรักษ์และเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในการประเมินเสถียรภาพของหินที่เป็นผนังโพรงหรืออุโมงค์

ขั้นตอนที่ 8 การเขียนคู่มือสำหรับการใช้งาน

จะมีการเขียนคู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบในสองแกนอย่างละเอียด รวมไปถึงส่วน ประกอบต่างๆ ของเครื่องทดสอบ ความสามารถ ข้อจำกัด ขั้นตอนวิธีการทดสอบ วิธีการประมวลผล การคำนวณ รวมไปถึงฐานข้อมูลของผลการทดสอบที่ได้ทดสอบไปแล้วทั้งในและต่างประเทศ

ขั้นตอนที่ 9 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปจะนำเสนอโดยละเอียดในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง: ห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

สถานที่เก็บตัวอย่างหิน: แหล่งหินทรายชุดหินโคราช จังหวัดนครราชสีมา และหินอ่อนชุดสระบุรี จังหวัดสระบุรี

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

14.1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี (ตุลาคม 2554 – กันยายน 2556)

14.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)						ปีที่ 2 (2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การออกแบบเครื่องกดในสองแกน	↔	↔										
3. การสร้างเครื่องกดในสองแกน		↔	↔									
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					↔							
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					↔							
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ					↔	↔						
7. การวิเคราะห์ผล							↔	↔				
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ											↔	
9. การเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ)

15.1 ที่มีอยู่แล้ว

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง | 8) Stressmeter |
| 2) โปรแกรม FRAC จาก Itasca (1992) | 9) Electronic Load Cell |
| 3) กล้องบันทึกภาพระบบดิจิทัล | 10) เครื่องตัดหิน |
| 4) โปรแกรม Rock work | 11) เครื่องฝนหิน |
| 5) โปรแกรม AutoCAD | 12) เครื่องเจาะหิน |
| 6) โปรแกรม GEO (Serta and Fuenkajorn, 1993) | 13) ระบบ Hydraulic สำหรับให้แรง |
| 7) เครื่องพิมพ์ | |

15.2 ที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี -

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่างๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอปี 2556 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 1 คน (12,000 บาท/เดือน/ คน)	144,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่ ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม ค่าพิมพ์รายงานการวิจัย ค่าจ้างเหมาจัดเตรียมหิน และค่าจ้างเหมาอื่นๆ	46,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD ใบตัดหิน น้ำมันไฮดรอลิก หัวเจาะ และ ค่าวัสดุอื่น ๆ	30,000
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	220,000

16.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อไป แยกตามหมวดเงินประเภทต่างๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย

- ไม่มี

(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

16.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอปี 2555 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 1 คน (10,000 บาท x 12 เดือน)	120,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่	
2.1 ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเบี้ยเลี้ยงและค่าจ้างเหมาต่างๆ	20,000
2.2 ค่าจ้างเตรียมหิน	20,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่	
3.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ	10,000
3.2 ค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องทดสอบในสองแกน*	130,000
3.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD ใบตัดหิน น้ำมันไฮดรอลิก หัวเจาะ และค่าวัสดุอื่น ๆ	10,000
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	310,000

* รายละเอียดค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องทดสอบในสองแกน

- โครงรับแรงกด	ราคาประมาณ	20,000 บาท
- ชุดคานกดให้น้ำหนัก 4 ชุด	ราคาประมาณ	20,000 บาท
- ชุดหัวกดให้แรง 4 ชุด	ราคาประมาณ	20,000 บาท
- มาตรฐานวัดการเคลื่อนตัว 4 ตัว	ราคาประมาณ	50,000 บาท

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 17.1 ออกแบบและประดิษฐ์ระบบกลไกการทำงานเครื่องกดในสองแกนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลสำเร็จของงานวิจัยระยะนี้เป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P)
- 17.2 เมื่อดำเนินการออกแบบแล้วเสร็จจะนำมาสร้างเป็นเครื่องทดสอบต้นแบบ ผลสำเร็จของงานวิจัยระยะนี้เป็นผลสำเร็จกึ่งกลาง (I)
- 17.3 ทดสอบศักยภาพของเครื่องมือเพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถทำงานตามที่ออกแบบได้และศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงานและพัฒนาเครื่องทดสอบจนมีความสมบูรณ์และให้ผลที่แม่นยำ นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยยังผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโท 2 คน ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของสถาบันวิจัยแห่งชาติอีกด้วย ผลสำเร็จของงานวิจัยระยะนี้เป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G)

18. สำหรับโครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

- 18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมาจริง
โครงการวิจัยนี้ได้รับจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณ 2555 จำนวน 310,000 บาท จริง

18.2 โปรดระบุว่าการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)
- ไม่มี -

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ด)
ตามเอกสารแนบ

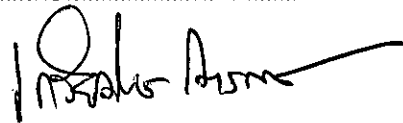
19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)



(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 23 เดือน ก.ย. พ.ศ. 55



(รองศาสตราจารย์ เกียรติเกรียงไกร ไตรสาร)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

วันที่ 24 เดือน ก.ย. 2555



(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 24 เดือน ก.ย. พ.ศ. 2555

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย, นาง, นางสาว.....กิตติเทพ.....นามสกุล.....เพื่องขจร.....
(ภาษาอังกฤษ) Mr., Mrs., Miss.KITITEP FUENKAJORN.....
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
5-1009-99-084-72-1.....
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี.....สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-224448, 224441, 224443
โทรสาร : 044-22448, 224611
E-mail : kittitep@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก และ ประกาศนียบัตร)	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
1979	Bachelor of Science	B.S.	Geology	Engineering Geology	Chulalongkorn University	Thailand
1985	Master of Science	M.S	Mining Engineering	Rock Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1988	Doctor of Philosophy	Ph.D.	Geological Engineering	Rock and Soil Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1990	Postdoctoral Fellows	Post.Doc.	Geological Engineering	Geomechanic s	University of Arizona	U.S.A.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- 1) การทดสอบในห้องทดลองและในภาคสนามทางด้านกลศาสตร์หิน
- 2) การเขียนคอมพิวเตอร์ Software เพื่อวิเคราะห์และออกแบบสิ่งก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี
- 3) การวิเคราะห์และออกแบบทางเสถียรภาพของสิ่งก่อสร้างในหิน โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลข
- 4) การออกแบบเหมืองในชั้นเกลือหินและโพแทช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ...

- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย...

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้วดังต่อไปนี้

- 1) “Finite Element Analysis on 34/44 LPG Gallery, Gallery 10 and Caverns 33 and 43 of Finger Lakes LPG Storage, LLC”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
March 2010 – May 2010
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 2) “Design and Study of Mae Tan Lignite Mine, Lampang Province”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
April 2010 – June 2010
Funded by: Siam Cement Group (SCG) Siam Cement Road, Bangkok 10800
- 3) “Invention of Salt Core Leaching Device”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
February 2010 – July 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn’s Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
- 4) “Invention of Compression-to-Tension Load Converter”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
October 2009 – March 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn’s Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

- 5) "Finite Element Analysis on Arcadia Gas Storage Caverns E-5, E-6, E-7 and E-8"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
July 2009 – October 2009
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 6) "Finite Element Analysis on Kinder Morgan Storage Caverns C-2, C-4 and C-5, North Dayton Salt Dome, North Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
September 2009 – February 2010
Funded by: Kinder Morgan, Houston, Texas
- 7) "Development of Computer Program to Determine Size, Shape and Depth of Salt Caverns Using Surface Subsidence as Data Input" (Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 605,500 Baht
- 8) "Invention of True Triaxial Compression Apparatus for Rock Testing"
(Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 682,500 Baht
- 9) "Finite Element Analysis for Gas Storage Caverns Joy Station Storage Project" Kiowa County, Kansas
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Golden Gas Services Company, Tulsa, Oklahoma.
Period: July 2008 – September 2008
Funding: US\$ 20,000

- 10) "Inergy Savona LPG Storage Facility: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas.
Period: January 2008 – March 2008
Funding: US\$ 25,000
- 11) "Design and Analysis of Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Siam City Cement PCL., Saraburi
Period: 15 July – 15 August 2008
Funding: 643,588 Baht
- 12) "Study of Mechanical Stability of Rock Slope and Tunnel as Affected by Earthquake Vibration and Joint Characteristics by using Physical Modeling"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2006 – September 2008
Funding: 654,000 Baht
- 13) "Mississippi Hub, LLC Gas Storage Caverns: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
Period: May 2007 – August 2007
Funding: US\$ 20,000
- 14) "Design Evaluation of Canatxx Presall Gas Storage Facility"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Canatxx Inc., Houston, USA
Period: August 2005 – September 2005
Funding: US\$ 15,000

- 15) "Study of Surface Subsidence of Potash Mine at Bamnet Narong District, Chaiyaphum Province"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: ASEAN Potash Mining Public Company Limited, Bangkok
Period: August – October 2005
Funding: 462,000 Baht

- 16) "Tuz Golu Underground Gas Storage Facility in Turkey: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: World Bank, USA
Period: April – June 2005
Funding: US\$ 15,000

- 17) "Design of Mine Panels at Udon South Potash Project"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Asia Pacific Potash Corp., Udon Thani

- 18) "Design of Rock Slope in Thailand for Long Term Stability by Incorporating Rock Mass Degradation"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2005 – September 2007
Funding: 650,900 Baht

- 19) "Design of Salt Solution Mining for Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima
Period: 22 April – 21 November 2004
Funding: 1,368,400 Baht

20) "Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2004 – November 2006

Funding: 810,000 Baht

21) "Development of a Shear Strength Criterion for Rock Joints Using Field-Determined Parameters"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 461,250 Baht

22) "Prediction of Mechanical Properties of Rock Salt from Petrographic Features Using Neural Network"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 460,000 Baht

23) "Geomechanics Performance of Salt Formation for Compressed-Air Energy Storage in the Northeast of Thailand"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Department of Alternative Energy and Development of Efficiency

Period: May 2003 – November 2004

Funding: 2,443,750 Baht

24) "Development of Computer Expert System for Design of Borehole Seals in Rocks"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2002 – November 2003

Funding: 262,000 Baht

- 25) "Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2002 – January 2005

Funding: 564,000 Baht

- 26) "Experimental Assessment of Rock Salt Mechanics for Compressive Air Energy Storage in Northeastern Thailand"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2001 – November 2002

Funding: 274,000 Baht

- 27) "Development of Computer Software for Analysis and Design of Rock Slopes Based on Expert's Knowledge and Experience"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2001 – October 2003

Funding: 560,400 Baht

- 28) "Theoretical and Experimental Studies to Determine Compressive and Tensile Strengths of Rocks Using Modified Point Load Testing"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Thailand Research Fund (สกว.), Bangkok

Period: December 2000 – December 2001

Funding: 652,000 Baht

- 29) "Mechanical Performance of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Thailand Research Fund (สกว.), Bangkok

Period: June 2001 – June 2003

Funding: 1,397,800 Baht

- 30) "Theoretical and Experimental Assessment to Determine the Relationships between Point Load Index and Elasticity, Compressive and Tensile Strengths of Rock"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2000 – November 2001
Funding: 135,000 Baht
- 31) "Design and Analysis of the Keystone Gas Storage Project, Salado Salt Formation Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Unocal Corporation, Sugar Land, Texas, USA
- 32) "Derivation of Design Guidelines for Salt Solution Mining for Small and Medium Sized Enterprises in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: June 2000 – January 2001
Funding: 43,480
- 33) "Design Optimization and Analysis of Solution Cavern Field in Salt Formations, Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 1999 – November 2000
Funding: 91,000 Baht
- 34) "Analytical and Numerical Assessment of the Potential Waste Repository in Rock Salt Formations in Northeastern"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: July 1999 – July 2000
Funding: 48,900

- 35) "Design and Analysis of Liquified Petroleum Gas Storage Caverns of Amoco Wells"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 36) "Feasibility Design of Gas Storage Caverns of UNOCAL in Hutchinson Salt Formations"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 37) "Feasibility Design of Pit Slope and Underground Supports for Don Mario Mine, Bolivia"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Orvana Empresa Minera Paititi S.A., Santa Cruz, Bolivia
- 38) "Feasibility Design of the Underground Supports and Layout for Pegasus Gold Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Diamond Hill Mining, Inc., Townsend, Montana
- 39) "Development of the Quality Assurance Program for the Nuclear Waste Repository Seals at Yucca Mountain, Nevada"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Southwest Research Institute, San Antonio, TX
- 40) "Analysis and Design of the Supports for Rock Slope at Morenci Copper Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: The Winters Company, Tucson, Arizona
- 41) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico

42) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"

Principal Investigator: Shosei Serata

Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois

43) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"

Principal Investigator: Shosei Serata

Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA

44) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"

Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen

Project Manager: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

เป็นผู้ร่วมวิจัยจำนวน 4 โครงการ ดังต่อไปนี้

1) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"

Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen

Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico

Amount: US\$ 203,000; Period: July 1991 - June 1993

2) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"

Principal Investigator: Shosei Serata

Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois

Amount: US\$ 60,000; Period: August 1991 - January 1992

3) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"

Principal Investigator: Shosei Serata

Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA

Amount: US\$ 22,000; Period: July - December 1991

4) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"

Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen

Project Manager: Kittitep Fuenkajorn

Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

Amount: US\$ 180,000; Period: January - December 1990

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือ โครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และ
สถานภาพในการทำวิจัย และแหล่งทุน

Book:

Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen (authors & editors), 1996, *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, 322 pp.

กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “กลศาสตร์หินพื้นฐาน” บริษัทอัสซีนเพ้นโปรดักส์ กรุงเทพฯ, 210 หน้า (ISBN 974-90898-8-X)

Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2007, *Proceedings of the First Thailand Symposium on Rock Mechanics*, September, 13-14, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 323 pp.

Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2009, *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, March, 12-13, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 372 pp.

Technical Papers:

Fuenkajorn, K. and Kenkhunthod, N., 2010, Influence of Loading Rate on Deformability and Compressive Strength of Three Thai Sandstones. *Geotechnical and Geological Engineering*, Volume 28, pp. 707-715 (DOI 10.1007/s10706-010-9331-7).

Fuenkajorn, K., 2010, Experimental Assessment of Long-Term Durability of Some Weak Rocks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0297-8.

Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2010, Estimation of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0269-z.

Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Cyclic Loadings. *Engineering Geology*. 113 (1-4) 81-89.

Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt. *Engineering Geology*. 112 (1-4) 43-52.

Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2009, Prediction of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Engineering Geology*. 110 (1-2) 21-29.

Fuenkajorn, K. and Klanphumeesri, S., 2010, “Direct Tension Tests of Intact Rocks using Compression-to-Tension Load Converter,” *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 21, No. 2, pp. 51-57.

- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2010, "Physical Model Simulation of Solar Thermal Energy Storage in Basaltic Rock Fills," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication).
- Fuenkajorn, K.**, Sakulnitichai, C. and Pangpetch, P., 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K.** and Sri-In, T., 2009, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K.** and Aracheeploha, S., 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K.** and Phueakphum, D., 2009, "Effects of Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Simulation of Jointed Rock Slope under Dynamic Loadings and Submerged Condition using Physical Models", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loading using Physical Model", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Effects of Cyclic Loading Rate on Mechanical Properties of Salt", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Thosuwat, R., Walsri, C., Poonprakon, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Effect of Intermediate Principal Stress on Compressive and Tensile Strengths of Sandstones", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 107-120.
- Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Physical Model Simulation of Jointed Rock Slopes under Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 131-146.

- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 147-159.
- Aracheeploha, S., Horkaew, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 161-176.
- Walsri, C., Poonprakon, P., Thosuwan, R. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Compressive and Tensile Strengths of Sandstones under True Triaxial Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 199-218.
- Kenkhunthod, N. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Loading Rate Effects on Strength and Stiffness of Sandstones under Confinement", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 271-282.
- Choochang, S., Boonbatr, A. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Stability Analysis and Design of the Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 293-308.
- Intaraprasit, C., Phueakphum, D., Tepnarong, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Modified Point Load Testing of Volcanic Rocks from Chatree Gold Mine", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 309-318.
- Akkarachattrarat, N., Suanprom, P., Buaboocha, J. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Flow Testing of Sandstone Fractures under Normal and Shear Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 319-334.
- Fuenkajorn, K.** and Pangpetch, P., 2008, "Simulation of Plane Sliding and Toppling Failure using Scaled-Down Rock Slope Models," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 3, pp. 31-38.
- Phueakphum, D., Sri-in, T. and **Fuenkajorn, K.**, 2008, "Strength and Stiffness of Claystone Specimens Tested with Neoprene Capping," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 4, pp. 1-7.
- Fuenkajorn, K.**, 2008, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks in Thailand," *Proceedings of the First Southern Hemisphere International Rock mechanics Symposium*, September 16- 19, Perth, Australia, pp. 157-168.
- Fuenkajorn, K.**, 2008, "Intrinsic Variability of the Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 33-48.

- Kensakoo, T., Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt as Affected by Inclusions," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 103-118.
- Sri-in, T. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Sake Durability Index and Strength Testing of Some Rocks in Thailand," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 145-160.
- Kemtong, R. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Prediction of Joint Shear Strength of Ten Rock Types Using Field-Identified Parameters," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 195-210.
- Klayvimut, K., Wetchasat, K. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Preliminary Study of Geomechanical Performance of Maha Sarakham Salt for Nuclear Waste Repository," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 211-226.
- Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Simulation of Rock Slope Failure Using Physical Model," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 227-244.
- Fuenkajorn, K.**, 2007, "Design Process for Sealing of boreholes in Rock Mass," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 245-252.
- Kamutchat, S., Sri-in, T. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Verifications of Rock Slope Rating (RSR) and Slope Mass Rating (SMR) Systems," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 285-298.
- Fuenkajorn, K.**, 2006, "Experimental Assessment of Healing of Fractures in Rock Salt," *ISRM International Symposium 2006, Rock Mechanics in Underground Construction*, 8-10 November, Singapore, pp.402. (Published in CD-ROM).
- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2006, "Experimental Assessment of Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills" *In the 2nd Conference on Energy Technology Network of Thailand; E-NETT*, 27-29 July 2006, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 7 pp.
- Fuenkajorn, K.**, 2006, "Healing of Fractures in Rock Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 304-316.
- Fuenkajorn, K.**, 2005, "Predictability of Barton's Joint Shear Strength Criterion with Field-Identification Parameters," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 12, No. 4, pp. 296-308.
- Fuenkajorn, K.** and R. Kemthong, 2005, "Assessment of Barton's Joint Shear Strength Criterion Using Field-Determined Parameters," *International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of INDOCHINA (GEOINDO 2005)*, Khon Kaen, November 28-30, pp. 171-176.

- Tepnarong, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2004, "Determination of Elasticity and Strengths of Intact Rocks using Modified Point Load Test," *Proceedings of the 3rd Asian Rock Mechanics Symposium*, Kyoto, November 30 - December 2.
- Fuenkajorn, K.** and A Warin, 2004, "Design of Borehole Seals in Rock: Methodology and Process," *Proceedings of the 4th Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment*, Hong Kong, May 3-5, pp. 137-142.
- Fuenkajorn, K.** and K. Klayvimut, 2004, "Geomechanical Performance of Salt Formation for Nuclear Waste Repository in Thailand," *Proceedings of the 9th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, Auckland, February 8-11, pp. 604-611.
- Fuenkajorn, K.** and S. Kamutchat, 2003, "Neural Network for Rock Slope Stability Evaluation," *Proceedings of the 4th Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering*, Bangkok, April 4-8, pp. 655-664.
- Fuenkajorn, K.** and M Jandakaew, 2003, "Compressed-Air Energy Storage in Salt Dome at Borabu District, Thailand: Geotechnical Aspects," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical Engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 377-392.
- Fuenkajorn, K.**, D. Phuakpoom, and M. Jandakaew, 2003, "Healing of Rock Salt Fractures," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 393-408.
- Fuenkajorn, K.** and P. Thongtiengdee, 2002, "Slope Failure along Lomsak-Chumpae Highway, Thailand," *Proceedings of the 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and the Safety of Infra-Structures*, Singapore, July 11-12, pp. 205-213.
- Fuenkajorn, K.**, 2002, "Design Guideline for Salt Solution Mining in Thailand," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-8.
- Fuenkajorn, K.**, 2002, "Modified Point Load Test Determining Uniaxial Compressive Strength of Intact Rocks," *Proceedings of the North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Ontario, Canada, July 7-10, pp. 457-465.
- Fuenkajorn, K.** and P. Tepnarong, 2001, "Size and Stress Gradient Effects on the Modified Point Load Strengths of Saraburi Marble," *Sixth Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K.** and S. Kamutchat, 2001 "Rock Slope Design using Expert System: ROSES Program," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)

- Fuenkajorn, K.** and K. Wetchasat, 2001 "Rock Salt Formations as Potential Nuclear Waste Repository," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K.**, 1999, "Geohydrological Integrity of Storage Caverns in Salt Formations," *Symposium on Mineral, Energy and Water Resources of Thailand*, October 23-24, Chulalongkorn University, Bangkok, pp. 270-275.
- Fuenkajorn, K.** and J.C. Stormont, 1997, "Geomechanics and Geohydrological Issues in, Mine Sealing," *1997 SME Annual Meeting & Exhibit*, Denver, Colorado, February 24-27.
- Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1997, "Mine Sealing: Design Guidelines and Considerations," *Tailings and Mine Waste'97*, Colorado State University, Fort Collins, January 13-17, pp. 59-68.
- Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1996, "Design Guideline for Mine Sealing," *The 1996 Arizona Conference*, Tucson, Arizona, December 8-9.
- Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1996, "Sealing of Boreholes in Rock - An Overview," *Proceedings of the 2nd North American Rock Mech. Symposium*, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1447-1454.
- South, D.L. and **Fuenkajorn, K.**, 1996, "Laboratory Performance of Cement Boreholes Seals," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 9-27.
- Daemen, J.J.K. and **Fuenkajorn, K.**, 1996, "Design of Boreholes Seals - Processes, Criteria and Considerations," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 267-279.
- Fuenkajorn, K.**, 1996, "Overview of Research Effort on Sealing of Boreholes, Shafts and Ramps in Welded Tuff," *Proceedings of the Workshop on Rock Mechanics Issues in Repository Design and Performance Assessment*, Washington, DC., September 19-20.
- Ghosh, A., **Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1995, "Tensile Strength of Welded Apache Leap Tuff: Investigation of Scale Effects," *Proceedings of the 35th U.S. Rock Mech. Symposium*, University of Nevada, Reno, June 5-7, pp. 459-464.
- Fuenkajorn, K.** and S. Serata, 1994, "Dilation-Induced Permeability Increase around Caverns in Rock Salt," *Proceedings of the 1st North American Rock Mechanics Symposium*, University of Texas at Austin, June 1-3, pp. 648-656.
- Stormont, J.C. and **Fuenkajorn, K.**, 1994, "Dilation-Induced Permeability Changes in Rock Salt," *Proceedings of the 8th International Conference Computer Methods and Advances in Geomechanics*, Morgantown, West Virginia, May 22-28, pp. 1296-1273.

- Fuenkajorn, K.** and S. Serata, 1993, "Numerical Simulation of Strain-Softening and Dilation of Rocks Salt," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1303-1306, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Crouthamel, D.R., **Fuenkajorn, K.**, and J.J.K. Daemen, 1993, "In Situ Flow Testing of Cement Borehole Plug in Welded Tuff," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1503-1506, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1992, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Tuff," *Engineering Geology: An International Journal*, Elsevier Science Publishing Co., Vol. 32, pp. 209-223.
- Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1992, "Drilling-Induced Fractures in Borehole Walls," *Journal of Petroleum Technology*, Society of Petroleum Engineers, February, Vol. 44, No. 2, pp. 210-216.
- Fuenkajorn, K.** and J.J.K. Daemen, 1992, "Borehole Sealing," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 5.1-5.21.
- Fuenkajorn, K.** and S. Serata, 1992, "Geohydrological Integrity of CAES in Rock Salt," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 4.1-4.21.
- Serata, S. and **Fuenkajorn, K.**, 1992, "Discussion on 'Engineering to Reduce the Cost of Roof Support in a Coal Mine Experiencing Complex Ground Control Problems' by A.W. Khair and S.S. Peng," *Mining Engineering*, Vol. 44, No. 11, p. 1369.
- Serata, S. and **Fuenkajorn, K.**, J. Townsend, and M. Silverman, 1992, "Development and Applicability of Stress Control Method in Underground Coal Mining," *Proceedings of the 4th Conferences on Ground Control for Midwest U.S. Coal Mines*, November 2-4, Mt. Vernon, IL.
- Fuenkajorn, K.** and S. Serata, 1992, "Finite Element Model to Predict Permeability Increase around Salt Cavern," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 34 pp.
- Serata, S. and **Fuenkajorn, K.**, 1992, "Finite Element Program 'GEO' for Modeling Brittle-Ductile Deterioration of Aging Earth Structures," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 24 pp.
- Serata S. and **Fuenkajorn, K.**, 1992, "Formulation of A Constitutive Equation for Salt," *Proceedings of the 7th International Symposium on Salt*, April 6-9, Kyoto, Japan, published by Elsevier Science Publishers, B.V, Amsterdam, Vol. 1, pp. 483-488.

- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Welded Tuff," *ASME Applied Mechanics and Biomechanics Summer Conference*, June 16-19, Ohio State University, Columbus.
- Sarata S. and Fuenkajorn, K., 1991, "Recent Advancement of Stress Control Method," *Longwall USA - International Conference*, Pittsburgh, PA, June 2-6, pp. 265-283.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Cement Borehole Plug Performance in Welded Tuff," *Rock Mechanics as a Multidisciplinary Science: Proceedings of the 32nd U.S. Symposium*, June 10-12, University of Oklahoma, Norman, pp. 723-732.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Brine-Mixed Bentonite Borehole Plugs," *Proceedings of Waste Management'91 Symposium*, Tucson, Arizona, February 24-28.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, "Borehole Closure in Salt," *Key Questions in Rock Mechanics: Proceedings of the 29th U.S. Symposium*, June 13-15, University of Minnesota, Minneapolis, pp. 191-198.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1987, "Mechanical Interaction between Rock and Multi-component Shaft or Borehole Plugs," *Rock Mechanics: Proceedings of the 28th U.S. Symposium*, June 29 - July 1, University of Arizona, Tucson, pp. 165-172.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1987, "Factor of Safety of Tetrahedral Wedges: A Probabilistic Study," *International Journal of Surface Mining*, Vol. 1, pp. 147-153.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1986, "Calculation of Minimum Rock Bolt Force and Static Acceleration in Tetrahedral Wedge Stability," *Geotechnical Stability in Surface Mining*, Calgary, Canada, November 6-7.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Shape Effect on Ring Test Tensile Strength," *Key to Energy Production: Proceedings of the 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, June 23-25, University of Alabama, Tuscaloosa, pp. 155-163.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Rock-Cement Interface Effects on Borehole Plug Permeability," *Waste Management'86: Proceedings of Waste Management Symposium*, March 2-6, Tucson, Arizona, Vol. 2 - High Level Waste, pp. 251-256.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1984, "Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks," *Rock Mechanics in Productivity and Protection: Proceedings of the 25th U.S. Symposium*, June 25-27, Northwestern University, Evanston, IL, pp. 774-783.

Published Reports:

กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) "การศึกษาเกี่ยวกับการทิ้งของเสียในหินเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข" รหัสโครงการ SUT7-719-42-12-16 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 44 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) “การวิเคราะห์และออกแบบโครงที่เกิดจากการผลิตเกลือโดยใช้วิธีละลายในชั้นหินเกลือที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-46 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 82 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-44-12-30 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 116 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 130 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2545) “การดัดแปลงการทดสอบแบบจุดกดเพื่อคำนวณหาความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” สัญญาเลขที่ RDG5/0001/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 150 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของเกลือหินเพื่อทั้งภาคนิวเคลียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” สัญญาเลขที่ RDG5/0024/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ, 315 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2545) “การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดัน” รหัสโครงการ SUT7/719/45/12/01 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 216 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบความลาดชันของชั้นหิน โดยใช้กรณีศึกษาความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ” รหัสโครงการ SUT7-719-45-24-04 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 280 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้ในการออกแบบการอุดหลุมเจาะในชั้นหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-46-12-25 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 149 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” รหัสโครงการ SUT7-719-46-24-24 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 184 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การประเมินคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินจากลักษณะทางสีลาวิทยา” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-18 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 154 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การพัฒนาอุปกรณ์กำลังรับแรงเฉือนของรอยแตกในหินโดยใช้คุณสมบัติของหินที่วัดได้ในภาคสนาม” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-31 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 155 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2549) “การกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนในหินถม” รหัสโครงการ SUT7-719-48-24-65 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 223 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2550) “การออกแบบความลาดเอียงมวลหินในประเทศไทยให้มีเสถียรภาพในระยะยาวโดยเพิ่มการพิจารณาการผุกร่อนของมวลหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-49-24-50 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 147 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2551) “การศึกษาเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของมวลหินบนความลาดชันและรอบอุโมงค์ภายใต้คลื่นสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวและคุณลักษณะของรอยแตกโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ” รหัสโครงการ SUT7-719-50-24-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 179 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์โปรแกรมเพื่อใช้คำนวณขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงเกลือ โดยใช้ข้อมูลการทรุดตัวของผิวดิน” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-37 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 99 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การประดิษฐ์เครื่องทดสอบหินในสามแกนจริง” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-36 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 97 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- Manteufel, R.D., K. Fuenkajorn, E.J. Bonano, and A.B. Gureghian, 1994, *Review Comments on SAND93-1184: A Strategy to Seal Exploratory Boreholes in Unsaturated Tuff*, Technical Report, published by Center for Nuclear Waste Regulatory Analyses, for the US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, *Borehole Deformation and Stability in Welded Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5687, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 58 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, *Mechanical Characterization of the Densely Welded Apache Leap Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5688, published by Office of Nuclear Regulatory Research, Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 110 pp.
- Serata S. and K. Fuenkajorn, 1991, *Permeability Studies in Relation to Stress State and Cavern Design - Phases I & II*, Research Project Report, SMRI91-0001-S, prepared for the Solution Mining Research Institute, by Serata Geomechanics, Inc., California.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, *Borehole Closure in Salt*, Technical Report, NUREG/CR-5243, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 450 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks*, Technical Report, NUREG/CR-4641, published by Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 265 pp.
- Daemen, J.J.K., W.B. Greer, K. Fuenkajorn, H. Akgun, A. Schaffer, A.F. Kimbrell, T.S. Avery, J.R. Williams, and R.O. Roko, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Plug Performance*, Annual Report NUREG/CR-4642, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 478 pp.

- Daemen, J.J.K., W.B. Greer, G.S. Adisoma, K. Fuenkajorn, W.D. Sawyer, Jr., H. Akgun, and B. Kousari, 1985, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-4174, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 360 pp.
- Daemen, J.J.K., D.L. South, W.B. Greer, J.C. Stormont, S.A. Dischler, G.S. Adisoma, N.I. Colburn, K. Fuenkajorn, D.E. Miles, B. Kousari, and J. Bertuca, 1983, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-3473, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 281 pp.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย และสถานภาพในการทำวิจัย

- 1) "Experimental Assessment of Rock Fracture Permeability under Confining Pressure"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period:
Funding:

7.5 สิทธิบัตร

ไต่ยื่นของจดสิทธิบัตรดังนี้

- 1) เครื่องทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน
- 2) เครื่องกดตัวอย่างหินในสามแกนด้วยระบบคานทดแรง
- 3) เครื่องจำลองการเคลื่อนตัวของมวลหินบนความลาดเอียงภายใต้แรงสั่นสะเทือน
- 4) อุปกรณ์วัดการยุบตัวของเพดานและผนังอุโมงค์
- 5) อุปกรณ์วัดค่าความแข็งของหินด้วยแรงกระแทกของค้อนธรณี
- 6) อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณสมบัติกำลังดึงของหินภายใต้แรงกด
- 7) อุปกรณ์สำหรับทดสอบความสามารถในการละลายของแท่งตัวอย่างเกลือหิน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร
ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมให้พระบาทสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี
ราชินี ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมให้
ใช้ราชไม้มงคลนามว่า พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว
ใช้ราชไม้มงคลนามว่า พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

ชื่อบัญชี
NAME

มทส. โครงการประดิษฐ์อุปกรณ์กดตัวอักษร
นสอ.นสอ.

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

0707 สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่บัญชี 707-249354-0
- ACCOUNT NO.

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์
SAVINGS ACCOUNT

0007804627

7804627

> สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือได้โดยวิธีต่อไปนี้
> การทำรายการโดยผ่านตู้เอทีเอ็มที่มีระยะเวลาเกินกว่า 3 เดือนขึ้นไป ธนาคารจะ
สรุปรายการฝากและรายการถอนออกส่งมายังท่านโดยรวบรวมรายการเป็นรายเดือน

u. Cijun

DATE	TRANST T/C	AMT WITHDRAWAL	DEPOSIT	BALANCE	AMOUNT A.T. / D
26/10/11	CO	+++++++500.00	+++++++500.00	1058A	
22/11/11	X1	+++++155,000.00	+++++155,500.00	1183B	
28/11/11	CW	-----25,000.00	+++++130,500.00	1183B	
25/12/11	IN	+++++++109.66	+++++130,609.66	0000A	
26/12/11	CW	-----20,000.00	+++++110,609.66	1182B	
27/01/12	CW	-----30,000.00	+++++80,609.66	1183E	
28/02/12	CW	-----30,000.00	+++++50,609.66	1059E	
27/03/12	CW	-----25,000.00	+++++25,609.66	1059E	
03/04/12	CW	-----25,000.00	+++++609.66	1058B	
15/05/12	X1	+++++155,000.00	+++++155,609.66	1059A	
17/05/12	CW	-----50,000.00	+++++105,609.66	3262A	

12	24/05/12	CW	-----10,000.00	+++++++95,609.66	1059A
	25/06/12	IN	+++++++264.00	+++++++95,873.66	0000A
13	26/06/12	CW	-----20,000.00	+++++++75,873.66	1059A
14	27/07/12	CW	-----40,000.00	+++++++35,873.66	1182A
15	31/08/12	CW	-----35,500.00	+++++++373.66	1059A
16	14/11/12	X1	+++++110,000.00	+++++110,373.66	1182B
17	27/11/12	CW	-----55,000.00	+++++55,373.66	1182B
18	28/12/12	CW	-----25,000.00	+++++30,373.66	1059A
19	25/12/12	IN	+++++136.67	+++++30,510.33	0000A
20	23/01/13	CW	-----30,000.00	+++++510.33	1059A

[illegible]

U. Conner



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT7-719-55-24-30

สัญญาเลขที่ 5/2555

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 2073

วันที่ 18 ตุลาคม 2555

เรื่อง การทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 (โครงการต่อเนื่องปีที่ 2)

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ของโครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน จำนวน 2 ชุด (ต้นฉบับ/คู่มือ) และเพื่อให้การจัดทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการลงนามในสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งต้นฉบับและคู่มือ พร้อมด้วยพยาน 1 ท่าน ตามที่ระบุ

สำหรับแบบฟอร์มประกอบการรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินเพื่อประกอบการขออนุมัติเบิกเงินงวดต่อไป สามารถ download ได้จากเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยฯ <http://www.sut.ac.th/ird/> แบบฟอร์ม ได้แก่

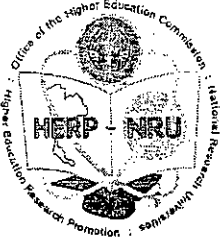
1. หัวข้อรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย (แบบ สบวพ.-ง-03)
2. แบบรายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย (แบบ สบวพ.-ง-02)
3. แบบขออนุมัติเบิกเงิน (แบบ สบวพ.-ง-01)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการต่อไป และโปรดส่งสัญญาทั้งต้นฉบับและคู่มือคืนให้สถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 31 ตุลาคม 2555 เมื่อผู้เกี่ยวข้องลงนามในสัญญาครบถ้วนและอนุมัติให้เบิกจ่ายเงินงวดที่ 1/2556 แล้ว สถาบันวิจัยฯ จะส่งสัญญาคู่มือพร้อมทั้งสำเนาแบบขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยที่ได้รับอนุมัติแล้วให้ท่านเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์



สำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา

และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

๑๒๘/๒๓๖ ชั้น ๒๒ บี อาคารพญาไทพลาซ่า ถนนพญาไท เขตราชเทวี กทม. ๑๐๔๐๐

โทรศัพท์ ๐๒-๑๒๙ ๓๑๐๘ โทรสาร ๐๒-๑๒๙ ๓๑๐๙ e-mail: nru.mua@gmail.com

ที่ ศธ ๐๕๐๙(ท) / ๒๕๑.๔

วันที่ ๔ เมษายน ๒๕๕๕

เรื่อง แจ้งรายละเอียดการประชุมสุดยอดมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ครั้งที่ ๑ เพิ่มเติม

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- | | |
|--|----------------|
| สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ร่างกำหนดการประชุม (ฉบับแก้ไขวันที่ ๔ เมษายน ๒๕๕๕) | จำนวน ๑ ฉบับ |
| ๒. ผลงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์ได้จริง | จำนวน ๑ ฉบับ |
| ๓. แผ่นพับประชาสัมพันธ์งานประชุมฯ | จำนวน ๑๐๐ ฉบับ |

สืบเนื่องจากการประชุมสุดยอดมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ครั้งที่ ๑ ที่จะจัดขึ้น ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ในวันที่ ๒๙-๓๐ เมษายน ๒๕๕๕ นั้น ขณะนี้เหลือจำนวนวันก่อนถึงการประชุมอีก ๒๕ วัน โดยนับเป็นจำนวนวันทำการเหลือเพียง ๑๔ วัน เท่านั้น

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการประชุมดังกล่าว สำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์อาจารย์ ดังนี้

๑. ร่วมเสวนาเรื่อง “การแลกเปลี่ยนประสบการณ์การบริหารจัดการของมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ” ระหว่างผู้บริหารมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติทั้ง ๙ แห่ง กับผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้บริหารของสำนักบริหารโครงการฯ ในวันที่ ๓๐ เมษายน ๒๕๕๕ เวลา ๑๕.๑๕ - ๑๖.๔๕ น.” สำนักบริหารโครงการฯ จึงใคร่ขอเรียนเชิญอาจารย์เข้าร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตามเวลาดังกล่าว และขอส่งร่างกำหนดการ ฉบับแก้ไขวันที่ ๔ เมษายน ๒๕๕๕ (สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑)

๒. เนื่องจากวัตถุประสงค์หนึ่งของการจัดการประชุมวิชาการนี้คือการเผยแพร่ผลงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์ได้จริง โดยขณะนี้ Supra Cluster ด้านเกษตรและอาหาร มีส่วนของการ “ชม ชิม และรับของแจก” และ Supra Cluster ด้านสุขภาพ มีส่วนของการ “การแพทย์ เพื่อประชาชน” (สิ่งที่ส่งมาด้วย ๒) สำนักบริหารโครงการฯ จึงใคร่ขอเรียนถามว่ามหาวิทยาลัยของอาจารย์มีผลงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์ได้จริงเพื่อทำการเผยแพร่ในการประชุมครั้งนี้หรือไม่ หากมหาวิทยาลัยของอาจารย์มีผลงานดังกล่าว สำนักบริหารโครงการฯ ใคร่ขอให้อาจารย์แจ้งมาที่อีเมล nru.mua@gmail.com ภายในวันพุธที่ ๑๑ เมษายน ๒๕๕๕



SUT7-719-55-24-30

บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 / โทรสาร 4750
ที่ ศร 5621/ 20๙๐ วันที่ ๖๖ ต.ค. ๒๕๕๕
เรื่อง ขอนำส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของ “โครงการวิจัยการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กีดตัวอย่างหินในสองแกน” ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 งวดที่ 2 ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวนเงินทั้งสิ้น 155,000.00 บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจริงจำนวน 168,641.05 บาท (หนึ่งแสนหกหมื่นแปดพันหกร้อยสี่สิบบาทห้าสตางค์) นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ดำเนินการตรวจสอบเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยเรียบร้อยแล้ว จึงขอส่งคืนเอกสารดังกล่าว และเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้วให้นำเอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5521/ว ๕๓๖

วันที่ 12 ตุลาคม 2555

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณาลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย จำนวน 4 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ประกอบด้วย

1. โครงการวิจัย เรื่อง การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน (SUT7-719-55-24-29)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

2. ชุดโครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กัดตัวอย่างหินในสองแกน (SUT7-719-55-24-30)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

3. โครงการวิจัย เรื่อง ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน (SUT7-719-55-24-31)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

4. โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 18 ตุลาคม 2555 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

35.	SUT1-102-46-36-01	การศึกษางานผลสสารทางเคมีเพื่อพัฒนาการย้อมไหมและฝ้ายด้วยรงควัตถุที่สกัดได้จาก ครั้ง	รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวณีย์ รัตน พานี			
36.	SUT1-102-49-24-21	การศึกษาการย้อมเส้นไหมด้วยคราม	รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวณีย์ รัตน พานี			
37.	SUT2-203-48-24-21	การใช้กลวิธีการเรียนภาษาอังกฤษนอกชั้นเรียนของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชาญนรงค์ อินทร ประเสริฐ			
38.	SUT1-104-51-12-14	การศึกษาการถ่ายเทมวลสารของคาร์บอนของการผลิตอาหารประเภทเนื้อจากการทำฟาร์มปศุสัตว์. กรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐภูมิ ธานี			
39.	SUT1-102-48-12-04	การดูดซับไขมันสีกัดระเหยของต้นแมงลักด้วยแร่ดิน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลวดี รังษี วัฒนานนท์			
40.	SUT1-102-48-24-15	ศักยภาพของสารดูดซับชนิดต่างๆ ในการกำจัดจืออินในน้ำ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลวดี รังษี วัฒนานนท์			
41.	SUT3-304-48-36-30	การค้นหาและการแสดงออกของกลูโคส Glycosyl Hydrolases ในจีโนมของข้าวหอมมะลิ และข้าวญี่ปุ่น	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารีนา เกตุทัต-การ์นัส			
42.	SUT7-712-52-12-69	การใช้ดินขาวเผาเพื่อเป็นวัสดุประสาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิวัชร์ สันศิริ			
43.	SUT7-712-52-24-53	การหาลักษณะการอุ้มน้ำของดินไม้อิมด้วยน้ำในสนามโดยวิธีแบบจำลองย้อนกลับ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อวิรุทธิ์ ชื่นกุล กิจนิวัฒน์			
44.	SUT7-712-49-24	การพัฒนาคู่มือการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพอลิทรูธรีนหน้าตัดรูปตัวซี ภายใต้แรงอัดและแรงดัด	รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์			
45.	SUT7-712-51-24-47	สมบัติทางกลของโพลีเอสเตอร์โพลีเอสเตอร์ก่อนการกัดด้วยไดร์แรงอัดและแรงดึง	รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์			
46.	SUT7-712-52-24-63	การพัฒนาเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกหอยและถูกโอบรัดก่อนภายใต้แรงอัด ในแนวแกน	รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์			
47.	SUT2-203-48-12-91	การวิเคราะห์ปัญหาและความจำเป็นในการใช้ภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	อาจารย์มนตา ตูณกร			
48.	SUT1-102-50-12-49	การพัฒนาออปติคัลเคมีกัลเซนเซอร์สำหรับหาปริมาณไอออนโคบอลต์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันชัย ประยูร โกศราช			
49.	SUT3-302-50-12-89	การศึกษาสัดส่วนและความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในการผลิตผักคะน้าและผักชี ในระบบ การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด	อาจารย์ ดร. สุธชล วัณประเสริฐ			
50.	SUT2-202-48-12-80	ซูเปอร์ไวเนียนซ์ในปฏิกิริยาเหตุการณ์	อาจารย์เทพวิ โชคดี			
51.	SUT2-204-48-12-99	พัฒนาการการวิจัยสื่ออินเทอร์เน็ตในประเทศไทย : มีผลการสื่อสาร	อาจารย์สรชัย กมลลิมสกุล			

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30

ชื่อโครงการวิจัย การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กัดตัวอย่างหินในสองแกน

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2555-2556)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จำนวน 310,000.00 บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 จำนวน 220,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2555 จำนวน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 135,090.68 บาท

งวดที่ 2/2555 จำนวน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 168,641.05 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบัน ร้อยละ 50

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 1/2556 จำนวน 110,000.00 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

- | | |
|---|---------------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน 11 หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 2/2555 | จำนวน 1 หน้า |
-

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
Name of Project
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of
- 310,000 บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:

- ☒ งวดที่ 2 ได้รับเงิน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 168,641.05 บาท
Installment No. Total amount received baht Total amount spent baht
- ☐ ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน - บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น - บาท
Equipment (expense) allocation baht Total amount spent baht

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ as follows :

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี Allocation for the whole year	เบิกจ่ายแล้ว ในงวดก่อน Previous installment activated	เบิกจ่ายในงวดนี้ Installment to be activated this time	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป Remaining funds to be activated	
ค่าจ้างชั่วคราว ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาโท)	120,000.00	56,000.00	50,000.00	14,000.00	
รวม (Total)	120,000.00	56,000.00	50,000.00	14,000.00	
ค่าตอบแทน วัสดุ และวัสดุ					
ค่าตอบแทน วัสดุ	40,000.00	58,981.00	96,692.50	(115,673.50)	
ค่าวัสดุ	150,000.00	20,109.68	21,948.55	107,941.77	
รวม (Total)	190,000.00	79,090.68	118,641.05	- 7,731.73	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	310,000.00	135,090.68	168,641.05	6,268.27	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ

(นางจุไรรัตน์ ทุมโพธิ์สุวรรณ)
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร)

หัวหน้าโครงการ

หัวข้อรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 1/2556

ผลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2554 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2555

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

(ภาษาอังกฤษ) Design and Invention of Biaxial Loading Device for Rock Specimens

2. หัวหน้าโครงการ

หัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร (รับผิดชอบ 100%)

3. หน่วยงาน

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224443, 044-224448, 044-224441 โทรสาร 044-224448, 044-224611

E-mail : kittitep@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์กดทดสอบหินเพื่อใช้จำลองสภาพของหินภายใต้ความเค้นกดในสองแกน (Biaxial Loading) โดยใช้แนวคิดใหม่สำหรับกลไกการกดเพื่อให้มีราคาถูก แม่นยำ และมีความสอดคล้องกับสภาวะความเค้นจริงในภาคสนามซึ่งจะมีราคาถูกกว่าเครื่องปัจจุบันที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ
- 2) เพื่อให้อุปกรณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และได้รับการยอมรับในวงกว้างในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานราก และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ผลที่ได้จากการวิจัยนั้นนอกจากจะเป็นนวัตกรรมใหม่แล้วยังเป็นจุดเริ่มต้นของการทดสอบหินในเชิงสร้างสรรค์โดยมีความสามารถในการกดด้วยแรงและทิศทางที่สมบูรณ์ในสองแกน

5. แผนการดำเนินงานตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)						ปีที่ 2 (2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	↔	↔										
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน		↔	↔									
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					↔							
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					↔							
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						↔	↔	↔	↔	↔		
7. การวิเคราะห์ผล							↔	↔	↔	↔	↔	
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ											↔	
9. การเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

6. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔					
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	↔	↔				
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน		↔	↔			
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					↔	
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					↔	↔
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						↔
7. การวิเคราะห์ผล						
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน			↔			↔

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

i	ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)					
		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1.	การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	← 100% →					
2.	การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	← 100% →					
3.	การสร้างเครื่องกวดในสองแกน		← 100% →				
4.	การสอบเทียบขนาดของแรง					← 100% →	
5.	การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					← 100% →	
6.	การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						← 20% →
7.	การวิเคราะห์ผล						
8.	การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9.	การเขียนรายงาน			← 100% →			← 100% →

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 55

รายละเอียดของผลการดำเนินงานทั้งหมดประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรมวิจัย

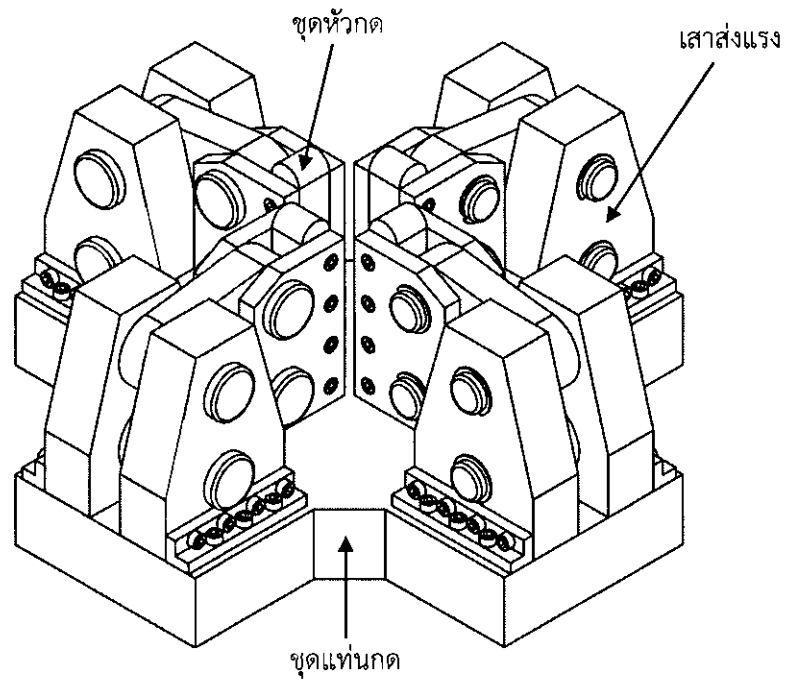
การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% โดยแบ่งการค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ในประเด็นที่เกี่ยวกับเครื่องมือและวิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสองแกน วิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน โดยทุกประเด็นได้นำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุปเพื่อให้ทราบว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่องานวิจัยที่น่าเสนอ

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน

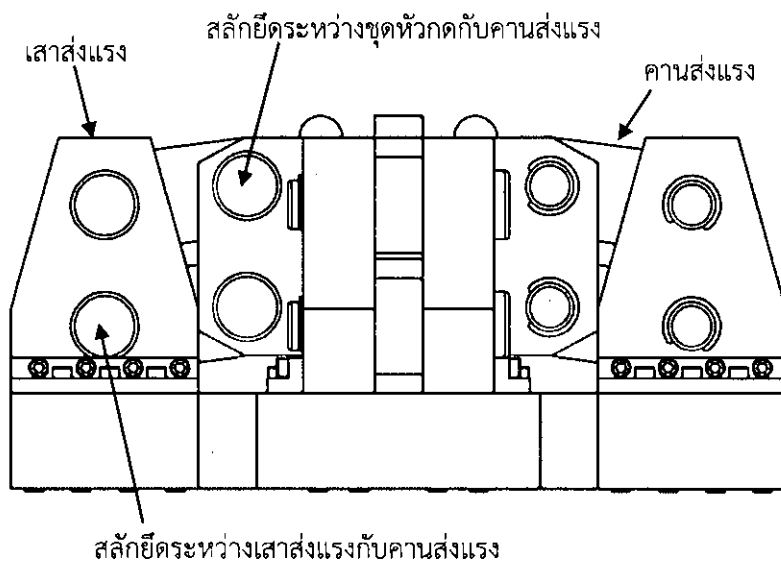
การออกแบบอุปกรณ์กวดตัวอย่างหินในสองแกนได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% ซึ่งเครื่องกวดทดสอบในสองแกน มีส่วนประกอบหลักต่างๆ คือ โครงรับแรงกด (Frame) คานกวดตัวอย่างหินในแต่ละทิศทาง ชุดหัวกวดให้แรง โดยการออกแบบจะใช้โปรแกรมสร้างแบบทางคอมพิวเตอร์ (SolidWorks) ดังแสดงในรูปที่ 1 ถึง 3 สร้างเป็นแบบขึ้นมา ทุกชิ้นส่วนจะต้องคำนวณหาค่าปัจจัยความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

ข้อกำหนด (Specification) ที่ใช้ในการออกแบบ คือ

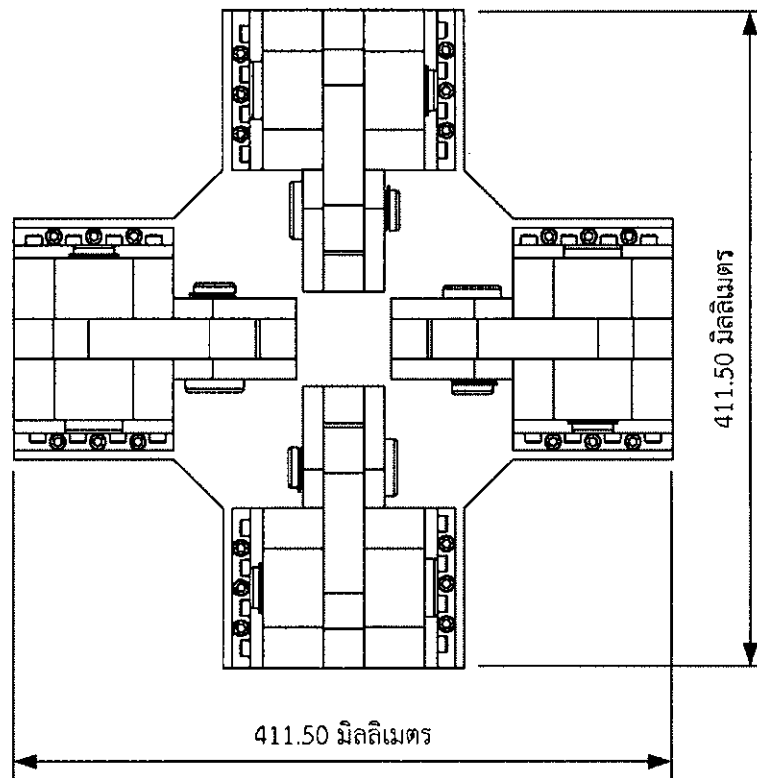
- สามารถรับแรงกดสูงสุดด้านข้าง (σ_2 , σ_3) ไม่ต่ำกว่า 10 MPa (สำหรับหินหน้าตัด $50 \times 50 \times 50$ ซม³)
- สามารถตรวจการเคลื่อนตัวของตัวอย่างหินได้ทั้ง 3 ทิศทาง
- วัสดุทำจากโลหะแข็งที่ไม่มีการยุบตัวที่แรงกดสูง
- สามารถให้แรงกดคงที่ในระดับต่างๆ ได้โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม
- สามารถทดสอบหินตัวอย่างขนาดตั้งแต่ $50 \times 50 \times 50$ ซม³ ถึง $50 \times 50 \times 100$ ซม³



รูปที่ 1 ภาพเปอร์สเปกทีฟอุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนจากโปรแกรม Solidworks



รูปที่ 2 ภาพด้านหน้าของอุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกนจากโปรแกรม Solidworks



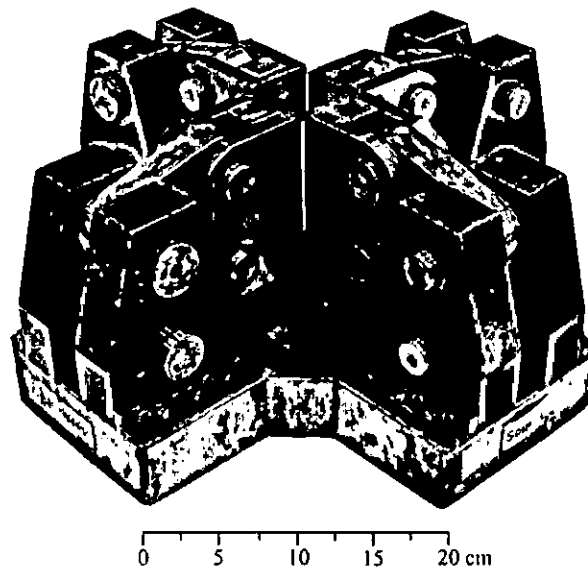
รูปที่ 3 ภาพด้านบนของการออกแบบอุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกนจากโปรแกรม Solidworks

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเครื่องกดในสองแกน

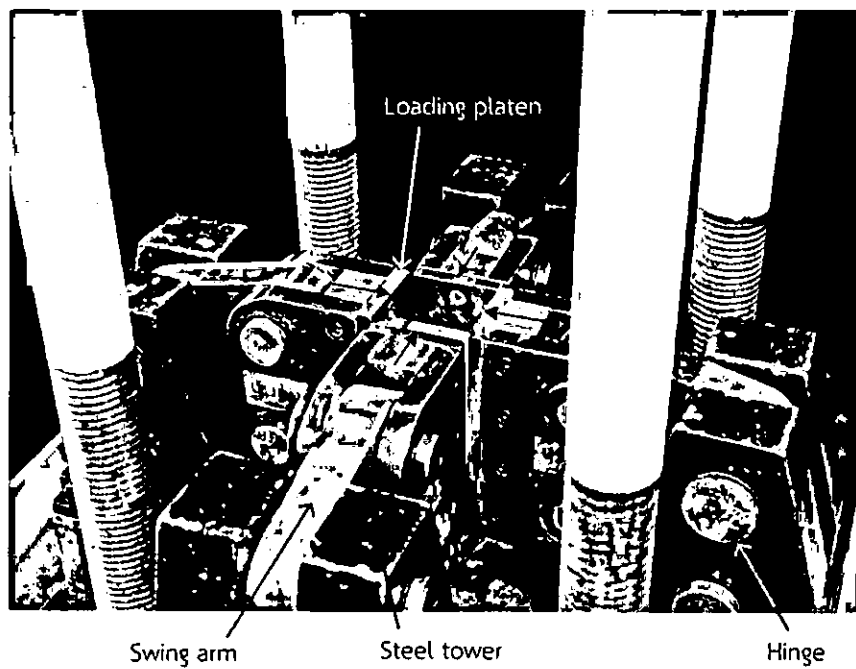
การประดิษฐ์อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% โดยสร้างอุปกรณ์ทดสอบต้นแบบตามข้อกำหนดทั้งหมดในขั้นตอนที่ 2 ที่ห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังแสดงในรูปที่ ๔ ถึง 5 โดยมีวิศวกรเป็นผู้ดูแลและควบคุมการสร้างอย่างถูกต้อง แม่นยำ และปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 4 การสอบเทียบขนาดของแรง

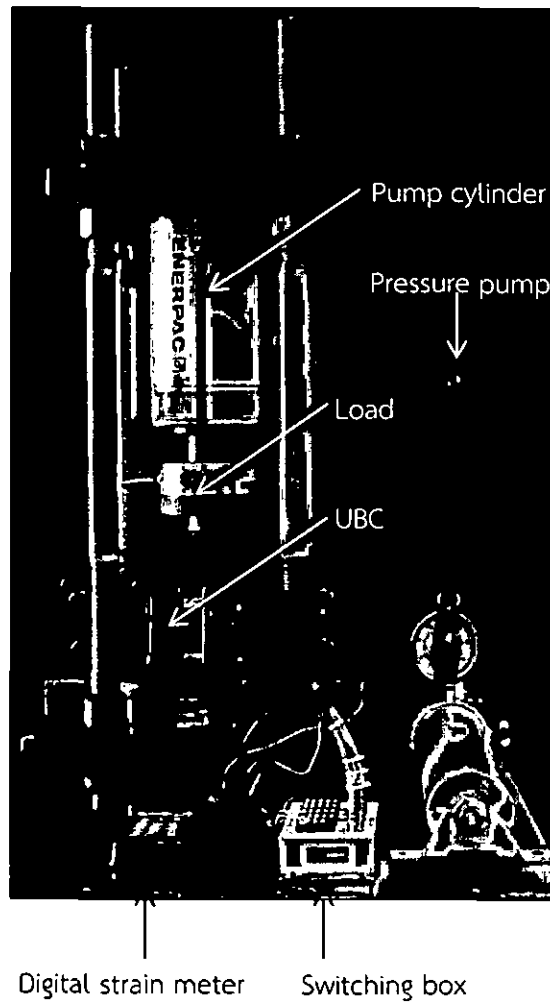
การสอบเทียบขนาดของแรงได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% โดยใช้ electronic load cell ในการวัดค่าความเครียดดังแสดงในรูปที่ 6 แล้วนำค่าความเครียดดังกล่าวแปลงเป็นค่าความเค้นที่กระทำต่อตัวอย่างทดสอบ โดยค่าความเครียดที่ได้จากการสอบเทียบดังกล่าวนี้ได้จากมาตรวัดความเครียด (strain gages) ดังรูปที่ 7 ที่ยึดติดกับลูกเหล็กทรงลูกบาศก์ อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรงด้านข้างไม่เกิน 150 kN โดยได้ทำการติดตั้งปั๊มมือโยก (hydraulic hand pump) ขนาด 75 ตัน เพื่อให้แรงในแนวตั้ง ผลการสอบเทียบขนาดของแรงในแกนเดียวและสองแกนดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9



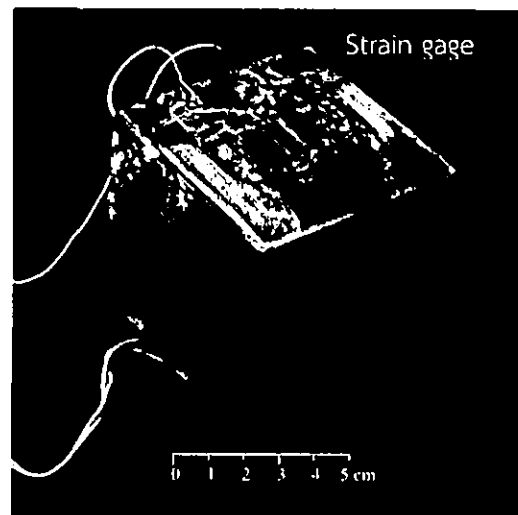
รูปที่ 4 อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนที่ได้ดำเนินการประดิษฐ์ขึ้น



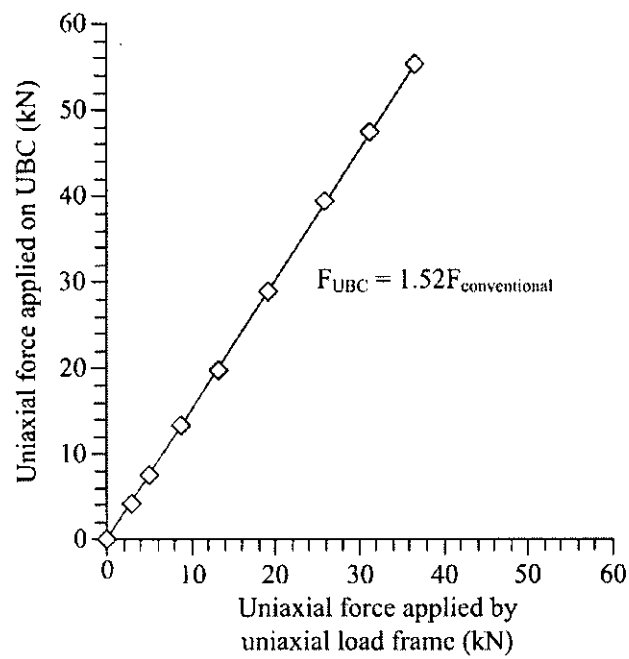
รูปที่ 5 อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกนได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับโครงกดทดสอบทั่วไป



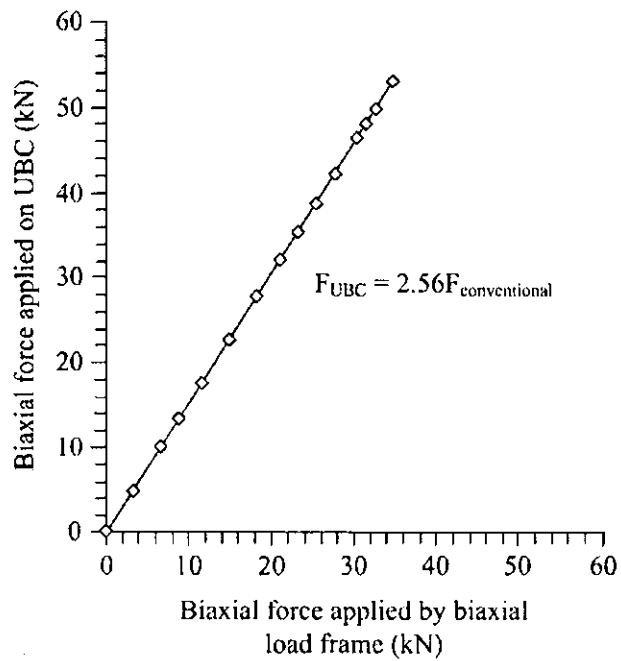
รูปที่ 6 อุปกรณ์กดหินในสองแกนได้ดำเนินการสอบเทียบกับโครงกดทดสอบในแกนเดียว



รูปที่ 7 การติดตั้ง strain gage กับลูกเหล็กสำหรับสอบเทียบแรงกดทดสอบของอุปกรณ์



รูปที่ 8 ผลการสอบเทียบแรงกดในแกนเดียวระหว่างอุปกรณ์กดหินในสองแกนกับเครื่องกดมาตรฐาน



รูปที่ 9 ผลการสอบเทียบแรงกดในสองแกนระหว่างอุปกรณ์กดหินในสองแกนกับเครื่องกดมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน

การจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อนำมาทดสอบในสองแกนได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% โดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงขีดความสามารถของอุปกรณ์เพื่อใช้ทดสอบตัวอย่างหินในสองแกนและเพื่อสาธิตว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้งานได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม โดยได้ทำการเลือกตัวอย่างหิน 5 ชนิด มาใช้ในการทดสอบหาค่าความแข็งของหินในแกนเดียวและในสองแกน โดยตัวอย่างหินที่เลือกมาใช้ในการทดสอบมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (homogeneous) 5 ชนิดคือ หินทรายชุดโคราช (ชั้นหินพระวิหาร ภูพาน และภูกระดึง) หินอ่อนชุดสระบุรี และเกลือหินชุดมหาสารคาม (ใช้อักษรย่อคือ PW, PP, PK, SM และ MS ตามลำดับ) (รูปที่ 10) ตัวอย่างหินดังกล่าวได้ถูกนำมาตัดให้ผิวเรียบในห้องปฏิบัติการกลุ่มวิศวกรรมธรณี อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดสอบแต่ละชนิด

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ

การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 20% โดยได้ดำเนินการทดสอบหาค่าความแข็งของหินภายใต้การให้แรงกดในแกนเดียวและในสองแกนของตัวอย่างหินทั้ง 5 ชนิด ซึ่งได้ทำการทดสอบควบคู่ไปกับเครื่องมือมาตรฐาน การทดสอบประกอบด้วย (1) การทดสอบหาค่าความแข็งของหินในแกนเดียวด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM standard (D7012-04) และ ISRM (Brown, 1981) และ (2) การทดสอบหาค่าความแข็งของหินในสองแกน โดยในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการแล้วเสร็จในขั้นตอนของการทดสอบหาค่าความแข็งของหินในแกนเดียว ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงดังในรูปที่ 11 และตารางที่ 1

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผล

- จะดำเนินการในช่วงเดือนที่ 3 ถึงเดือน 10 ของปีที่ 2 -

ขั้นตอนที่ 8 การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ

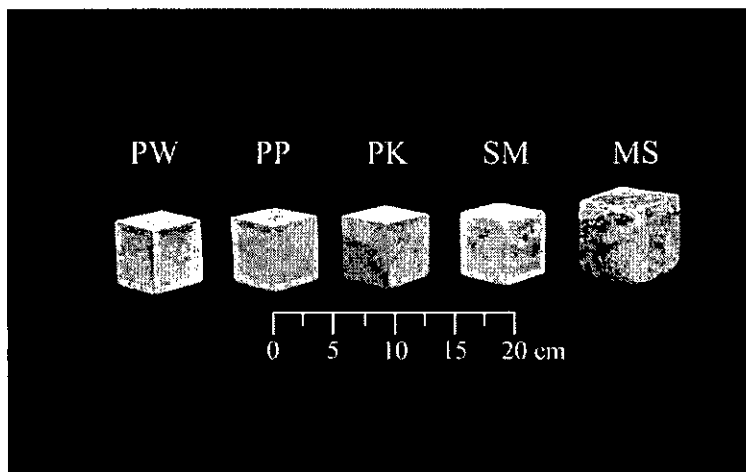
- จะดำเนินการในช่วงเดือนที่ 3 ถึงเดือน 10 ของปีที่ 2 -

ขั้นตอนที่ 9 การเขียนรายงาน

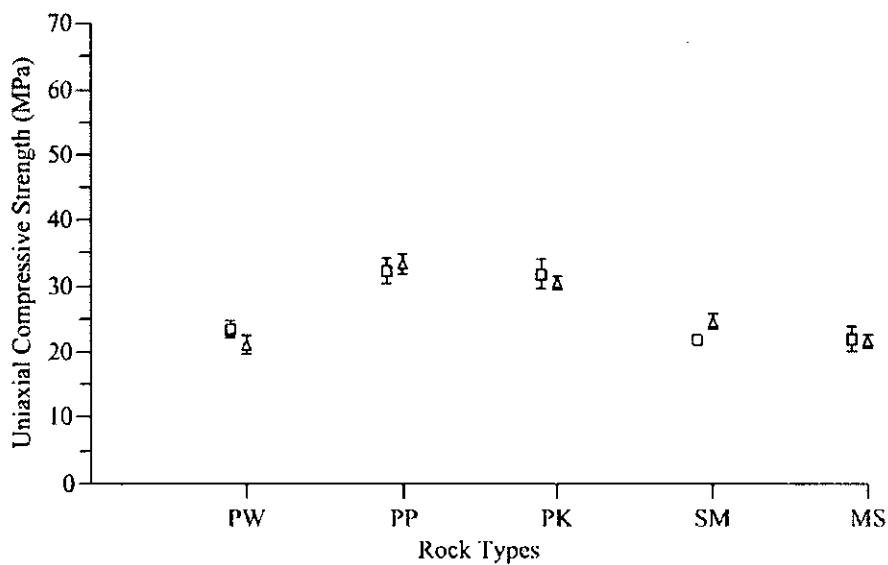
ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- การทบทวนวรรณกรรมวิจัย
- การออกแบบเครื่องกดในสองแกน
- การสร้างเครื่องกดในสองแกน
- การสอบเทียบขนาดของแรง
- การจัดเตรียมตัวอย่างหิน
- การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ

โดยขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานฉบับสมบูรณ์ต่อไป



รูปที่ 10 ตัวอย่างหิน 5 ชนิด ที่นำมาใช้ในการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของหินในแกนเดียวและใน



รูปที่ 11 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงในแกนเดียวของหินทั้ง 5 ชนิด โดยการทดสอบด้วยเครื่องมาตรฐาน (□) และการทดสอบด้วยเครื่องกดหินในสองแกน (Δ)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของหินในแกนเดียวของตัวอย่างหินทั้ง 5 ชนิด

ชนิดการทดสอบ/ชนิดหิน	PW (MPa)	PP (MPa)	PK (MPa)	SM (MPa)	MS (MPa)
ค่าความแข็งแรงของหินในแกนเดียว (เครื่องกดมาตรฐาน)	23.4±1.2	32.3±1.9	31.8±2.2	22	21.9±1.9
ค่าความแข็งแรงของหินในแกนเดียว (อุปกรณ์กดหินในสองแกน)	21.1±1.5	33.4±1.5	30.7±0.5	24.7±1.1	21.7±0.9

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่ผลงานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ เป็นต้น
ไม่มี
10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข
ไม่มี
11. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)						ปีที่ 2 (2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	←→											
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	←→	→										
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน		←→	→									
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					←→							
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					←→	→						
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						←				→		
7. การวิเคราะห์ผล								←			→	
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ											←→	
9. การเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ
ไม่มี



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 3178/2555
วันที่ ๑๐ ต.ค. 2555
เวลา 10.30

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220

ที่ ศร.5614(22)/ ๕80 วันที่ 8 ตุลาคม 2555

เรื่อง ขอส่งเอกสารทำสัญญาโครงการต่อเนื่อง

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งเอกสารทำสัญญาโครงการต่อเนื่อง ที่ได้รับจัดสรรงบประมาณจากสำนักงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2556 ของ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร จำนวน 4 โครงการๆ ละ 2 ชุด พร้อมแผนการใช้จ่ายเงิน ดังนี้

ชื่อโครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบประมาณ
1. การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร. SUT7-719-55-24-32	280,000
2. การจำลองการทรุดตัวของดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-39	250,000
3. ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-31	240,000
4. การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-30	220,000

Make : 15/10/55 16-3
15/10/55

พร้อมนี้ได้แนบ รายงานการเงินงวดที่ 2 ของปีที่ 1 พร้อมใบเสร็จทุกโครงการ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ดำเนินการต่อไป

เรียน ฝ่ายธุรการ
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

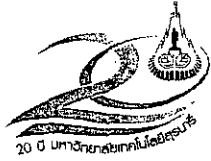
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการแทนคณบดี

(รศ.ดร.อนันต์ ทองระมาด)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

10 ต.ค. 2555



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT7-719-55-24-30

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 / โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621/ ๗๑ ๕ วันที่ 23 เม.ย. 2555
เรื่อง ขอส่งเอกสารด้านการเงินกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารทางการเงินของชุดโครงการการจัดการด้านความปลอดภัยและอนุรักษ์พลังงาน
ในงานอุตสาหกรรมโครงการวิจัยการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน งบประมาณ
พ.ศ. 2555 งวดที่ 1 ได้รับเงินเป็นจำนวนทั้งสิ้น 155,000.00 บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น
จริงจำนวน 135,090.68 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นห้าพันเก้าสิบบาทหกสิบแปดสตางค์) นั้น สถาบันวิจัยและพัฒนาได้
ดำเนินการตรวจสอบเอกสารทางการเงินเรียบร้อยแล้ว และต้องมีการแก้ไขหรือใช้เอกสารเพิ่มเติม (ตามเอกสารแนบ)

และเนื่องจากในปัจจุบันสถาบันวิจัยและพัฒนาไม่มีพื้นที่เพียงพอในการเก็บเอกสาร ซึ่งอาจเกิดการสูญ
หายของใบเสร็จรับเงินได้ จึงขอส่งคืนเพื่อแก้ไขใบเสร็จที่ไม่ถูกต้อง(ถ้ามี) เมื่อท่านพร้อมปิดโครงการวิจัยแล้ว ให้นำ
เอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

จุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ

ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทร 4702/4757 โทรสาร 4750

ส่งเอกสาร 18/04/2555



พระบาทสมเด็จพระปรเมนทรมหาอานันทมหิดลทรงมีพระกรุณาโปรดเกล้าฯ
ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯโปรดกระหม่อมพระราชทานพระบรมราชานุญาตให้
บริษัทแบงก์สยามกัมมาจด, จำกัด
ใช้ตราแผ่นดินนี้เป็นตราประจำธนาคารเมื่อ ร.ศ. 125 (พ.ศ. 2449)

ชื่อบัญชี
NAME
ทุน SUT-phD-2554 (รศ. ดร. กิตติเทพ
เฟื่องขจร)

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

0707 สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่บัญชี
ACCOUNT NO
707-249633-6

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์
SAVINGS ACCOUNT

0007805339

7805339

- ตราแผ่นดินใช้สำหรับตราของธนาคารไทยพาณิชย์เท่านั้น
- ตราแผ่นดินใช้สำหรับตราของธนาคารไทยพาณิชย์เท่านั้น
- ตราแผ่นดินใช้สำหรับตราของธนาคารไทยพาณิชย์เท่านั้น

K. Smitjan



65514264

บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ-สอจพ-4-01
FORM JB-D-B-01
สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 1074/อ.ดร.
วันที่ 4 เม.ย. 2555
เวลา 10.00
4229

หน่วยงาน.....สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....โทร.....
ที่ ศธ. 5614(22)/ 178.....วันที่ 3 เมษายน 2555.....
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.....2555.....งวดที่ 2.....

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

5614-714-ด-24-30

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร.....สังกัดสำนักวิชา.....วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.....2555.....เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....310,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงวดที่ 2.....
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....155,000 บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....10,000 บาท
ระยะเวลา.....6 เดือน จำนวน.....1 คน เป็นเงิน.....60,000 บาท
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....1 บาท
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....บาท
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
รวม.....60,000 บาท

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

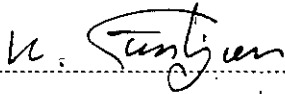
ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาอื่นๆ.....เป็นเงิน.....10,000 บาท
ค่าจ้างเตรียมหิน.....เป็นเงิน.....10,000 บาท
ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ.....เป็นเงิน.....5,000 บาท
ค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องทดสอบในสองแกนเป็นเงิน.....65,000 บาท
ค่าวัสดุอื่นๆ.....เป็นเงิน.....5,000 บาท
.....เป็นเงิน.....บาท
.....เป็นเงิน.....บาท
.....เป็นเงิน.....บาท
รวม.....95,000 บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

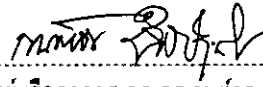
หัวหน้าโครงการวิจัย



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

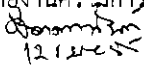
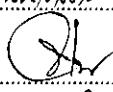
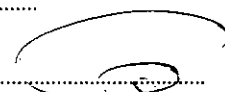
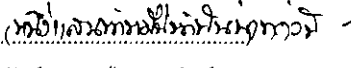
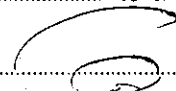
...../...../.....



(รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กันตธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
คณบดี

...../...../.....

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่ 1/2555 แล้ว  ☐ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน 155,000 - บาท (หรือ/แล้วแต่กรณี)  (นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 1/2 เม.ย. 2555	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและ เงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2/3 เม.ย. 2555
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน 155,000 บาท (หรือ/แล้วแต่กรณี)  เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชีกรม/โครงการ/เงินอุดหนุน/เงิน 7 เลขที่บัญชี 707-249354-0 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2/3 เม.ย. 2555	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 2/3 เม.ย. 2555



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว | 87

วันที่ ๖ เมษายน 2555

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย จำนวน 4 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ประกอบด้วย

1. โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกล็ดหินเพื่อใช้กักเก็บก๊าซธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (SUT7-719-54-24-30)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
2. โครงการวิจัย เรื่อง การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน (SUT7-719-55-24-29)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. โครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน (SUT7-719-55-24-30)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
4. โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกล็ดหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 17 เมษายน 2555 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผลงานวิจัย (ผลิตภัณฑ์/ชิ้นงาน/งาน) ที่การใช้ประโยชน์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อ ClusterSub-cluster (RU) ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของภาคอุตสาหกรรม
ชื่อหัวหน้า RU รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ขำนิประศาสน์
- ผู้ประดิษฐ์หลัก/ผู้ที่สามารถให้รายละเอียดเพิ่มเติม ชื่อ.....
สาขาวิชา.....สำนักวิชา.....อีเมล.....
โทร.....

รายละเอียดผลงาน

- ชื่อผลิตภัณฑ์/ชิ้นงาน/งาน ชุดจับยึดสำหรับการผลิตโครงสร้างหลักรถยนต์โดยสารชนิดที่ 2
- ลักษณะของผลิตภัณฑ์/ (ผลิตภัณฑ์อะไร มีลักษณะสำคัญอย่างไร ใช้ประโยชน์อะไร 5-10 บรรทัด)
เป็นเครื่องที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมรถยนต์
- หน่วยงาน/ชุมชน/เอกชนที่สามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์/ผลงานวิจัย (เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)
[] ยังไม่มีผู้นำไปใช้
[✓] นำไปใช้แล้วโดย (ระบุชื่อ ที่อยู่ของบุคคล/หน่วยงาน)
บริษัท เซดชัย อุตสาหกรรม จำกัด
- การจดสิทธิบัตร (เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)
[] ยังไม่ได้ยื่นจด [] ยื่นจดแล้วเมื่อปี พ.ศ.....ได้เลขที่แล้วคือ.....
- จำนวนบทความ/การเสนอผ่านสื่อต่าง ๆ ที่เกิดจากผลงานนี้ (ถ้ามี)
[] ระดับชาติ.....บทความ [] นานาชาติ.....บทความ
[] ในสิ่งพิมพ์ในมหาวิทยาลัย.....บทความ (ระบุ).....
[] ในสิ่งพิมพ์ภายนอกมหาวิทยาลัย.....บทความ (ระบุ).....
[] ผ่านวิทยุ/โทรทัศน์ (ระบุ).....

รูป/ภาพถ่ายผลิตภัณฑ์ (2-3 รูป)

.....

หมายเหตุ

- 1) ผลิตภัณฑ์/ชิ้นงาน/งาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์หรือผลงานที่ใช้ประโยชน์/แก้ปัญหา
รวมถึงเป็นองค์ความรู้หรือการค้นพบที่มีเอกชน หน่วยงาน หรือชุมชนนำไปใช้ เช่น นำไปใช้เพื่อให้ประชาชนมี
สุขภาพดีขึ้น องค์ความรู้ที่ทำให้ผลผลิตเกษตรกรรมสูงขึ้น หรือการก่อให้เกิดรายได้ เป็นต้น
- 2) หนึ่ง Cluster อาจจะมีผลงานหลายชิ้น ขอให้ใช้ 1 แบบฟอร์ม สำหรับผลิตภัณฑ์/
ชิ้นงาน/งาน 1 ชิ้น
- 3) แต่ละ Cluster ส่งแบบฟอร์ม ในรูปของ MS word ส่งมหาวิทยาลัยเพื่อส่งต่อไป สกอ.

**รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)**

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-30

ชื่อโครงการวิจัย การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย รศ.ดร.ศราภรณ์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2555-2556)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ 2555 จำนวน 310,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2555 จำนวน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 135,090.68 บาท

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 2/2555 จำนวน 155,000.00 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบันคิดเป็น ร้อยละ 30

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย	จำนวน	7	หน้า
2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2555	จำนวน	1	หน้า

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน
Name of Project _____
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project _____ Institute of _____
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year _____ for the amount of _____

310,000 บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้
baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:

- ☒งวดที่ 1 ได้รับเงิน 155,000.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 135,090.68 บาท
Installment No. Total amount received baht Total amount spent baht
- ☐ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน - บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น - บาท
Equipment (expense) allocation baht Total amount spent baht

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ as follows :

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี Allocation for the whole year	เบิกจ่ายแล้ว ในงวดก่อน activated	เบิกจ่ายในงวดนี้ activated this time	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป Remaining funds to be activated	
ค่าจ้างชั่วคราว ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาโท)	120,000.00		56,000.00	64,000.00	
รวม (Total)	120,000.00	-	56,000.00	64,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาต่างๆ	40,000.00		58,981.00	(18,981.00)	
ค่าวัสดุ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ และค่าวัสดุอื่นๆ	150,000.00		20,109.68	129,890.32	
รวม (Total)	190,000.00	-	79,090.68	110,909.32	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	310,000.00	-	135,090.68	174,909.32	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

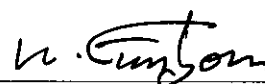
ตรวจสอบแล้วถูกต้อง



(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

ลงชื่อ



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการ

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 2/2555

ผลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2554 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2555

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

(ภาษาอังกฤษ) Design and Invention of Biaxial Loading Device for Rock Specimens

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร

3. หน่วยงาน

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 223-363 โทรสาร (044) 223-363 E-mail: kittitep@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบหินเพื่อใช้จำลองสภาพของหินภายใต้ความเค้นกดในสองแกน (Biaxial Loading) โดยใช้แนวคิดใหม่สำหรับกลไกการกดเพื่อให้มีราคาถูก แม่นยำ และมีความสอดคล้องกับสถานะความเค้นจริงในภาคสนามซึ่งจะมีราคาถูกกว่าเครื่องปัจจุบันที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ
- 2) เพื่อให้อุปกรณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และได้รับการยอมรับในวงกว้างในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานราก และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ผลที่ได้จากการวิจัยนี้นอกจากจะเป็นนวัตกรรมใหม่แล้วยังเป็นจุดเริ่มต้นของการทดสอบหินในเชิงสร้างสรรค์โดยมีความสามารถในการกดด้วยแรงและทิศทางที่สมบูรณ์ในสองแกน

5. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)						ปีที่ 2 (2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	←→											
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	←→	←→										
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน		←→	←→									
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					←→							
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					←→							
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						←→	←→	←→	←→	←→		
7. การวิเคราะห์ผล								←→	←→	←→	←→	
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ											←→	
9. การเขียนรายงาน			←→			←→			←→			←→

6. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1	2	3	4	5	6
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	←→	←→				
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	←→	←→	←→	←→	←→	←→
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน			←→	←→	←→	←→
4. การสอบเทียบขนาดของแรง						
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน						
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						
7. การวิเคราะห์ผล						
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน						←→

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1	2	3	4	5	6
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	← 100% →			✓		
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน	←			100%	→	
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน			←		80%	
4. การสอบเทียบขนาดของแรง						
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน						
5. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						
7. การวิเคราะห์ผล						
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน						← 100% →

8 ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 30 โดยประมาณ (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเกินกว่าที่กำหนดไว้ตามแผนงาน สำหรับช่วงเวลา 6 เดือนแรกของปีที่ 1 ได้ดำเนินการไปแล้ว 4 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

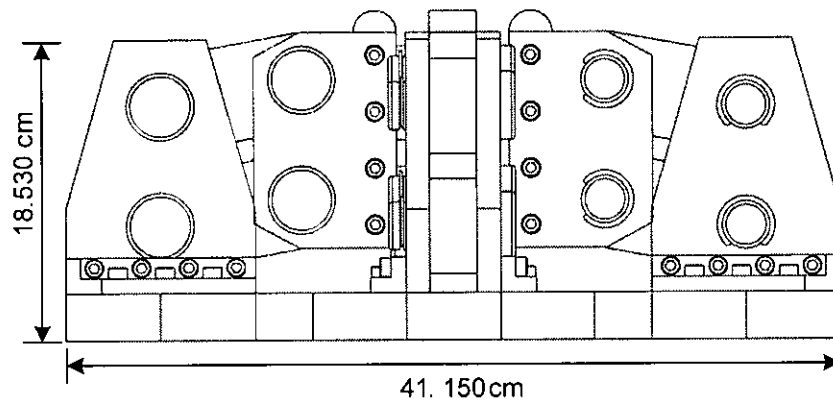
ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรมวิจัย

การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% โดยศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งทำการค้นคว้าและศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือและวิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดทั้งสองแกน วิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน โดยทุกประเด็นได้นำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุปเพื่อให้ทราบว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่องานวิจัยที่นำเสนอ

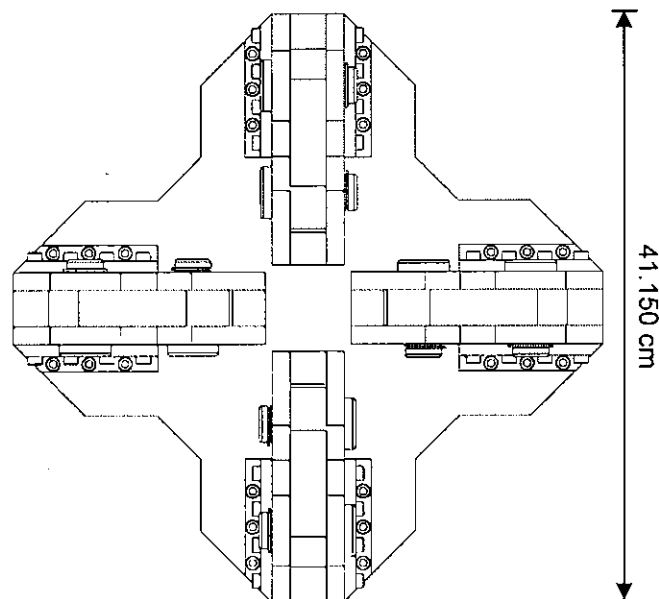
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน

การออกแบบเครื่องกวดในสองแกนได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% ซึ่งเครื่องกวดทดสอบในสองแกนมีส่วนประกอบหลักต่างๆ คือ โครงรับแรงกด (Frame) คานกวดตัวอย่างหินในแต่ละทิศทาง ชุดหัวกวดให้แรง โดยการออกแบบจะใช้โปรแกรมสร้างแบบทางคอมพิวเตอร์ (SolidWorks) ดังแสดงในรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 4 ทุกชิ้นส่วนได้มีการคำนวณหาปัจจัยความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีข้อกำหนด (Specification) ที่ใช้ในการออกแบบ คือ

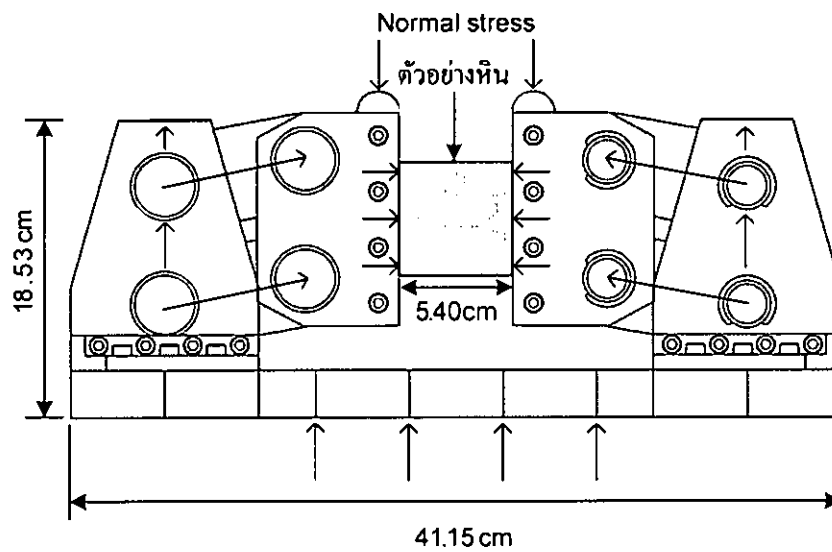
- สามารถรับแรงกดสูงสุดด้านข้าง (σ_2 , σ_3) ไม่ต่ำกว่า 10 MPa (สำหรับหินหน้าตัด 2x2x2 นิ้ว)
- สามารถตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตัวอย่างหินได้ทั้ง 3 ทิศทาง
- วัสดุทำจากโลหะแข็งที่ไม่มีการยุบตัวภายใต้แรงกดสูง
- สามารถให้แรงกดคงที่ในระดับต่างๆ ได้โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม



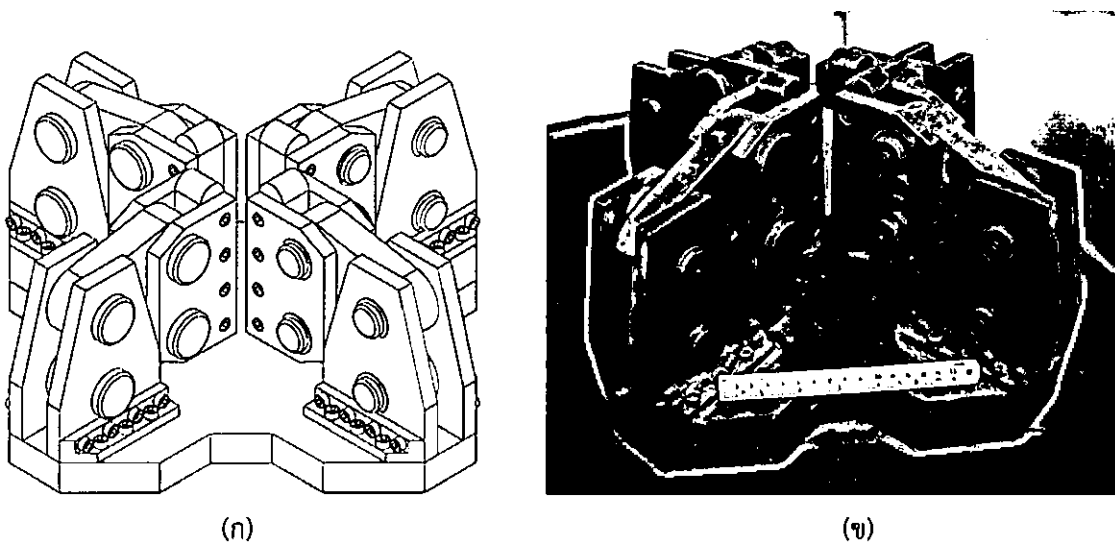
รูปที่ 1 ภาพด้านหน้าของอุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน โดยใช้โปรแกรม Solidworks ออกแบบ



รูปที่ 2 ภาพด้านบนของอุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน โดยใช้โปรแกรม Solidworks ออกแบบ



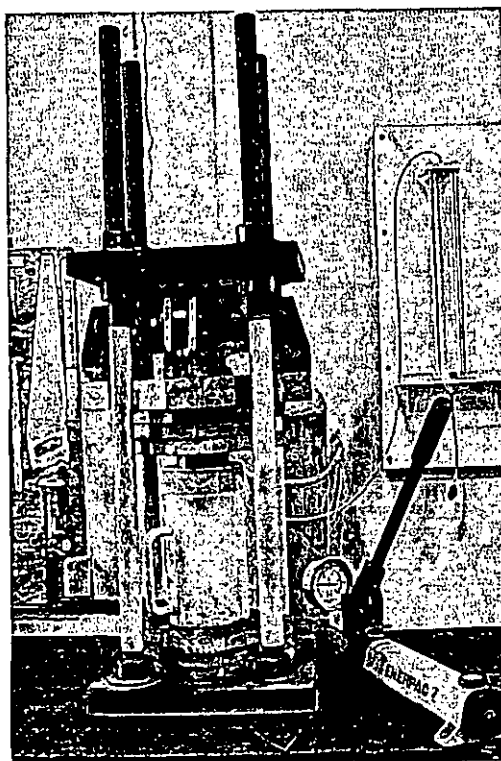
รูปที่ 3 ภาพตัดขวางด้านหน้าและทิศทางการให้แรงของอุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน โดยใช้โปรแกรม Solidworks ออกแบบ



รูปที่ 4 (ก) อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกนที่ได้ทำการ ออกแบบไว้โดยใช้โปรแกรม Solidworks และ (ข) อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกนที่ประกอบขึ้นเป็นเครื่องกดทดสอบต้นแบบ

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเครื่องกดในสองแกน

การประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกนได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 80% โดยสร้างเป็นเครื่องกดทดสอบต้นแบบ ตามข้อกำหนดทั้งหมดในขั้นตอนที่ 2 ในห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยมีวิศวกรเป็นผู้ดูแลและควบคุมการสร้างอย่างถูกต้อง แม่นยำ และปลอดภัย



รูปที่ 5 อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกนที่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงกดในแกนเดียวซึ่งมีใช้กันอยู่ทั่วไป

ขั้นตอนที่ 4 การสอบเทียบขนาดของแรง

จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 9-10 ของปีที่ 1

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน

จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 9-12 ของปีที่ 1

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ

จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 11-12 ของปีที่ 1 และช่วงเดือนที่ 1-8 ของปีที่ 2

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผล

จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 3-10 ของปีที่ 2

ขั้นตอนที่ 8 การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ

จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 9-10 ของปีที่ 2

ขั้นตอนที่ 9 การเขียนรายงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน
- การสร้างเครื่องกวดในสองแกน (ส่วนที่แล้วเสร็จ)
- บรรณานุกรม

โดยขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานฉบับสมบูรณ์ต่อไป

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี

- ยังไม่ได้ดำเนินการ -

10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

- ไม่มี -

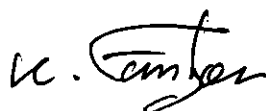
11. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)					
	7	8	9	10	11	12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย						
2. การออกแบบเครื่องกวดในสองแกน						
3. การสร้างเครื่องกวดในสองแกน						
4. การสอบเทียบขนาดของแรง						
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน						
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						
7. การวิเคราะห์ผล						
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ						
9. การเขียนรายงาน						

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ ซึ่งคาดว่าจะกิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ไม่มี -



(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบวพ.-ง-01
FORM IRD-B-01
เลขที่บันทึกและพิจารณา
1158/2554
วันที่ 09 พ.ย. 2554
ที่ 4229 16.00

หน่วยงาน..... สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์..... โทร.....
ที่ ศธ. 5614(22)/ 566..... วันที่ 9 พฤศจิกายน 2554.....
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555..... งบที่ 1.....

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

U-5502175

507-719-55-24-30

ตามที่ข้าพเจ้า..... รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร..... สังกัดสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555..... เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 310,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบที่ 1.....
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 155,000 บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

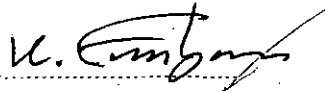
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท..... อัตราเดือนละ..... 10,000 บาท
ระยะเวลา..... 6 เดือน จำนวน..... 1 คน เป็นเงิน..... 60,000 บาท
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.......... อัตราเดือนละ..... บาท
ระยะเวลา..... เดือน จำนวน..... คน เป็นเงิน..... บาท
ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ..... บาท
ระยะเวลา..... เดือน จำนวน..... คน เป็นเงิน..... บาท
รวม..... 60,000 บาท

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

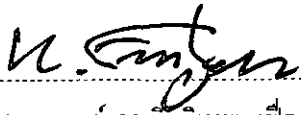
ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาอื่นๆ..... เป็นเงิน..... 10,000 บาท
ค่าจ้างเตรียมหิน..... เป็นเงิน..... 10,000 บาท
ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ..... เป็นเงิน..... 5,000 บาท
ค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องกดทดสอบในสองแกน เป็นเงิน..... 65,000 บาท
ค่าวัสดุอื่นๆ..... เป็นเงิน..... 5,000 บาท
..... เป็นเงิน..... บาท
..... เป็นเงิน..... บาท
..... เป็นเงิน..... บาท
รวม..... 95,000 บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร)

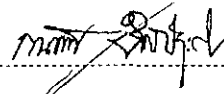
หัวหน้าโครงการวิจัย



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

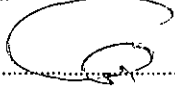
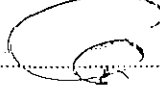
...../...../.....



(รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.อนันต์ ขำขันประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

...../...../.....

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่.....แล้ว ☒ ถู้อำนาจ ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน - 155,000 - บาท (- นนทบุรี)  (นางสุวิมล นิตีเกตโกศล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 11 พ.ย. 2554	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและ เงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 15 พ.ย. 2554
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน - 155,000 - บาท (- นนทบุรี) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์ สาขา..... ชื่อบัญชี..... เลขที่บัญชี..... ด้วย จักขอบคุณยิ่ง  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 15 พ.ย. 2554	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางสุวิมล นิตีเกตโกศล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 15 พ.ย. 2554



010 ✓

สัญญาเลขที่ 5/2555

SUT7-719-55-24-30

ต้นฉบับ

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัญญานี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบล
สุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2554 ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี โดย รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบ
อำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 6/2552
ลงวันที่ 26 กันยายน 2552 และคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่ายหนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัด
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอ
เมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต่อไปในสัญญานี้ เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงกันมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อ
ใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน” ตามเอกสารหมายเลข 3 ตั้งแต่วันที่ 11 พฤศจิกายน 2554 ถึงวันที่
10 พฤศจิกายน 2555 เป็นจำนวนเงิน 310,000 บาท (สามแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่าย
ให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตามรายละเอียดดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้
เป็นเงิน 155,000 บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 155,000
บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อม
รายงานการเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำ
สถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. เอกสารอันเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ได้แก่

- (1) คำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 6/2552 ลงวันที่ 26 กันยายน 2552
- (2) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
- (3) โครงการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหิน
ในสองแกน”
- (4) ระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีว่าด้วยเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539
- (5) หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(6) หมายเลขบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ ชื่อบัญชีโครงการวิจัย ธนาคารไทยพาณิชย์ (มหาชน) จำกัด สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พร้อมรายชื่อผู้มีอำนาจสั่งจ่ายเงิน และสำเนาหน้าแรกของสมุดบัญชีดังกล่าว

ข้อ 3. **ผู้รับทุน**จะดำเนินการตามวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการวิจัยที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามเอกสารหมายเลข 3 หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยประการใดก็ตาม **ผู้รับทุน**จะรีบรายงานให้ผู้ให้ทุนทราบทันทีเพื่อพิจารณาหาทางแก้ไขหรือดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

ข้อ 4. รายชื่อหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมทำการวิจัย และรายละเอียดของโครงการตามที่ปรากฏแนบท้ายสัญญา **ผู้รับทุน**จะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ นอกจากจะได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ให้ทุนก่อน

ข้อ 5. **ผู้รับทุน**จะปฏิบัติตามระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ว่าด้วย เงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539 รวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการขอรับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งกำหนดขึ้นใช้ในขณะนี้และจะกำหนดขึ้นใช้ในภายหน้า

ทั้งนี้ โดยถือว่าระเบียบรวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติข้างต้นนั้น เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ข้อ 6. **ผู้รับทุน**จะควบคุมการใช้เงินทุนให้เป็นไปอย่างประหยัดและจัดเตรียมหลักฐานบัญชีการจ่ายเงินเพื่อให้ **ผู้ให้ทุน**ตรวจสอบได้ทุกโอกาส

ข้อ 7. **ผู้รับทุน**ยินยอมให้ **ผู้ให้ทุน** หรือผู้ที่ให้ทุนมอบหมายเข้าไปในสถานที่ทำงานของ **ผู้รับทุน** หรือสถานที่ที่ **ผู้รับทุน**ทำการวิจัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการติดตามและประเมินโครงการได้

ข้อ 8. **ผู้รับทุน**จะนำส่งผลงานดังนี้

- (1) รายงานความก้าวหน้าพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1/2555
- (2) รายงานการวิจัยพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2555 เดือนพฤศจิกายน 2555
- (3) เอกสารสรุปผลงานวิจัย ในรูปแบบและภาษาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป โดยส่งพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์และตามที่ **ผู้ให้ทุน**กำหนดเป็นคราว ๆ ไป
- (4) การเสนอผลงานด้วยวาจา (Oral Presentation) ตามที่ **ผู้ให้ทุน**กำหนดเป็นคราว ๆ ไป

ข้อ 9. กรรมสิทธิ์ในผลงานวิจัย เป็นกรรมสิทธิ์ของ **ผู้ให้ทุน** (เว้นแต่จะมีการตกลงเป็นอย่างอื่นในภายหลัง) ส่วนผลประโยชน์ซึ่งเกิดจากการนำผลการวิจัยและพัฒนาไปใช้ในเชิงพาณิชย์ให้แบ่งกันระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับ **ผู้รับทุน**

ข้อ 10. ในการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานวิจัย ในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดใน
แต่ละครั้ง ผู้รับทุนต้องระบุข้อความว่า “ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี” หรือ
ข้อความอื่นที่มีความหมายเหมือนกัน

ข้อ 11. ในกรณีที่ผู้ร่วมวิจัยหลายคน ผู้รับทุนจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบดูแลผู้ร่วมวิจัยทุกคน
ให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องของผู้ให้ทุนอย่างเคร่งครัด

ข้อ 12. การระงับงานชั่วคราวและการบอกเลิกสัญญา

- (1) ผู้ให้ทุนมีสิทธิ์ระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนเห็นว่าผู้รับ
ทุนไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์หรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึง
คาดหมายได้จากนักวิจัยในระดับเดียวกัน หรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญาและ
เงื่อนไขที่กำหนดในสัญญา ในกรณีเช่นนี้ ผู้ให้ทุนจะมีหนังสือแจ้งให้ผู้รับทุน
ทราบ และการระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาดังกล่าวจะมีผลในเวลา
ไม่น้อยกว่า 60 วัน นับถัดจากวันที่ผู้รับทุนได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น
- (2) ผู้รับทุนมีสิทธิ์บอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ปฏิบัติหน้าที่ความรับผิดชอบ
ตามที่สัญญาระบุไว้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้รับทุนจะต้องมีหนังสือถึงผู้ให้ทุน ระบุ
รายละเอียดถึงสาเหตุและเหตุผลในการขอเลิกสัญญา ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ดำเนินการ
แก้ไขให้เป็นที่พอใจในระยะเวลา 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับหนังสือบอกกล่าว
นั้น ผู้รับทุนมีสิทธิ์บอกเลิกสัญญาได้
- (3) ในกรณีที่ผู้รับทุนไม่สามารถทำการวิจัยให้เสร็จตามที่ได้ตกลงไว้ ผู้รับทุนยินยอม
คืนเงินอุดหนุนการวิจัยพร้อมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่รับไปแล้ว
ทั้งหมดหรือบางส่วนทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของผู้ให้ทุน

ข้อ 13. ผู้ให้ทุนเป็นเจ้าของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ใด ๆ ที่ผู้รับทุนได้จัดซื้อโดยทุน
ทรัพย์ของผู้ให้ทุน จนกว่าจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น

ข้อ 14. ผู้รับทุนจะใช้และบำรุงรักษาครุภัณฑ์การวิจัยของผู้ให้ทุนให้อยู่ในสภาพดี ให้การใช้
อยู่เสมอ และผู้รับทุนยินยอมให้ผู้ให้ทุนหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจากผู้ให้ทุนตรวจตราครุภัณฑ์การวิจัยซึ่งเป็น
ทรัพย์สินของผู้ให้ทุนได้ทุกขณะและทุกโอกาส และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยตามโครงการแล้ว ผู้รับทุนจะส่งคืน
ครุภัณฑ์ให้แก่ ผู้ให้ทุนทันที นอกจากนี้จะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่น

ข้อ 15. การบอกกล่าว

บรรดาคำบอกกล่าวหรือการให้ความยินยอมหรือความเห็นชอบใด ๆ ตามสัญญานี้ต้องทำเป็นหนังสือและจะถือว่าได้ส่งไปโดยชอบแล้ว หากได้จัดส่งทางหนึ่งทางใดดังต่อไปนี้ คือ

- (1) ส่งมอบโดยบุคคลแก่ผู้แทนที่ได้รับมอบหมายของคู่สัญญาแต่ละฝ่าย
- (2) ทางไปรษณีย์ลงทะเบียน
- (3) ทางโทรสารแล้วยืนยันเป็นหนังสือโดยเร็วไปยังชื่อและที่อยู่ของคู่สัญญา ดังต่อไปนี้

ก. ที่อยู่ของผู้ให้ทุน

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

ข. ที่อยู่ของผู้รับทุน

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

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ) _____ ผู้ให้ทุน

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ) _____ ผู้รับทุน

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ) _____ พยาน

(รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ) _____ พยาน

(นางสาวจิตตานันท์ ติกุล)

เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบเอกสารของงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน ✓
(ภาษาอังกฤษ) Design and Invention of Biaxial Loading Device for Rock Specimens ✓

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

☐ โครงการวิจัยใหม่

☒ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...2...ปี ปีนี้เป็นปีที่...1... รหัสโครงการวิจัย.....

ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางวิทยาการและ
ทรัพยากรบุคคล

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 พัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนา
องค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

แผนงานวิจัยที่ 1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์และองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นานาเทคโนโลยี
วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข สัตว์ทดลองและวิธีการอื่นเพื่อทดแทนการใช้สัตว์
เทคโนโลยีด้านอวกาศยุทธโธปกรณ์ เป็นต้น

ii ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์
การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

9. เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม

iii ระบุความสอดคล้องของแผนงานวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

1. นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง

1.1 การสร้างความเชื่อมั่นและกระตุ้นเศรษฐกิจในภาพรวมเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นแก่ภาค

ประชาชนและเอกชนในการลงทุนและการบริโภค

1.1.4 เร่งสร้างความเชื่อมั่นของประเทศไทยในสายตาของชาวโลก

2. นโยบายระยะการบริหารราชการ 3 ปี ของรัฐบาล

2.5 นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัย และนวัตกรรม

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ และหน่วยงาน ประกอบด้วย หน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

หัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร (รับผิดชอบ 100%)

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224443, 044-224448, 044-224441 โทรสาร 044-224448, 044-224611

2. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (Applied research)

3. สาขาวิชาและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

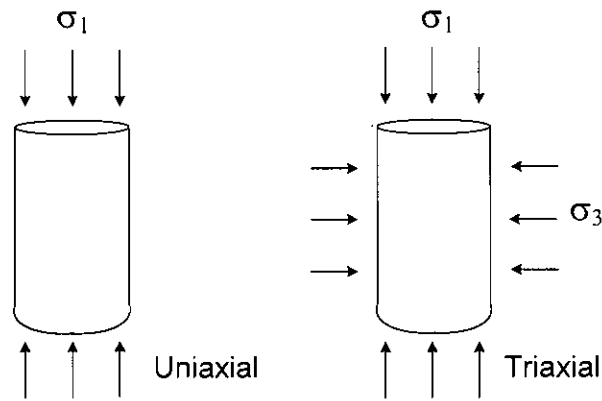
สาขาวิชาการ	วิศวกรรมธรณี	วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
กลุ่มวิชา	กลศาสตร์หิน	ปฐพีกลศาสตร์	

4. คำสำคัญ (keywords)

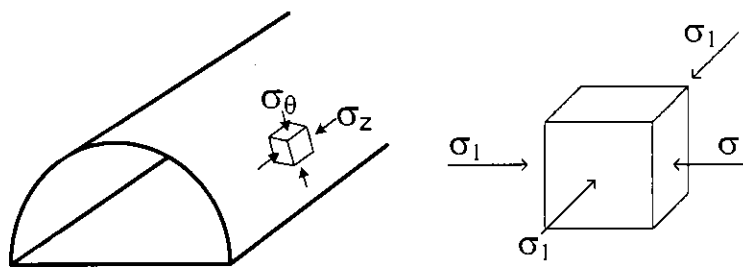
Compression	Stress	Rock	Failure	Testing
การกด	ความเค้น	หิน	การแตก	การทดสอบ

5. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่ากำลังกดของหินมักจะดำเนินการ 2 วิธี คือ การทดสอบแรงกดในแกนเดียว และการทดสอบแรงกดในสามแกน (ASTM D7012-10) วิธีแรกดำเนินการเพื่อหาค่ากำลังกดสูงสุดของหินในภาคสนามในระดับต้น ส่วนวิธีที่สองดำเนินการเพื่อหาค่ากำลังกดของหินในระดับลึก วิธีนี้มีการให้ความดันล้อมรอบต่อตัวอย่างหินเพื่อจำลองสภาวะความเค้นในภาคสนามในระดับลึก (รูปที่ 1) ทั้งสองวิธีจะใช้ตัวอย่างหินที่เป็นรูปทรงกระบอกที่ได้จากภาคสนาม อย่างไรก็ตามการทดสอบทั้งสองวิธีไม่สามารถจำลองสภาวะแวดล้อมของหินในภาคสนามได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินที่อยู่รอบผนังอุโมงค์หรือโพรงที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในงานวิศวกรรมธรณีในลักษณะต่างๆ เพราะหินที่อยู่รอบผนังโครงสร้างเหล่านี้จะอยู่ภายใต้ความเค้นในสองแกน (หรือสองทิศทาง) ที่มีค่าสูง (รูปที่ 2) การนำผลที่ได้จากการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและในสามแกนมาใช้ในการประเมินเสถียรภาพและออกแบบจึงไม่สมจริงและไม่เหมาะสมสำหรับหินรอบผนังโครงสร้างเหล่านี้ ดังนั้นตามหลักการแล้วจึงควรมานำผลการทดสอบกำลังกดในสองแกนเข้ามาประยุกต์ใช้สำหรับหินที่อยู่บนผนังอุโมงค์ดังกล่าว



รูปที่ 1 การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM แบบดั้งเดิม ในแกนเดียว (ซ้าย) และในสามแกน (ขวา)



รูปที่ 2 สภาวะความเค้นในสองแกนที่เกิดขึ้นบนผนังอุโมงค์ (ซ้าย) และที่เสนอในการทดสอบในงานวิจัยนี้ (ขวา)

เนื่องจากอุปกรณ์สำหรับการทดสอบแรงกดในสองแกนมีราคาแพงและหายาก อีกทั้งวิธีการทดสอบก็มีความซับซ้อน มีสถาบันวิจัยในต่างประเทศ 4-5 แห่ง เท่านั้นที่สามารถทดสอบหรือจำลองความเค้นกดในสองแกนบนตัวอย่างหินได้ และยังไม่มียูนิเวอร์ซิตีของ ASTM ที่ได้กำหนดกระบวนการทดสอบไว้ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบและวิจัยในต่างประเทศระบุว่าเกณฑ์การแตกของหินภายใต้แรงกดในสองแกนจะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์การแตกของหินภายใต้แรงกดในสามแกน ดังนั้น การสร้างเกณฑ์การแตกของหินที่อยู่รอบผนังโพรงหรืออุโมงค์ควรพัฒนามาจากผลการทดสอบหินภายใต้แรงกดในสองแกน เพราะถ้านำผลจากการกดในสามแกนมาประยุกต์ใช้จะส่งผลให้การประเมินเสถียรภาพและการออกแบบไม่เป็นในเชิงอนุรักษ์

ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงสร้างอุโมงค์และโพรงที่อยู่ในมวลหินใต้ดินมากมาย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจำลองและทดสอบหินภายใต้แรงกดในสองแกนเพื่อประเมินเสถียรภาพของหินบนผนังโครงสร้างดังกล่าว แต่การสั่งซื้อหรือนำเข้าอุปกรณ์ทดสอบที่มีราคาแพงหลายล้านบาทจึงไม่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับสถานะเศรษฐกิจในปัจจุบัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์ใหม่ที่มีราคาถูก ทนทาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงกดทดสอบทั่วไปที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกสถาบันอุดมศึกษาและองค์กรภาครัฐที่ดำเนินงานเกี่ยวกับวิศวกรรมโยธาและธรณี

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 6.1 ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบหินเพื่อใช้จำลองสภาพของหินภายใต้ความเค้นกดในสองแกน (Biaxial Loading) โดยใช้แนวคิดใหม่สำหรับกลไกการกดเพื่อให้มีราคาถูก แม่นยำ และมีความสอดคล้องกับสถานะความเค้นจริงในภาคสนามซึ่งจะมีราคาถูกกว่าเครื่องปัจจุบันที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ
- 6.2 เพื่อให้อุปกรณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และได้รับการยอมรับในวงกว้างในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานราก และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ผลที่ได้จากการวิจัยนั้นนอกจากจะเป็นนวัตกรรมใหม่แล้วยังเป็นจุดเริ่มต้นของการทดสอบหินในเชิงสร้างสรรค์โดยมีความสามารถในการกดด้วยแรงและทิศทางที่สมบูรณ์ในสองแกน

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 7.1 งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินในความเค้นสองแกนเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ
- 7.2 ขนาดของตัวอย่างหินผ่นแปรจาก $2 \times 2 \times 2$ นิ้ว ถึง $4 \times 4 \times 4$ นิ้ว
- 7.3 เครื่องกดทดสอบดังกล่าวจะใช้กลไกเชิงกลศาสตร์เพื่อให้ความเค้นที่คงที่ในระดับต่างๆ โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม
- 7.4 เครื่องกดทดสอบในสองแกนจะให้แรงกดสูงสุดไม่ต่ำกว่า 6,000 psi
- 7.5 เครื่องกดทดสอบในสองแกนจะสามารถทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินได้ครบถ้วน เช่น ความยืดหยุ่น มุมเสียหายนภายใน ความเค้นยึดเหนี่ยว ค่าแรงกดสูงสุด มุมเสียหายนของรอยแตก ค่ากำลังเฉือนสูงสุดของรอยแตก ค่าอัตราส่วนของ Poisson's ค่าความหนืดเชิงยืดหยุ่น และค่าความหนืดเชิงพลาสติก เป็นต้น
- 7.6 เครื่องกดทดสอบในสองแกน สามารถให้รูปแบบการทดสอบได้หลากหลาย เช่น การกดในสองแกน การหาค่ากำลังเฉือนของรอยแตกในสองแกน การทดสอบการเคลื่อนไหล (Creep) ในสองแกน
- 7.7 ในการออกแบบเครื่องกดทดสอบในสามแกนจริงจะใช้โปรแกรม SolidWork เข้ามาในทุกองค์ประกอบของเครื่องมือ
- 7.8 จะมีการสาธิตความสามารถและประสิทธิภาพของเครื่องกดทดสอบในสองแกน โดยมีการทดสอบตัวอย่างหินและมีรูปแบบของการทดสอบอย่างน้อย 4 รูปแบบ ที่มีเป้าหมายต่างกัน
- 7.9 หินที่คัดเลือกเพื่อใช้เป็นตัวอย่างทดสอบจะมีอย่างน้อย 2 ชนิด ที่มีความแตกต่างในเชิงคุณสมบัติทางกลศาสตร์
- 7.10 จะมีการเขียนคู่มือการใช้เครื่องมืออย่างละเอียดและเป็นขั้นตอนโดยมีรูปถ่ายประกอบ
- 7.11 จะมีการจัดสิทธิบัตรเครื่องมือ วิธีการใช้ และวิธีการประมวลผล
- 7.12 จะมีการเผยแพร่เทคโนโลยีโดยตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ และนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

8. ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework)

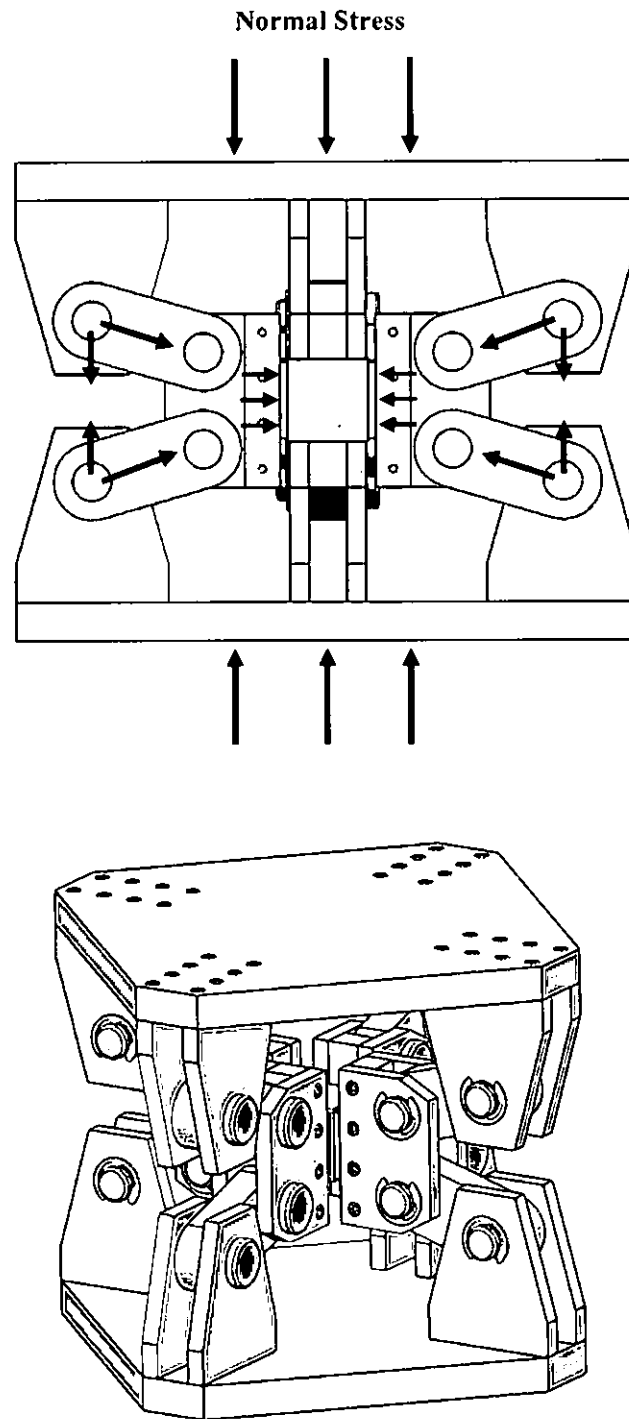
แนวคิดของการประดิษฐ์และออกแบบอุปกรณ์ทดสอบแรงกดในสองแกนของหินนี้คือ การถ่ายแรงกดในแกนเดียวที่อยู่ในแนวตั้งที่ได้จากเครื่องกดทดสอบที่มีอยู่ทั่วไปให้มาอยู่ในสองแกนที่ตั้งฉากซึ่งกันและกันในแนวระนาบ อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบโดยอาศัยหลักกลศาสตร์ (คานงัด) โดยที่ตัวอย่างหินจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม

ลูกบาศก์หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า แรงในแนวระนาบที่ให้อยู่บนสี่ด้านของตัวอย่างหิน ส่วนในแนวตั้งจะไม่มีแรงกดบนตัวอย่างหิน กล่าวคือ เพื่อจำลองสภาวะแรงกดในสองทิศทางนั่นเอง รูปที่ 3 แสดงแนวคิดในการออกแบบของอุปกรณ์ทดสอบแรงกดในสองแกนของหิน โดยอุปกรณ์นี้จะมีตัวอย่างหินอยู่ที่จุดกึ่งกลางข้างใน ในขณะที่ทดสอบอุปกรณ์และตัวอย่างหินจะถูกใส่อยู่ในโครงกดทดสอบ เมื่อให้แรงด้านบนและด้านล่างต่ออุปกรณ์นี้ โดยแรงดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงในแนวระนาบในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน เมื่อแรงกดในแนวตั้งเพิ่มขึ้น (อาจใช้แม่แรงทั่วไป) แรงในแนวระนาบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน ซึ่งสัดส่วนนี้ถูกกำหนดโดยมุมและระยะของคานกดทั้งแปดตัว (สี่คานบนและสี่คานล่าง) การออกแบบอุปกรณ์นี้จะใช้โลหะที่มีความแข็งแรงสูงและสามารถกดหินทั่วไปให้แตกได้ การเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) ของตัวอย่างหินทั้งสองทิศทางก็สามารถตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่องในขณะที่ให้แรงกด โดยใช้มาตรวัดการยุบตัวติดเข้ากับหัวกดบนผิวตัวอย่างหินทั้งสองทิศทาง

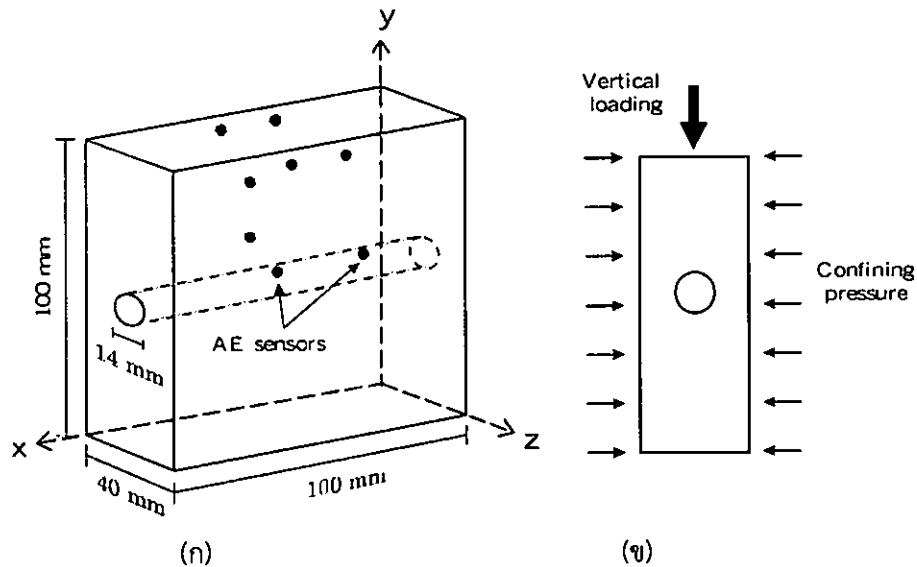
9. การทบทวนวรรณกรรม (reviewed literature) / สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะสรุปผลการทบทวนวรรณกรรมวิจัยเบื้องต้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของรูปแบบการทดสอบที่เป็นจุดเด่นของเครื่องกดทดสอบในสองและสามแกน งานวิจัยต่อไปนี้เป็นงานวิจัยบางชิ้นที่ดำเนินการโดยนักวิจัยในต่างประเทศในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา

Fakhimi et al. (2002) ได้ทำการทดสอบตัวอย่างหินทราย ขนาด $40 \times 100 \times 100$ มม. ที่เจาะรูจนทะลุโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร โดยให้ความเค้นใน 2 ทิศทาง (รูปที่ 4) แรงดันด้านข้างมีขนาดเท่ากับ 7.5 MPa เพื่อจำลองพฤติกรรมการวิบัติของหินรอบอุโมงค์ที่หินมีคุณสมบัติเป็นหินเปราะ (Brittle rock) ในการทดสอบได้มีการบันทึกขนาดของแรงกดในแนวแกนและการเคลื่อนตัวของตัวอย่างหินทั้งในแนวแกนและด้านข้างจนเกิดการวิบัติ และได้มีการตรวจหารอยแตกขนาดเล็ก (microcrack) ที่เกิดขึ้นในตัวอย่างหินด้วยเทคนิคคลื่นเสียง (acoustic emission technique) ผลที่ได้รับบ่งชี้ว่ารอยแตกขนาดเล็กเกิดขึ้นบริเวณผนังด้านข้างของอุโมงค์และแพร่กระจายทำมุมเฉียงออกไปทั้งสองข้าง ซึ่งรอยแตกขนาดเล็กนี้จะรวมตัวกันเป็นรอยแตกแบบเฉือน (Shear fracture) ในที่สุด และมีการเคลื่อนตัวของหินบริเวณผนังด้านข้างของอุโมงค์เข้ามาในอุโมงค์ด้วย ทั้งนี้ผู้คณะวิจัยได้มีการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยอาศัยโปรแกรม Particle Flow Code (PFC^{2D}) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของหินและการวิบัติรอบอุโมงค์ โดยแบบจำลองดังกล่าวสร้างจาก Element รูปวงกลมขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของหินอาศัยแรงเสียดทานและแรงดึงดูดระหว่าง Element ค่าคงที่สำหรับใส่ให้กับโปรแกรมได้แก่ สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น อัตราส่วนของ Poisson และความเค้นสูงสุดในการกดแกนเดียวได้จากการสอบเทียบจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ให้ผลที่สอดคล้องกันกับผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3 แสดงทิศทางการให้แรงและการออกแบบอุปกรณ์ทดสอบแรงกดในสองแกนของหิน



รูปที่ 4 การจัดเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบ (ก) รูปร่างของตัวอย่างและการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดรอยแตกขนาดเล็ก (ข) ลักษณะและทิศทางของแรงที่กระทำบนตัวอย่าง (Fakhimi et al., 2002)

Alsayed (2002) ได้สร้างตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกกลวงซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบในการจำลองสภาวะความเค้นที่อยู่รอบๆ อุโมงค์ใต้ดินเพื่อศึกษาพฤติกรรมของวัสดุทางธรณีที่อยู่ภายใต้การผันแปรแนวความเค้น ตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกกลวงได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทดสอบ Conventional Triaxial Cell ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Hoek และ Franklin ในปี 1968 และส่วนประกอบของ Internal pressure loading ที่ถูกออกแบบเป็นพิเศษ ตัวอย่างหินทรายที่ Springwell ภายใต้การทดสอบ Uniaxial, biaxial, triaxial, และ polyaxial compression ซึ่งให้ผลคล้ายกับการทดสอบแรงดึงทางอ้อม ผลลัพธ์ยืนยันถึงผลกระทบของ σ_2 ของหินที่แตกและแสดงให้เห็นสภาวะความเค้นที่กำหนดอันส่งผลกระทบบกกับความแข็งของหิน เครื่องมือนี้มีเป้าหมายเพื่อที่จะช่วยสร้างระบบทั่วไปในการทดสอบหลายแกนซึ่งมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงในการทำนายพฤติกรรมที่แท้จริงของหินและเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข

Tiwari and Rao (2006) ได้สร้างแบบจำลองทางกายภาพในการทดสอบการกด 3 แกน และการกดทดสอบใน 3 แกนจริงของมวลหินที่จะถูกนำไปใช้อธิบายพฤติกรรมการแตกที่เกิดขึ้น ตัวอย่างหินประกอบด้วยรอยแตกที่ต่อเนื่องจำนวน 3 ชุด ที่ได้เตรียมมาจาก block ของแบบจำลองวัสดุ sand lime การทดสอบได้ทำโดยใช้ระบบกดทดสอบใน 3 แกนจริง (TTS) ที่ถูกพัฒนาขึ้น ผลที่ได้แสดงความเครียดที่เพิ่มมากขึ้น (strain hardening) ความเครียดที่ลดลง (strain softening) และพฤติกรรมเชิงพลาสติกของมวลหินที่ถูกจำลองที่ซึ่งขึ้นกับรูปร่างเชิงเรขาคณิตของรอยแตกและสภาวะความเค้น

Sibai et. al. (1997) กล่าวว่า ในการทดสอบทั่วไปการหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ไดจากการทดสอบไฮดรอลิกแฟรคเจอร์ริง (hydraulic fracturing test) เพื่อนำไปหาความดันที่จุดแตก (breakdown pressure, P_c) ความดันเพื่อขยายรอยแตก (Fracture reopening pressure, P_r) และความดันที่จุดปิด (Shut-in pressure, P_s) ซึ่งค่าความดันทั้ง 3 ค่านี้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาความเค้นในที่ (In situ stress) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ใช้เครื่องกดทดสอบแบบสามแกนจริงกับตัวอย่างหินแกรนิต ($E = 60 \text{ GPa}$, $\nu =$

0.17, 0.1% porosity , $\sigma_t = 4$ MPa) ขนาด $50 \times 50 \times 50$ เซนติเมตร และติดตั้งเครื่องวัดความดัน (Straddle packer) ในรูที่เจาะไว้ในแท่งตัวอย่างหินซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 52 มิลลิเมตร ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ LVDT เข้ากับPacker เพื่อวัดการหดตัวของรูเจาะและความกว้างของรอยแตกในขณะที่กำลังทดสอบอัดความดัน (Pressurized test) และ Closure test ในการทดสอบได้แปรผันค่าความดันด้านข้าง และมีการบันทึกค่าความดันจาก Packer ระยะห่างระหว่าง Packer ช่วงของความดันที่ใช้ในการทดสอบ และอัตราการไหลตลอดการทดสอบ ผลสรุปของการศึกษาคือความดันเพื่อขยายรอยแตกที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้จากสมการ ค่าความดันทั้ง 3 ค่า ที่กล่าวในข้างต้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติด้านกลศาสตร์ของหิน และผลจากการทดสอบพบว่าความเค้นรอบรูเจาะมีความสอดคล้องกับที่คำนวณได้จากสมการของ Kirsch (Kirsch solution)

Alexeev et al. (2004) ศึกษาเครื่องมือกดในสามแกนจริงและการนำไปใช้ทำนายการระเบิดออกของถ่านหิน ซึ่งเครื่องมือกดในสามแกนจริง (True triaxial loading, TTAL) มี 2 รุ่น คือ เครื่องมือรุ่นแรกสร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบความเค้นในสภาวะจริงที่เกิดขึ้นในตัวอย่างหิน เครื่องมือในรุ่นที่สองได้มีการพัฒนาให้สามารถตรวจวัดความเค้นได้แม่นยำขึ้นและสามารถจำลองการระเบิดออกของหินอย่างทันทีทันใดได้ เครื่องมือทั้งสองรุ่นนี้สามารถเพิ่มความดันได้ 250 MPa ในสามแกนอย่างเป็นอิสระ สอดคล้องกับความลึกใต้พื้นโลกประมาณ 10,000 เมตร ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นถึงความสามารถการดูดซึมน้ำและอิทธิพลของมีเทนในถ่านหินที่มีผลกระทบต่ออาการจำลองการระเบิดออกของถ่านหิน

Chang และ Haimson (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและการแตกของหินภายใต้ความดันในสามแกนจริง โดยทำการทดสอบค่าความแข็งของหินฮอว์นเฟล และหินเมตาไฟไรต์ ที่ความลึก 2,025 ถึง 2,996 เมตร ของแนวเทือกเขาแคลิฟอร์เนียประเทศสหรัฐอเมริกา หินทั้งสองชนิดมีลักษณะแบบชั้น (banded) และมีค่าความซึมผ่านต่ำมาก การทดสอบความต้านทานแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial compression tests) โดยให้แนวการวางตัวของลักษณะแบบชั้นของหินแตกต่างกัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าหินฮอว์นเฟลมีค่าความแข็งเท่ากันในทุกทิศทาง (isotropic) และหินเมตาไฟไรต์มีความไม่เท่ากันในทุกทิศทาง (anisotropic) การทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนแบบดั้งเดิม (Conventional triaxial compression tests) แสดงให้เห็นว่าความแข็งของหินทั้งสองชนิดในแต่ละแนวการวางตัวของลักษณะแบบชั้นเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงต่อความดันโดยรอบ การทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนจริง (True triaxial compression tests) ตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีมุมแนวการวางตัวของลักษณะแบบชั้นคงที่ และค่าความเค้นหลัก (σ_1) ความเค้นกลาง (σ_2) และ ความเค้นรอง (σ_3) มีค่าแตกต่างกัน เมื่อเพิ่มค่า σ_1 อย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างหินแตก ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่แตกต่างกันของหินสองชนิดภายใต้สภาวะการทดสอบเดียวกัน และค่า σ_3 จะไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของหินเมื่อไม่ค่านิ่งถึงค่า σ_2 การวัดค่าความเครียด (strain) ในแนวแรงกดทั้งสามแกนสามารถนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) ต่อค่า σ_1 ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้ค่อนข้างคงที่ในเชิงเส้นตรง

Song และ Haimson (1997) ได้จำลองหลุมเจาะขึ้นมาในตัวอย่างหินทรายและหินแกรนิตเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความสัมพันธ์ของการแตกของหินในหลุมเจาะ (Borehole breakout) และความเค้น โดยใช้เครื่องกดทดสอบแรงกดในสามแกนจริง โดยใช้การสันนิษฐานที่ว่าสภาวะความเค้นที่ขอบเขตรอยแตกของผนังหลุมเจาะมีค่าความแข็งที่เท่ากัน กฎเกณฑ์ของ Mohr-Coulomb ไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการพิจารณาการแตกของหลุมเจาะ ซึ่งกฎเกณฑ์ของแรงกดในสามแกนจริงใช้ได้ดีกว่าเนื่องจากผลของ σ_2 มีความเหมาะสมต่อขอบเขตของการแตก เช่น กฎเกณฑ์ของ Nadai (1) ใช้สำหรับหินทราย และ Mogi (2) ใช้สำหรับหินแกรนิต

$$\tau_{oct} = f_1 (\sigma_{oct}) \quad (1)$$

เมื่อ
$$\tau_{oct} = \frac{1}{3} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2}, \text{ และ}$$

$$\sigma_{oct} = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

โดยที่ f_1 คือ ผลที่ได้จากการทดสอบ

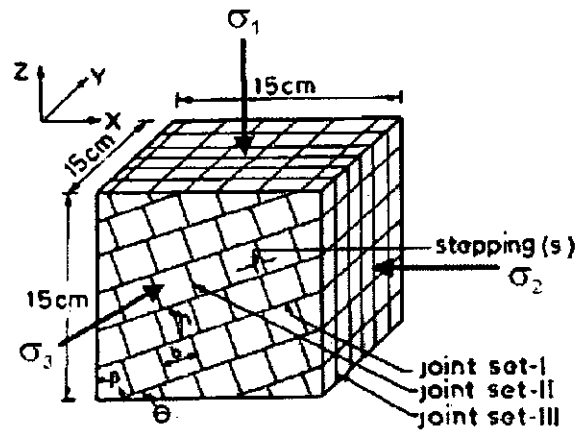
$$\tau_{oct} = f_2 (\sigma_2^m) \quad (2)$$

เมื่อ
$$\sigma_{oct} = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$$

โดยที่ f_2 คือ ฟังก์ชันที่เพิ่มขึ้นทางคณิตศาสตร์ขึ้นกับชนิดหิน การวิเคราะห์แผ่นหินบาง (thin section) มีบทบาทสำคัญต่อกลไกทางกลศาสตร์ของการแตก และค่าความแข็งขึ้นกับชนิดของหิน

Wawersik et al (1997) ได้ทำการทดสอบเชิงกลศาสตร์ภายใต้สภาวะความเค้นปกติและ arbitrary stress path ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาพฤติกรรมของหิน และระบบทางธรณีวิทยาที่ซับซ้อน การทดสอบเชิงกลศาสตร์ภายใต้สภาวะความเค้นจริงในสามมิติมีความจำเป็นในการประเมินสมมติฐานและพัฒนาทฤษฎีสำหรับปรากฏการณ์ เช่น ความเครียดเฉือน (shear-strain) ของรอยเลื่อนทางธรณี ผลที่ได้นำไปสู่ความสัมพันธ์ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนจริงที่ใช้เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดแบบดั้งเดิม และข้อดีที่พบในเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดในสามแกนจริงที่สามารถรับความเค้นรอบข้างที่แตกต่างกันทั้งสามทิศทางได้ และที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหินที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (inhomogeneous)

Tiwari and Rao (2004) ได้ศึกษาพฤติกรรมของมวลหินภายใต้ความเค้นสามแกนจริง โดยการนำเอาก้อนอิฐบล็อกหรือลูกปูน (Sand-lime brick) ขนาดเล็ก ($\sigma_c = 13.5$ MPa) มาเรียงกันให้เป็นแท่งตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 15 เซนติเมตร เพื่อจำลองเสมือนว่าเป็นมวลหินจริง ตัวอย่างถูกสร้างขึ้นมาให้มีมุมเอียงของระนาบรอยแตก (รอยแตกชุดที่ 1) ซึ่งวัดเทียบกับแนวระนาบผืนแปรตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา (รูปที่ 5) โดยเครื่องทดสอบในสามแกนจริงที่ใช้ถูกสร้างโดย Rao and Tiwari (2002) ผลการทดสอบระบุว่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้นสูงสุด (309.2%) เมื่อระนาบของรอยแตกเอียง 60 องศา ($\theta = 60^\circ$) และต่ำสุด (24.2%) เมื่อระนาบเอียงทำมุม 90 องศา ($\theta = 90^\circ$) จากการเพิ่มขนาดของความเค้นกลาง (σ_2) ในทิศทางของการเอียงตัวของระนาบรอยแตกชุดที่ 1 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (E_j) และกำลังต้านทานแรงกดในแกนหลักเพิ่มขึ้นด้วย ตัวอย่างส่วนมากจะมีการวิบัติในรูปแบบของการเคลื่อนตัวผ่านระนาบรอยแตกที่จำลองขึ้น ส่วนผลกระทบจากการจัดเรียงลูกปูนในรูปแบบอื่น (เพื่อจำลองการเกิดการยืดเหนียวในรูปแบบที่ต่างกัน) และการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเค้นกลางและความเค้นรองต่อความแข็งนั้นยังมีการศึกษาน้อยและยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัด



$$\theta = 0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 80^\circ, 90^\circ$$
$$s = 0, 0.25, 0.50, 0.75 \text{ of 'b'}$$

รูปที่ 5 การจำลองชุดรอยแตกในมวลหินด้วยลูกปูน (Sand-lime brick) ขนาดเล็ก โดยแปรผันมุมเอียงของชุดรอยแตกตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา (Tiwari and Rao, 2004)

10. เอกสารอ้างอิง (Reference) ของโครงการวิจัย

- Alexeev, A. D., and Rewva, V. N., Alyshev, N. A., and Zhitlyonok, D. M., 2004, True triaxial loading apparatus and its application to coal outburst prediction, International Journal of Coal Geology 58, pp. 245-250.
- Al-Rawas, A. A., Taha, R., Nelson, J. D., Al-Shap, T. B., and Al-Siyabi, H., 2002, Geotechnical Testing Journal, Vol. 25, Issue 2.
- Alsayed, M. I., 2002, Utilising the hoek triaxial cell for multiaxial testing of hollow rock cylinders, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 39, UK, pp. 355-366.
- Amadei, B. and Robinson, J., 1986, Strength of rock in multi-axial loading conditions, In Proceedings of the 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics, Tuscaloosa, Alabama, pp. 47-55.
- Anhdan, L. Q., Koseki, J., Hayano, K., and Sato, T., 2005, True triaxial apparatuses with two rigid boundaries, Geo-Frontiers 2005.
- ASTM D2664-86. Standard test method for triaxial compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements. In Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Brace, W.F., 1964, Brittle fracture of rocks, In *State of stress in the earth's crust*, Elsevier, N.Y., pp. 111-174.
- Brook, N., 1993, The measurement and estimation of basic rock strength, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.

- Chang, C., and Haimson, B., 2005, Non-dilatant deformation and failure mechanism in two Long Valley Caldera rocks under true triaxial compression, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 42, USA, pp. 402-414.
- Choon, D. S., Park, S. J. C. and Ryu, C., 2006, An experimental study on the brittle failure under true triaxial conditions, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21 (3-4): 448-449.
- Colmenares, L. B., and Zoback, M. D., 2002, A statistical evaluation of intact rock failure criteria constrained by polyaxial test data for five different rocks, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 39, USA, pp. 695-729.
- Cornet, F. H., 1993, Stresses in rock and rock masses, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.
- D.S. Cheon, S. Jeon, C. Park, C. Ryu, 2006, An experimental study on the brittle failure under true triaxial conditions, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21: 448-449.
- Dihoru, L., Wood, D. M., Sadek, T., and Lings, M., 2005, A neural network for error prediction in a true triaxial apparatus with flexible boundaries, *Computers and Geotechnics* 32, UK, pp. 59-71.
- Elliott, G. M., 1993, Triaxial testing for rock strength, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.
- Esaki, T., and Kimura, T., 1989, Mechanical behaviour of rocks under generalized high stress conditions, In *Rock at Great Depth*, Maury, V. and Fourmaintraux, D. (eds), Vol. 1, Balkema, Rotterdam, pp. 123-130.
- Fakhimi, A., Carvalho, F., Ishida, T., and Labuz, J. F., 2002, Simulation of failure around a circular opening in rock, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 39, USA, pp. 507-515.
- Franklin, J.A., and Dusseault, M.B., 1989, *Rock Engineering*, McGraw-Hill Inc., U.S.A., pp. 246-247.
- Franklin, J.A., and Hoek, E., 1970, Developments in triaxial testing equipment, *Rock Mechanics*, 2, pp. 223-228.
- Gau, Q.Q., Cheng, H.T., and Zhuo, D.P., 1983, The strength, deformation and rupture characteristics of red sandstone under polyaxial compression, In *Proceedings of the 5th. Int. Cong. Rock Mech.*, Melbourne, Australia, Vol. A, pp. 157-160.
- Haimson, B. and Chang, C., 2000, A new true triaxial cell for testing mechanical properties of rock, and its use to determine rock strength and deformability of Westerly granite, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 37 (1-2): 285-296.
- Haimson, B. C., Chang, C., and Chang, C., 2001, True triaxial testing of crystalline rocks reveals new mechanical properties and micromechanics of brittle fracture that go unnoticed in conventional triaxial tests, American Geophysical Union.

- Haimson, B., 2006, True triaxial stresses and the brittle fracture of rock, *Pure and Applied Geophysics*, Volume 163, Issue 5-6, Basel, pp. 1101-1130.
- Haimson, B., 2000, A new true triaxial cell for testing mechanical properties of rock, and its use to determine rock strength and deformability of westerly granite, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 37, USA, pp. 285-296.
- Handin, J., Heard, H.C., and Maguirk, J.N., 1967, Effects of the intermediate principal stress on the failure of limestone, dolomite and glass at different temperatures and strain rates, *J. Geophys. Res.*, 72, pp. 611-640.
- Hoek, E., and Brown, E.T., 1980, *Underground excavations in rock*, IMM, London, pp. 133-136.
- Hoek, E., and Franklin, J.A., 1968, A simple triaxial cell for field and laboratory testing of rock, *Trans. Inst. Min. Metall*, London, Section A, 77, pp. 22-26.
- Hojem, J.M.P., and Cook, N.G.W., 1968, The design and construction of a triaxial and polyaxial cell for testing rock specimens, *South African Mech. Engr.*, 18, pp. 57-61.
- Huang, W., Sun, D. and Sloan, S. W., 2006, Analysis of the failure mode and softening behaviour of sands in true triaxial tests, *International Journal of Solids and Structures*, In Press, Corrected Proof, Available online 22 June 2006
- Ismail, M. A., Sharma, S. S., and Fahey, M., 2005, A small true Triaxial apparatus with wave velocity measurement, ASTM International, West Conshohocken.
- Jaeger, J.C., and Cook, N.G.W., 1979, *Fundamentals of Rock Mechanics* (3rd. Edn.), Chapman & Hall, London, pp. 105-106.
- Joussineau, G. D., Petit, J. P., and Gauthier, B. D. M., 2003, Photoelastic and numerical investigation of stress distributions around fault models under biaxial compressive loading conditions, *Tectonophysics* 363, pp. 19-43.
- Marsal, R. J., 1973, A true triaxial apparatus to test rockfills, Defense Technical Information Center.
- Mogi, K. (1970). Effect of triaxial stress system on rock failure. *Rock Mech. In Japan*. 1: 53-55.
- Mogi, K. (1971). Fracture and flow of rocks under high triaxial compression. *J. Geophys. Res.* 76(5): 1255-1269.
- Mogi, K. (1977). Dilatancy of rocks under general triaxial stress states with special reference to earthquake precursors. *J. Phys. Earth*. 25: S203-S217.
- Rao, K. S. and Tiwari, R. P. (2002). Physical simulation of jointed model materials under biaxial and true triaxial stress states. **Research Report**, IIT Delhi, India, pp. 30.
- Scholz, C.H. (1990). The mechanics of earthquakes and faulting, Cambridge University Press, U.K., pp. 22-23.

- Sibai, M., Henry, J. P. and Gros, J. C. (1997). Hydraulic fracturing stress measurement using a true triaxial apparatus. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 34 (3-4): 289.e1-289.e10.
- Smart, B. D. G., Somerville J.M., and MacGregor, K.J. (1991). The prediction of yield zone development around a borehole and its effect on drilling and production. In *Rock Mechanics as a Multidisciplinary Science*. Proceedings of the 32nd U.S. Symposium on Rock Mechanics, Norman, Oklahoma, pp. 961-970.
- Smart, B. D. G., Somerville, J. M., and Crawford, B. R. (1999). A rock test cell with true triaxial capability. *Geotechnical and Geological Engineering, Earth and Environmental Science and Engineering*. 17(3-4): 157-176.
- Song, I., and Haimson, B. C. (1997). Polyaxial strength criteria and their use in estimating in situ stress magnitudes from borehole breakout dimensions. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34 (3-4): 116.e1-116.e16.
- Sture, S., and Desai, C.S. (1979). Fluid cushion truly triaxial or multiaxial testing device. *Geotech. Testing J.* 2: 20-33.
- Tiwari, R. P., and Rao, K. S. (2004). Physical modeling of a rock mass under a true triaxial stress state. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 41(3)
- Tiwari, R. P., and Rao, K. S. (2006). Post failure behaviour of a rock mass under the influence of triaxial and true triaxial confinement. *Engineering Geology*. 84: 112-129.
- Wang, Q., and Lade, P. V. (2001). Shear banding in true triaxial tests and its effect on failure in sand. *J. Engrg. Mech.* 127(8): 754-761.
- Wawersik, W. R., Carlson, L. W., Holcomb D. J., and Williams, R. J. (1997). New method for true-triaxial rock testing. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics*. 34(3): 365-365.
- Wiebols, G.A., and Cook, N.G.W. (1968). An energy criterion for the strength of rock in polyaxial compression, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 5: 529-549.
- Worotnicki, G. (1993). *CSIRO Triaxial stress measurement cell*, In J. A. Hudson (ed.). *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Oxford: Pergamon Press.
- Alexeev, A. D., Revva, V. N., Alyshev, N. A. and Zhitlyonok, D. M. (2004). True triaxial loading apparatus and its application to coal outburst prediction. *International Journal of Coal Geology*. 58 (4): 245-250.

11. ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1 แก้ปัญหาในการดำเนินงานของหน่วยงานที่ทำการวิจัย

เครื่องทดสอบในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเมื่อเทียบกับเครื่องที่ขายตามท้องตลาดด้วยราคาที่เท่ากัน เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่นี้จะมีความแม่นยำกว่า ทำให้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหรือสนใจสามารถเป็นเจ้าของเพื่อใช้ในการทดสอบได้โดยง่ายและสิ้นเปลืองงบประมาณน้อยกว่า

11.2 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

เครื่องทดสอบในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นมาในงานวิจัยนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือหลักในการทดสอบหินในหลายรูปแบบ โดยมีปัจจัยของความเค้นด้านข้างที่เท่ากันและไม่เท่ากันได้เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งส่งผลให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความสอดคล้องกับความเค้นจริงในภาคสนาม ซึ่งสามารถทดสอบพฤติกรรมและคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินภายใต้ความเค้นกดที่ซับซ้อนส่งผลให้เป็นจุดกำเนิดของงานวิจัยอย่างต่อเนื่องในอนาคต

11.3 บริการความรู้แก่ประชาชนและหน่วยงานราชการ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานของเครื่องทดสอบในสองแกน จะมีการจัดอบรมหลักสูตรระยะสั้น เพื่อเผยแพร่หลักการ วิธีการใช้งาน และการนำไปประยุกต์กับการทดสอบแบบต่างๆ รวมไปถึงหน่วยงานราชการ เช่น กรมชลประทาน กรมทางหลวง กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงบริษัทน้ำมันทั้งในและต่างประเทศ และสถาบันการศึกษาที่มีความสนใจในด้านกลศาสตร์หิน เช่น สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่จะสามารถนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในหน่วยงานเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไปอย่างเป็นรูปธรรม

11.4 บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ

เผยแพร่หลักการ วิธีการทดสอบหินด้วยเครื่องทดสอบสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นมา รวมถึงการนำไปใช้ประยุกต์ร่วมกับการทดสอบอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับผลกระทบของความเค้นด้านข้าง ซึ่งส่งผลให้ค่าความเค้นที่ได้จากการทดสอบมีความใกล้เคียงกับความเค้นในภาคสนาม รวมถึงการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น หน่วยงานที่สามารถผลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ได้จริง ได้แก่ บริษัทน้ำมัน และบริษัทที่ปรึกษาด้านโครงสร้างทางวิศวกรรมต่างๆ

11.5 นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

เครื่องทดสอบในสองแกนที่จะถูกประดิษฐ์ขึ้นจะนำไปสู่การจดสิทธิบัตรและจำหน่ายให้หน่วยงานต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นเพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์และสามารถจำหน่ายแก่อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศได้

11.6 สร้างนักวิจัยใหม่

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้สร้างนักวิจัยระดับปริญญาโทใหม่เพิ่มขึ้น 2 คน ซึ่งจะสร้างความสามารถและความคุ้นเคยในการทำวิจัย และจะเป็นนักวิจัยที่มีความสามารถและประสบการณ์มากขึ้นสำหรับการทำวิจัยในเรื่องอื่นๆ ต่อไป

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมโยธา และวิศวกรรมธรณี รวมไปถึงหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เหมืองแร่บนดินและใต้ดิน หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

- 1) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 2) สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- 3) กรมทรัพยากรน้ำ
- 4) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
- 5) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมปิโตรเลียม และวิศวกรรมธรณี
- 6) บริษัทเอกชนที่ออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์ และความลาดชันในมวลหิน
- 7) กระทรวงพลังงาน
- 8) หน่วยงานภาคเอกชน อาทิ ผู้ประกอบการด้านวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่ และ วิศวกรรมปิโตรเลียม

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

องค์ความรู้ในงานวิจัยนี้จะมีการเผยแพร่เทคโนโลยีโดยตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ และนำเสนอในการประชุมทางด้านวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้จะแบ่งการค้นคว้าและศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือและวิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสองแกน วิธีการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน โดยทุกประเด็นจะนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุปเพื่อที่จะได้รู้ว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่องานวิจัยที่นำเสนอ โดยชื่อของสิ่งพิมพ์เหล่านี้จะนำมาแสดงอย่างละเอียดในรายงานขั้นสุดท้าย ส่วนรายงานของเอกสารอ้างอิงที่สมบูรณ์จะเขียนในรูปของบรรณานุกรม

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและประดิษฐ์ระบบกลไกการทำงานเครื่องกดในสองแกน

เครื่องกดทดสอบในสองแกนมีส่วนประกอบหลักต่างๆ คือ โครงรับแรงกด (Frame) คานกดตัวอย่าง หินในแต่ละทิศทาง ชุดหักกดให้แรง โดยการออกแบบจะใช้โปรแกรมสร้างแบบทางคอมพิวเตอร์ (SolidWork) สร้างเป็นแบบขึ้นมา ทุกชิ้นส่วนจะต้องคำนวณหาค่าปัจจัยความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

ข้อกำหนด (Specification) ที่ใช้ในการออกแบบ คือ

- สามารถรับแรงกดสูงสุดด้านข้าง (σ_2 , σ_3) ไม่ต่ำกว่า 10 MPa (สำหรับหินหน้าตัด 2×2×2 นิ้ว)
- สามารถตรวจการเคลื่อนตัวของตัวอย่างหินได้ทั้ง 3 ทิศทาง
- วัสดุทำจากโลหะแข็งที่ไม่มีการยุบตัวที่แรงกดสูง
- สามารถให้แรงกดคงที่ในระดับต่างๆ ได้โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม
- สามารถทดสอบหินตัวอย่างขนาดตั้งแต่ 2×2×2 นิ้ว ถึง 4×4×4 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 3 สร้างเครื่องกดในสองแกนตามที่ต้องการ

เมื่อดำเนินการออกแบบแล้วเสร็จ จะนำมาสร้างเป็นเครื่องกดทดสอบต้นแบบ ตามข้อกำหนดทั้งหมดในขั้นตอนที่ 3 ที่ห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีวิศวกรเป็นผู้ดูแลและควบคุมการสร้างอย่างถูกต้อง แม่นยำ และปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 4 การสอบเทียบเครื่องกดทดสอบในสองแกน

เครื่องกดทดสอบในสองแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นจะนำมาดำเนินการสอบเทียบ (Calibration) โดยใช้เครื่องตรวจวัดแรงกด (Load cell) ที่มีความละเอียดสูงในการตรวจวัดแรงกดทั้งสองแกนเพื่อให้ได้ค่าแรงกดที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งผลที่ได้จากการสอบเทียบจะนำมาสร้างแผนภูมิหลักเพื่อที่จะใช้ในการคำนวณค่าความเค้นและการเปลี่ยนรูปร่างที่อยู่บนตัวอย่างหินในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน

ผู้วิจัยจะดำเนินการจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อนำมาทดสอบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงขีดความสามารถของเครื่องและเพื่อสาธิตว่าเครื่องสามารถใช้งานได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม โดยจะทำการคัดเลือกตัวอย่างหินมาใช้ในการทดสอบแบบต่างๆ โดยอาศัยหลักการให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) หินที่จะเก็บมาเป็นตัวอย่างคือหินทรายชุดโคราชและหินปูนชุดสระบุรี ตัวอย่างหินจะถูกนำมาเจาะและตัดให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด โดยมีขนาดเป็นทรงลูกบาศก์ขนาด 2×2×2 นิ้ว ถึง 4×4×4 นิ้ว จะใช้ตัวอย่างหินไม่น้อยกว่า 40 ตัวอย่าง ต่อหิน 1 ชนิด การจัดเตรียมตัวอย่างหินจะอาศัยมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards ตัวอย่างหินที่เตรียมได้เหล่านี้จะนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อสาธิตความสามารถเครื่องกดทดสอบหินในสองแกน

การทดลองขั้นสูงในห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วย การทดสอบหลายชุด และจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards การทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความเค้นกดสูงสุดในสองแกน ที่มีผลต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) ค่าอัตราส่วนของ Poisson's ค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) และค่าความเค้นยึดเหนี่ยว (Cohesion) ตัวอย่างหินจะถูกทดสอบอย่างน้อย 10 ตัวอย่าง ในแต่ละชนิดหิน โดยจะกดทดสอบด้วยแรงกดอัตราความเร็วคงที่ (Constant loading rate) ตามแนวแกน นอกจากนั้นจะมีการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและในสามแกนด้วย เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการกดในสองแกนโดยจะใช้ตัวอย่างหินจำนวนทั้งสิ้น 10 ตัวอย่าง สำหรับหินแต่ละชนิด

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 จะนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูลและจะตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ เมื่อตรวจสอบได้แล้วจะนำมาคำนวณหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ในแต่ละชนิดการทดสอบ แล้วนำไปเปรียบเทียบผลกับฐานข้อมูลที่ได้เคยทดสอบไว้แล้วโดยผู้วิจัยเอง การวิเคราะห์จะเน้นไปที่ประสิทธิภาพ ชีตความสามารถ และความแม่นยำของเครื่องทดสอบในสองแกน ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแรงกดในสองแกนกับแรงกดในสามแกนจะระบุว่าการทดสอบชนิดใดจะให้เกณฑ์การแตกที่อยู่ในเชิงอนุรักษ์และเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในการประเมินเสถียรภาพของหินที่เป็นผนังโพรงหรืออุโมงค์

ขั้นตอนที่ 8 การเขียนคู่มือสำหรับการใช้งาน

จะมีการเขียนคู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบในสองแกนอย่างละเอียด รวมไปถึงส่วน ประกอบต่างๆ ของเครื่องทดสอบ ความสามารถ ข้อจำกัด ขั้นตอนวิธีการทดสอบ วิธีการประมวลผล การคำนวณ รวมไปถึงฐานข้อมูลของผลการทดสอบที่ได้ทดสอบไปแล้วทั้งในและต่างประเทศ

ขั้นตอนที่ 9 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปจะนำเสนอโดยละเอียดในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง: ห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

สถานที่เก็บตัวอย่างหิน: แหล่งหินทรายชุดหินโคราช จังหวัดนครราชสีมา และหินปูนชุดสระบุรี จังหวัดสระบุรี

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

14.1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี (ตุลาคม 2554 – กันยายน 2556)

14.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)						ปีที่ 2 (2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. การทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การออกแบบเครื่องกดในสองแกน	↔	↔										
3. การสร้างเครื่องกดในสองแกน		↔	↔									
4. การสอบเทียบขนาดของแรง					↔							
5. การจัดเตรียมตัวอย่างหิน					↔							
6. การทดสอบศักยภาพของเครื่องมือ						↔	↔	↔	↔	↔		
7. การวิเคราะห์ผล								↔	↔	↔	↔	
8. การเขียนคู่มือสำหรับใช้เครื่องมือ											↔	
9. การเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

๕5. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ)

15.1 ที่มีอยู่แล้ว

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง | 8) Stressmeter |
| 2) โปรแกรม FRAC จาก Itasca (1992) | 9) Eletronic Load Cell |
| 3) กล้องบันทึกภาพระบบดิจิทัล | 10) เครื่องตัดหิน |
| 4) โปรแกรม Rock work | 11) เครื่องฝนหิน |
| 5) โปรแกรม AutoCAD | 12) เครื่องเจาะหิน |
| 6) โปรแกรม GEO (Serta and Fuenkajorn, 1993) | 13) ระบบ Hydraulic สำหรับให้แรง |
| 7) เครื่องพิมพ์ | |

15.2 ที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี -

๕6. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่างๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอปี 2555 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 1 คน (10,000 บาท x 12 เดือน)	120,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่	
2.1 ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเบี้ยเลี้ยงและค่าจ้างเหมาต่างๆ	20,000
2.2 ค่าจ้างเตรียมหิน	20,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่	
3.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ	10,000
3.2 ค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องทดสอบในสองแกน*	130,000
3.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD ใบตัดหิน น้ำมันไฮดรอลิค หัวเจาะ และค่าวัสดุอื่น ๆ	10,000
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	310,000

รายละเอียดค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องทดสอบในสองแกน

- | | | |
|------------------------------|------------|------------|
| - โครงรับแรงกด | ราคาประมาณ | 20,000 บาท |
| - ชุดคานกดให้น้ำหนัก 4 ชุด | ราคาประมาณ | 20,000 บาท |
| - ชุดหัวกดให้แรง 4 ชุด | ราคาประมาณ | 20,000 บาท |
| - มาตรวัดการเคลื่อนตัว 4 ตัว | ราคาประมาณ | 50,000 บาท |

16.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อๆ ไป แยกตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอปี 2556 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว	
1.1 ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 2 คน (10,000 บาท/เดือน/ คน)	240,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่ ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม ค่าพิมพ์รายงานการวิจัย ค่าจ้างเหมาจัดเตรียมหิน และค่าจ้างเหมาอื่นๆ	50,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD ใบตัดหิน น้ำมันไฮดรอลิก หัวเจาะ และ ค่าวัสดุอื่น ๆ	30,000
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	320,000

16.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

- ไม่มี

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 17.1 ออกแบบและประดิษฐ์ระบบกลไกการทำงานเครื่องกดในสองแกนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลสำเร็จของงานวิจัยระยะนี้เป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P)
- 17.2 เมื่อดำเนินการออกแบบแล้วเสร็จจะนำมาสร้างเป็นเครื่องกดทดสอบต้นแบบ ผลสำเร็จของงานวิจัยระยะนี้เป็นผลสำเร็จกึ่งกลาง (I)
- 17.3 ทดสอบศักยภาพของเครื่องมือเพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถทำงานตามที่ออกแบบได้และศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อการทดสอบและพัฒนาเครื่องกดทดสอบจนมีความสมบูรณ์และให้ผลที่แม่นยำ นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยยังผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโท 2 คน ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของสถาบันวิจัยแห่งชาติอีกด้วย ผลสำเร็จของงานวิจัยระยะนี้เป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G)

18. สำหรับโครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

- 18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมาจริง

- ไม่มี -

- 18.2 โปรดระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)

- ไม่มี -

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ด)

- ไม่มี เนื่องจากเป็นโครงการวิจัยใหม่

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

ดร. เกรียงไกร ไตรสาร

(รองศาสตราจารย์ เกรียงไกร ไตรสาร)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

วันที่ 12 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 21 เดือน ต.ค. พ.ศ. 54

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย, นาง, นางสาว..... กิตติเทพ.....นามสกุล.....เพ็ญขจร.....
(ภาษาอังกฤษ) Mr., Mrs., Miss.KITTITEP FUENKAJORN.....
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
5.1009 99.084.72.1.....
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี.....สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-224448, 224441, 224443
โทรสาร : 044-22448, 224611
E-mail : kittitep@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก และ ประกาศนียบัตร)	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
1979	Bachelor of Science	B.S.	Geology	Engineering Geology	Chulalongkorn University	Thailand
1985	Master of Science	M.S	Mining Engineering	Rock Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1988	Doctor of Philosophy	Ph.D.	Geological Engineering	Rock and Soil Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1990	Postdoctoral Fellows	Post.Doc.	Geological Engineering	Geomechanic s	University of Arizona	U.S.A.

๕. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- 1) การทดสอบในห้องทดลองและในภาคสนามทางด้านกลศาสตร์หิน
- 2) การเขียนคอมพิวเตอร์ Software เพื่อวิเคราะห์และออกแบบสิ่งก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี
- 3) การวิเคราะห์และออกแบบทางเสถียรภาพของสิ่งก่อสร้างในหิน โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลข
- 4) การออกแบบเหมืองในชั้นเกลือหินและโพแทช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ...

- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย...

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้วดังต่อไปนี้

- 1) "Finite Element Analysis on 34/44 LPG Gallery, Gallery 10 and Caverns 33 and 43 of Finger Lakes LPG Storage, LLC"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
March 2010 – May 2010
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 2) "Design and Study of Mae Tan Lignite Mine, Lampang Province"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
April 2010 – June 2010
Funded by: Siam Cement Group (SCG) Siam Cement Road, Bangkok 10800
- 3) "Invention of Salt Core Leaching Device"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
February 2010 – July 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn's Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
- 4) "Invention of Compression-to-Tension Load Converter"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
October 2009 – March 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn's Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

- 5) "Finite Element Analysis on Arcadia Gas Storage Caverns E-5, E-6, E-7 and E-8"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
July 2009 – October 2009
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 6) "Finite Element Analysis on Kinder Morgan Storage Caverns C-2, C-4 and C-5, North Dayton Salt Dome, North Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
September 2009 – February 2010
Funded by: Kinder Morgan, Houston, Texas
- 7) "Development of Computer Program to Determine Size, Shape and Depth of Salt Caverns Using Surface Subsidence as Data Input" (Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 605,500 Baht
- 8) "Invention of True Triaxial Compression Apparatus for Rock Testing"
(Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 682,500 Baht
- 9) "Finite Element Analysis for Gas Storage Caverns Joy Station Storage Project" Kiowa County, Kansas
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Golden Gas Services Company, Tulsa, Oklahoma.
Period: July 2008 – September 2008
Funding: US\$ 20,000

- 10) "Inergy Savona LPG Storage Facility: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas.
Period: January 2008 – March 2008
Funding: US\$ 25,000

- 11) "Design and Analysis of Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Siam City Cement PCL., Saraburi
Period: 15 July – 15 August 2008
Funding: 643,588 Baht

- 12) "Study of Mechanical Stability of Rock Slope and Tunnel as Affected by Earthquake Vibration and Joint Characteristics by using Physical Modeling"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2006 – September 2008
Funding: 654,000 Baht

- 13) "Mississippi Hub, LLC Gas Storage Caverns: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
Period: May 2007 – August 2007
Funding: US\$ 20,000

- 14) "Design Evaluation of Canatxx Presall Gas Storage Facility"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Canatxx Inc., Houston, USA
Period: August 2005 – September 2005
Funding: US\$ 15,000

- 15) "Study of Surface Subsidence of Potash Mine at Bamnet Narong District, Chaiyaphum Province"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: ASEAN Potash Mining Public Company Limited, Bangkok

Period: August – October 2005

Funding: 462,000 Baht

- 16) "Tuz Golu Underground Gas Storage Facility in Turkey: Finite Element Analysis"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: World Bank, USA

Period: April – June 2005

Funding: US\$ 15,000

- 17) "Design of Mine Panels at Udon South Potash Project"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Asia Pacific Potash Corp., Udon Thani

- 18) "Design of Rock Slope in Thailand for Long Term Stability by Incorporating Rock Mass Degradation"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: October 2005 – September 2007

Funding: 650,900 Baht

- 19) "Design of Salt Solution Mining for Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima

Period: 22 April – 21 November 2004

Funding: 1,368,400 Baht

20) "Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2004 – November 2006

Funding: 810,000 Baht

21) "Development of a Shear Strength Criterion for Rock Joints Using Field-Determined Parameters"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 461,250 Baht

22) "Prediction of Mechanical Properties of Rock Salt from Petrographic Features Using Neural Network"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 460,000 Baht

23) "Geomechanics Performance of Salt Formation for Compressed-Air Energy Storage in the Northeast of Thailand"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Department of Alternative Energy and Development of Efficiency

Period: May 2003 – November 2004

Funding: 2,443,750 Baht

24) "Development of Computer Expert System for Design of Borehole Seals in Rocks"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2002 – November 2003

Funding: 262,000 Baht

- 25) "Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2002 – January 2005
Funding: 564,000 Baht
- 26) "Experimental Assessment of Rock Salt Mechanics for Compressive Air Energy Storage in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2001 – November 2002
Funding: 274,000 Baht
- 27) "Development of Computer Software for Analysis and Design of Rock Slopes Based on Expert's Knowledge and Experience"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2001 – October 2003
Funding: 560,400 Baht
- 28) "Theoretical and Experimental Studies to Determine Compressive and Tensile Strengths of Rocks Using Modified Point Load Testing"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สกว.), Bangkok
Period: December 2000 – December 2001
Funding: 652,000 Baht
- 29) "Mechanical Performance of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สกว.), Bangkok
Period: June 2001 – June 2003
Funding: 1,397,800 Baht

- 30) "Theoretical and Experimental Assessment to Determine the Relationships between Point Load Index and Elasticity, Compressive and Tensile Strengths of Rock"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2000 – November 2001
Funding: 135,000 Baht
- 31) "Design and Analysis of the Keystone Gas Storage Project, Salado Salt Formation Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Unocal Corporation, Sugar Land, Texas, USA
- 32) "Derivation of Design Guidelines for Salt Solution Mining for Small and Medium Sized Enterprises in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: June 2000 – January 2001
Funding: 43,480
- 33) "Design Optimization and Analysis of Solution Cavern Field in Salt Formations, Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 1999 – November 2000
Funding: 91,000 Baht
- 34) "Analytical and Numerical Assessment of the Potential Waste Repository in Rock Salt Formations in Northeastern"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: July 1999 – July 2000
Funding: 48,900

- 35) "Design and Analysis of Liquified Petroleum Gas Storage Caverns of Amoco Wells"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 36) "Feasibility Design of Gas Storage Caverns of UNOCAL in Hutchinson Salt Formations"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 37) "Feasibility Design of Pit Slope and Underground Supports for Don Mario Mine, Bolivia"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Orvana Empresa Minera Paititi S.A., Santa Cruz, Bolivia
- 38) "Feasibility Design of the Underground Supports and Layout for Pegasus Gold Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Diamond Hill Mining, Inc., Townsend, Montana
- 39) "Development of the Quality Assurance Program for the Nuclear Waste Repository Seals at Yucca Mountain, Nevada"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Southwest Research Institute, San Antonio, TX
- 40) "Analysis and Design of the Supports for Rock Slope at Morenci Copper Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: The Winters Company, Tucson, Arizona
- 41) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico

- 42) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois
- 43) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA
- 44) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Project Manager: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

เป็นผู้ร่วมวิจัยจำนวน 4 โครงการ ดังต่อไปนี้

- 1) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico
Amount: US\$ 203,000; Period: July 1991 - June 1993
- 2) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois
Amount: US\$ 60,000; Period: August 1991 - January 1992
- 3) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA
Amount: US\$ 22,000; Period: July - December 1991
- 4) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Project Manager: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.
Amount: US\$ 180,000; Period: January - December 1990

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือ โครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพ
ในการทำวิจัย และแหล่งทุน

Book:

Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen (authors & editors), 1996, *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, 322 pp.

กิตติเทพ เพื่องขจร (2546) “กลศาสตร์หินพื้นฐาน” บริษัทอิซินเพ้นโปรดักส์ กรุงเทพฯ, 210 หน้า (ISBN 974-90898-8-X)

Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2007, *Proceedings of the First Thailand Symposium on Rock Mechanics*, September, 13-14, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 323 pp.

Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2009, *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, March, 12-13, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 372 pp.

Technical Papers:

Fuenkajorn, K. and Kenkhunthod, N., 2010, Influence of Loading Rate on Deformability and Compressive Strength of Three Thai Sandstones. *Geotechnical and Geological Engineering*, Volume 28, pp. 707-715 (DOI 10.1007/s10706-010-9331-7).

Fuenkajorn, K., 2010, Experimental Assessment of Long-Term Durability of Some Weak Rocks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0297-8.

Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2010, Estimation of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0269-z.

Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Cyclic Loadings. *Engineering Geology*. 113 (1-4) 81-89.

Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt. *Engineering Geology*. 112 (1-4) 43-52.

Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2009, Prediction of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Engineering Geology*. 110 (1-2) 21-29.

Fuenkajorn, K. and Klanphumeesri, S., 2010, “Direct Tension Tests of Intact Rocks using Compression-to-Tension Load Converter,” *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 21, No. 2, pp. 51-57.

- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2010, "Physical Model Simulation of Solar Thermal Energy Storage in Basaltic Rock Fills," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication).
- Fuenkajorn, K., Sakulnitichai, C. and Pangpetch, P., 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K. and Sri-In, T., 2009, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K. and Aracheeploha, S., 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2009, "Effects of Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Simulation of Jointed Rock Slope under Dynamic Loadings and Submerged Condition using Physical Models", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loading using Physical Model", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2009, "Effects of Cyclic Loading Rate on Mechanical Properties of Salt", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Thosuwan, R., Walsri, C., Poonprakon, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Effect of Intermediate Principal Stress on Compressive and Tensile Strengths of Sandstones", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2009, "Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 107-120.
- Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Physical Model Simulation of Jointed Rock Slopes under Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 131-146.

- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 147-159.
- Aracheeploha, S., Horkaew, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 161-176.
- Walsri, C., Poonprakon, P., Thosuwat, R. and Fuenkajorn, K., 2009, "Compressive and Tensile Strengths of Sandstones under True Triaxial Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 199-218.
- Kenkhunthod, N. and Fuenkajorn, K., 2009, "Loading Rate Effects on Strength and Stiffness of Sandstones under Confinement", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 271-282.
- Choochang, S., Boonbatr, A. and Fuenkajorn, K., 2009, "Stability Analysis and Design of the Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 293-308.
- Intaraprasit, C., Phueakphum, D., Tepnarong, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Modified Point Load Testing of Volcanic Rocks from Chatree Gold Mine", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 309-318.
- Akkrachattrarat, N., Suanprom, P., Buaboocha, J. and Fuenkajorn, K., 2009, "Flow Testing of Sandstone Fractures under Normal and Shear Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 319-334.
- Fuenkajorn, K. and Pangpetch, P., 2008, "Simulation of Plane Sliding and Toppling Failure using Scaled Down Rock Slope Models," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 3, pp. 31-38.
- Phueakphum, D., Sri-in, T. and Fuenkajorn, K., 2008, "Strength and Stiffness of Claystone Specimens Tested with Neoprene Capping," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 4, pp. 1-7.
- Fuenkajorn, K., 2008, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks in Thailand," *Proceedings of the First Southern Hemisphere International Rock mechanics Symposium*, September 16- 19, Perth, Australia, pp. 157-168.
- Fuenkajorn, K., 2008, "Intrinsic Variability of the Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 33-48.

- Kensakoo, T., Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2007, "Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt as Affected by Inclusions," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 103-118.
- Sri-in, T. and Fuenkajorn, K., 2007, "Sake Durability Index and Strength Testing of Some Rocks in Thailand," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 145-160.
- Kemrtong, R. and Fuenkajorn, K., 2007, "Prediction of Joint Shear Strength of Ten Rock Types Using Field-Identified Parameters," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 195-210.
- Klayvimut, K., Wetchasat, K. and Fuenkajorn, K., 2007, "Preliminary Study of Geomechanical Performance of Maha Sarakham Salt for Nuclear Waste Repository," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 211-226.
- Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2007, "Simulation of Rock Slope Failure Using Physical Model," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 227-244.
- Fuenkajorn, K., 2007, "Design Process for Sealing of boreholes in Rock Mass," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 245-252.
- Kamutchat, S., Sri-in, T. and Fuenkajorn, K., 2007, "Verifications of Rock Slope Rating (RSR) and Slope Mass Rating (SMR) Systems," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 285-298.
- Fuenkajorn, K., 2006, "Experimental Assessment of Healing of Fractures in Rock Salt," *ISRM International Symposium 2006, Rock Mechanics in Underground Construction*, 8-10 November, Singapore, pp.402. (Published in CD ROM).
- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2006, "Experimental Assessment of Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills" *In the 2nd Conference on Energy Technology Network of Thailand; E-NETT*, 27-29 July 2006, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 7 pp.
- Fuenkajorn, K., 2006, "Healing of Fractures in Rock Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 304-316.
- Fuenkajorn, K., 2005, "Predictability of Barton's Joint Shear Strength Criterion with Field-Identification Parameters," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 12, No. 4, pp. 296-308.
- Fuenkajorn, K. and R. Kemthong, 2005, "Assessment of Barton's Joint Shear Strength Criterion Using Field-Determined Parameters," *International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of INDOCHINA (GEOINDO 2005)*, Khon Kaen, November 28-30, pp. 171-176.

- Tepnarong, P. and Fuenkajorn, K., 2004, "Determination of Elasticity and Strengths of Intact Rocks using Modified Point Load Test," *Proceedings of the 3rd Asian Rock Mechanics Symposium*, Kyoto, November 30 - December 2.
- Fuenkajorn, K. and A Warin, 2004, "Design of Borehole Seals in Rock: Methodology and Process," *Proceedings of the 4th Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment*, Hong Kong, May 3-5, pp. 137-142.
- Fuenkajorn, K. and K. Klayvimut, 2004, "Geomechanical Performance of Salt Formation for Nuclear Waste Repository in Thailand," *Proceedings of the 9th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, Auckland, February 8-11, pp. 604-611.
- Fuenkajorn, K. and S. Kamutchat, 2003, "Neural Network for Rock Slope Stability Evaluation," *Proceedings of the 4th Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering*, Bangkok, April 4-8, pp. 655-664.
- Fuenkajorn, K. and M Jandakaew, 2003, "Compressed-Air Energy Storage in Salt Dome at Borabu District, Thailand: Geotechnical Aspects," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical Engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 377-392.
- Fuenkajorn, K., D. Phuakpoom, and M. Jandakaew, 2003, "Healing of Rock Salt Fractures," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 393-408.
- Fuenkajorn, K. and P. Thongtiengdee, 2002, "Slope Failure along Lomsak-Chumpae Highway, Thailand," *Proceedings of the 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and the Safety of Infra-Structures*, Singapore, July 11-12, pp. 205-213.
- Fuenkajorn, K., 2002, "Design Guideline for Salt Solution Mining in Thailand," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-8.
- Fuenkajorn, K., 2002, "Modified Point Load Test Determining Uniaxial Compressive Strength of Intact Rocks," *Proceedings of the North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Ontario, Canada, July 7-10, pp. 457-465.
- Fuenkajorn, K. and P. Tepnarong, 2001, "Size and Stress Gradient Effects on the Modified Point Load Strengths of Saraburi Marble," *Sixth Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K. and S. Kamutchat, 2001 "Rock Slope Design using Expert System: ROSES Program," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)

- Fuenkajorn, K. and K. Wetchasat, 2001 "Rock Salt Formations as Potential Nuclear Waste Repository," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K., 1999, "Geohydrological Integrity of Storage Caverns in Salt Formations," *Symposium on Mineral, Energy and Water Resources of Thailand*, October 23-24, Chulalongkorn University, Bangkok, pp. 270-275.
- Fuenkajorn, K. and J.C. Stormont, 1997, "Geomechanics and Geohydrological Issues in, Mine Sealing," *1997 SME Annual Meeting & Exhibit*, Denver, Colorado, February 24-27.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1997, "Mine Sealing: Design Guidelines and Considerations," *Tailings and Mine Waste'97*, Colorado State University, Fort Collins, January 13-17, pp. 59-68.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1996, "Design Guideline for Mine Sealing," *The 1996 Arizona Conference*, Tucson, Arizona, December 8-9.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1996, "Sealing of Boreholes in Rock - An Overview," *Proceedings of the 2nd North American Rock Mech. Symposium*, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1447-1454.
- South, D.L. and Fuenkajorn, K., 1996, "Laboratory Performance of Cement Boreholes Seals," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 9-27.
- Daemen, J.J.K. and Fuenkajorn, K., 1996, "Design of Boreholes Seals - Processes, Criteria and Considerations," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 267-279.
- Fuenkajorn, K., 1996, "Overview of Research Effort on Sealing of Boreholes, Shafts and Ramps in Welded Tuff," *Proceedings of the Workshop on Rock Mechanics Issues in Repository Design and Performance Assessment*, Washington, DC., September 19-20.
- Ghosh, A., Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1995, "Tensile Strength of Welded Apache Leap Tuff: Investigation of Scale Effects," *Proceedings of the 35th U.S. Rock Mech. Symposium*, University of Nevada, Reno, June 5-7, pp. 459-464.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1994, "Dilation-Induced Permeability Increase around Caverns in Rock Salt," *Proceedings of the 1st North American Rock Mechanics Symposium*, University of Texas at Austin, June 1-3, pp. 648-656.
- Stormont, J.C. and Fuenkajorn, K., 1994, "Dilation-Induced Permeability Changes in Rock Salt," *Proceedings of the 8th International Conference Computer Methods and Advances in Geomechanics*, Morgantown, West Virginia, May 22-28, pp. 1296-1273.

- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1993, "Numerical Simulation of Strain-Softening and Dilation of Rocks Salt," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1303-1306, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Crouthamel, D.R., Fuenkajorn, K., and J.J.K. Daemen, 1993, "In Situ Flow Testing of Cement Borehole Plug in Welded Tuff," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1503-1506, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Tuff," *Engineering Geology: An International Journal*, Elsevier Science Publishing Co., Vol. 32, pp. 209-223.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "Drilling-Induced Fractures in Borehole Walls," *Journal of Petroleum Technology*, Society of Petroleum Engineers, February, Vol. 44, No. 2, pp. 210-216.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "Borehole Sealing," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 5.1-5.21.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1992, "Geohydrological Integrity of CAES in Rock Salt," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 4.1-4.21.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Discussion on 'Engineering to Reduce the Cost of Roof Support in a Coal Mine Experiencing Complex Ground Control Problems' by A.W. Khair and S.S. Peng," *Mining Engineering*, Vol. 44, No. 11, p. 1369.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., J. Townsend, and M. Silverman, 1992, "Development and Applicability of Stress Control Method in Underground Coal Mining," *Proceedings of the 4th Conferences on Ground Control for Midwest U.S. Coal Mines*, November 2-4, Mt. Vernon, IL.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1992, "Finite Element Model to Predict Permeability Increase around Salt Cavern," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 34 pp.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Finite Element Program 'GEO' for Modeling Brittle-Ductile Deterioration of Aging Earth Structures," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 24 pp.
- Serata S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Formulation of A Constitutive Equation for Salt," *Proceedings of the 7th International Symposium on Salt*, April 6-9, Kyoto, Japan, published by Elsevier Science Publishers, B.V, Amsterdam, Vol. 1, pp. 483-488.

- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Welded Tuff," *ASME Applied Mechanics and Biomechanics Summer Conference*, June 16-19, Ohio State University, Columbus.
- Serata S. and Fuenkajorn, K., 1991, "Recent Advancement of Stress Control Method," *Longwall USA - International Conference*, Pittsburgh, PA, June 2-6, pp. 265-283.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Cement Borehole Plug Performance in Welded Tuff," *Rock Mechanics as a Multidisciplinary Science: Proceedings of the 32nd U.S. Symposium*, June 10-12, University of Oklahoma, Norman, pp. 723-732.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Brine-Mixed Bentonite Borehole Plugs," *Proceedings of Waste Management'91 Symposium*, Tucson, Arizona, February 24-28.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, "Borehole Closure in Salt," *Key Questions in Rock Mechanics: Proceedings of the 29th U.S. Symposium*, June 13-15, University of Minnesota, Minneapolis, pp. 191-198.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1987, "Mechanical Interaction between Rock and Multi-component Shaft or Borehole Plugs," *Rock Mechanics: Proceedings of the 28th U.S. Symposium*, June 29 - July 1, University of Arizona, Tucson, pp. 165-172.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1987, "Factor of Safety of Tetrahedral Wedges: A Probabilistic Study," *International Journal of Surface Mining*, Vol. 1, pp. 147-153.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1986, "Calculation of Minimum Rock Bolt Force and Static Acceleration in Tetrahedral Wedge Stability," *Geotechnical Stability in Surface Mining*, Calgary, Canada, November 6-7.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Shape Effect on Ring Test Tensile Strength," *Key to Energy Production: Proceedings of the 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, June 23-25, University of Alabama, Tuscaloosa, pp. 155-163.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Rock-Cement Interface Effects on Borehole Plug Permeability," *Waste Management'86: Proceedings of Waste Management Symposium*, March 2-6, Tucson, Arizona, Vol. 2 - High Level Waste, pp. 251-256.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1984, "Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks," *Rock Mechanics in Productivity and Protection: Proceedings of the 25th U.S. Symposium*, June 25-27, Northwestern University, Evanston, IL, pp. 774-783.

Published Reports:

กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) "การศึกษาเกี่ยวกับการทิ้งของเสียในหินเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข" รหัสโครงการ SUT7-719-42-12-16 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 44 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) “การวิเคราะห์และออกแบบโครงที่ที่เกิดจากการผลิตเกลือโดยใช้วิธีละลายในชั้นหินเกลือที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-46 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 82 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-44-12-30 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 116 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 130 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2545) “การดัดแปลงการทดสอบแบบจุดกดเพื่อคำนวณหาความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” สัญญาเลขที่ RDG5/0001/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 150 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของเกลือหินเพื่อหัตถการนิวเคลียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” สัญญาเลขที่ RDG5/0024/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ, 315 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2545) “การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดัน” รหัสโครงการ SUT7/719/45/12/01 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 216 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบความลาดชันของชั้นหิน โดยใช้กรณีศึกษาความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ” รหัสโครงการ SUT7-719-45-24-04 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 280 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้ในการออกแบบการอุดหลุมเจาะในชั้นหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-46-12-25 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 149 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” รหัสโครงการ SUT7-719-46-24-24 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 184 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การประเมินคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินจากลักษณะทางสีลาวิทยา” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-18 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 154 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การพัฒนาอุปกรณ์กำลังรับแรงเฉือนของรอยแตกในหินโดยใช้คุณสมบัติของหินที่วัดได้ในภาคสนาม” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-31 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 155 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2549) “การกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนในหินถม” รหัสโครงการ SUT7-719-48-24-65 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 223 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2550) “การออกแบบความลาดเอียงมวลหินในประเทศไทยให้มีเสถียรภาพในระยะยาวโดยเพิ่มการพิจารณาการผุกร่อนของมวลหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-49-24-50 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 147 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2551) “การศึกษาเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของมวลหินบนความลาดชันและรอบอุโมงค์ภายใต้คลื่นสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวและคุณลักษณะของรอยแตกโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ” รหัสโครงการ SUT7-719-50-24-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 179 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์โปรแกรมเพื่อใช้คำนวณขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงเกลือ โดยใช้ข้อมูลการทรุดตัวบนผิวดิน” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-37 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 99 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การประดิษฐ์เครื่องทดสอบหินในสามแกนจริง” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-36 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 97 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- Manteufel, R.D., K. Fuenkajorn, E.J. Bonano, and A.B. Gureghian, 1994, *Review Comments on SAND93-1184: A Strategy to Seal Exploratory Boreholes in Unsaturated Tuff*, Technical Report, published by Center for Nuclear Waste Regulatory Analyses, for the US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC
- Fuerkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, *Borehole Deformation and Stability in Welded Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5687, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 58 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, *Mechanical Characterization of the Densely Welded Apache Leap Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5688, published by Office of Nuclear Regulatory Research, Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 110 pp.
- Serata S. and K. Fuenkajorn, 1991, *Permeability Studies in Relation to Stress State and Cavern Design Phases I & II*, Research Project Report, SMRI91-0001-S, prepared for the Solution Mining Research Institute, by Serata Geomechanics, Inc., California.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, *Borehole Closure in Salt*, Technical Report, NUREG/CR-5243, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 450 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks*, Technical Report, NUREG/CR-4641, published by Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 265 pp.
- Daemen, J.J.K., W.B. Greer, K. Fuenkajorn, H. Akgun, A. Schaffer, A.F. Kimbrell, T.S. Avery, J.R. Williams, and R.O. Roko, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Plug Performance*, Annual Report NUREG/CR-4642, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 478 pp.

Daemen, J.J.K., W.B. Greer, G.S. Adisoma, K. Fuenkajorn, W.D. Sawyer, Jr., H. Akgun, and B. Kousari, 1985, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-4174, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 360 pp.

Daemen, J.J.K., D.L. South, W.B. Greer, J.C. Stormont, S.A. Dischler, G.S. Adisoma, N.I. Colburn, K. Fuenkajorn, D.E. Miles, B. Kousari, and J. Bertuca, 1983, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-3473, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 281 pp.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย และสถานภาพในการทำวิจัย

- 1) “Experimental Assessment of Rock Fracture Permeability under Confining Pressure”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period:

Funding:

7.5 สิทธิบัตร

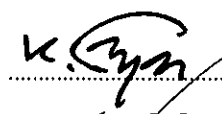
ได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรดังนี้

- 1) เครื่องทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน
- 2) เครื่องกดตัวอย่างหินในสามแกนด้วยระบบคานทดแรง
- 3) เครื่องจำลองการเคลื่อนตัวของมวลหินบนความลาดเอียงภายใต้แรงสั่นสะเทือน
- 4) อุปกรณ์วัดการยุบตัวของเพดานและผนังอุโมงค์
- 5) อุปกรณ์วัดค่าความแข็งของหินด้วยแรงกระแทกของค้อนธรณี
- 6) อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณสมบัติกำลังดึงของหินภายใต้แรงกด
- 7) อุปกรณ์สำหรับทดสอบความสามารถในการละลายของแท่งตัวอย่างเกลือหิน

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

รายการค่าใช้จ่าย	งบประมาณ (บาท)		
	งวดที่ 1	งวดที่ 2	รวม
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)			
ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท	60,000.00	60,000.00	120,000.00
(1 คน x 10,000 บาท)			
รวม	60,000.00	60,000.00	120,000.00
ค่าตอบแทน วัสดุ และวัสดุ ประกอบด้วย			
1) ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปั๊มยาง	10,000.00	10,000.00	20,000.00
ค่าจ้างพิมพ์รายงานการวิจัย ค่าจ้างหามาสืบค้นข้อมูล			
และค่าจ้างเหมาอื่นๆ			
2) ค่าจ้างเตรียมหิน	10,000.00	10,000.00	20,000.00
3) ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ	5,000.00	5,000.00	10,000.00
4) ค่าอุปกรณ์ในการประกอบเครื่องกดทดสอบในสองแกน	65,000.00	65,000.00	130,000.00
5) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD ใบตัด	5,000.00	5,000.00	10,000.00
น้ำมันไฮดรอลิค หัวเจาะ และค่าวัสดุอื่นๆ			
รวม	95,000.00	95,000.00	190,000.00
ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)			
รวม	155,000.00	155,000.00	310,000.00

ตรวจสอบแล้ว

(ลงชื่อ) 

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการ

29 ต.ค. 2554

เอกสารหมายเลข

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาที่ ๕ / ๒๕๖๖

โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน

ชื่อบัญชี มทล.โครงการประดิษฐ์อุปกรณ์กดตัวอย่างหินในสองแกน

เลขที่บัญชี 707-249354-0

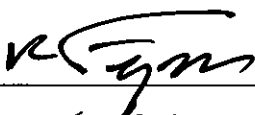
ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาซอย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

1. รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ คณบดี
2. รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร หัวหน้าโครงการวิจัย

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 2

ลงนาม 
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
ผู้รับทุน



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 1010/21554
วันที่ 26 ต.ค 2554
ลงชื่อ 10.3

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4287
ที่ ศธ.5614(22)/ ๕๕๕ วันที่ 2๖ ตุลาคม 2554
เรื่อง ขอส่งเอกสารเพื่อทำสัญญาโครงการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งเอกสารเพื่อทำสัญญาโครงการวิจัยที่ได้รับจัดสรร
ประมาณจากสำนักงบประมาณ ปี 2555 จำนวน 3 โครงการๆ ละ 2 ชุด ดังนี้

ชื่อเรื่อง	หัวหน้าโครงการ	จำนวนเงิน
1. การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร	240,000
2. ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร	210,000
3. การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กัดตัวอย่างหินในสองแกน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร	310,000

3/๕๓๗๕

4/๕๓๗๕

๖/๕๓๗๕

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(๕) เรียน ผอ.ประสานงานการวิจัย/ ผอ.ศูนย์
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รศ.ดร.อนันต์ ทองระย้า)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

27 ต.ค. 2554

น. ๕๓๖๗

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการแทนคณบดี

สำเนาเรียน รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร



พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาจุฬาลงกรณ์พระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว
ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทานพระบรมราชานุญาตให้
บริษัทแบงก์สยามกัมมาจล ทุนจำกัด
ใช้ตราแผ่นดินนี้ เป็นตราประจำธนาคาร เมื่อ ร.ศ.125 (พ.ศ. 2449)

ชื่อบัญชี
NAME

มทส. โครงการประดิษฐ์อุปกรณ์กดตัวอย่างเงินใน
นสองแกน

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

0707 สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่บัญชี
ACCOUNT NO.

707-249354-0

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์
SAVINGS ACCOUNT

0007804627

7804627

- สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องรับยอดสมุดอัตโนมัติได้
- การทำรายการโดยไม่ใช้สมุดผู้ฝากที่มีระยะเวลาเกินกว่า 6 เดือนขึ้นไป ธนาคารจะ
สรุปรวมรายการฝากและรายการถอนอย่างละรายการโดยจะรวมรายการเป็นรายเดือน