



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์/ โทรสาร 4750
ที่.....ศธ.5621/ ๕๖1วันที่..... - 9 พ.ค. 2549
เรื่อง.....นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย.....

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จและหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2546-2547 ของสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ จำนวน1.....โครงการ ดังนี้

โครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการ	จำนวนเงินคงเหลือ	ดอกเบี้ย	เงินที่โอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย (วันที่โอนเงิน)
การนำชิ้นปะสิริจากห้องเรียน งานนิพนธ์ทางเทคโนโลยี แบบปรับเปลี่ยน + ในส่วนที่เกินไม่จ่ายคืน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องหวร	๕๖๕,๐๐๐	๕๖๓,๔๗๒.๙๒	๕๒๗.๑๘	๓๕๒.๗๒	๘๗๙,๑๐ นท โอน ๑๖ ส.ค. ๔๙ ๐.๑๒ นท โอน ๑๖ ส.ค. ๔๙

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รองศาสตราจารย์ น.ท. ดร. สราวุฒิ สุจิตจร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องหวร



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ ๗๐/๕๙
วันที่ 1.8.๒๕๔๙
เวลา ๑๐:๓๐

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 4229, 4223
ที่ ศร 5614(22)/ ๑๕ วันที่ 17 มกราคม 2549
เรื่อง ขอส่งหลักฐานทางการเงินหลังปิดบัญชีโครงการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามหนังสือที่ ศร 5621/1040 ลงวันที่ 16 ธันวาคม 2548 แจ้งเรื่องการตรวจสอบหลักฐานโครงการวิจัย “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” โดยให้ดำเนินการปิดบัญชีโครงการและส่งหลักฐานต่าง ๆ ให้สถาบันวิจัยและพัฒนา และแจ้งว่ามีเงินคงเหลือจากการวิจัยจำนวน 0.00 บาท นั้น เนื่องจากโครงการวิจัยฯ มีเงินคงเหลือสุทธิ 527.30 บาท ตามรายงานแสดงการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้ายและหลักฐานใบเสร็จรับเงินที่ได้แจ้งไปแล้ว

บัดนี้ กระผมได้ดำเนินการปิดบัญชีและโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 580-2-15772-8 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขามุขมนตรีแล้ว และขอส่งหลักฐานทางการเงินประกอบด้วย

1. หลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชี (รวมเงินคงเหลือสุทธิ 527.30 บาท)
2. สำเนาสมุดบัญชีโครงการวิจัยหน้าที่มีความเคลื่อนไหวทางการเงิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการฯ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

ศาสตราจารย์ หัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

๖๕๔๔ คุณสุริยา

๖๕๑๐ ศ.น.ท.ดร. สราวุธ สุจิตธร

20 ม.ค. 49

รศ.น.ท.ดร. สราวุธ สุจิตธร
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

หน่วยงาน.....
 ศร 5621/ ๖๓๙
 ที่..... วันที่ ๒๒ สิงหาคม 2548
 เรื่อง.....
 แจ้งผลการพิจารณารายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ตามที่รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” เพื่อเสนอคณะกรรมการพิจารณากลับรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยนั้น ผลการพิจารณาของคณะกรรมการฯ มีมติรับรองรายงานดังกล่าวโดยไม่มีข้อแก้ไข

ในการนี้สถาบันวิจัยและพัฒนาจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดังกล่าวส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องให้สถาบันวิจัยและพัฒนา ภายในวันที่ 20 กันยายน 2548 ตามรายการดังนี้

1. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 25 เล่ม (เพื่อนำไปเผยแพร่ให้หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อไป กรณีที่มีข้อจำกัดในการเผยแพร่ โปรดแจ้งให้สถาบันวิจัยและพัฒนา ทราบโดยด่วนด้วย)
2. diskette ที่ copy file ข้อมูลบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (ตามแบบ สบวพ.-ง-02)
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดจากการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ
5. กรณีที่มีการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยในการซื้อครุภัณฑ์หรือหนังสือ ต้องส่งครุภัณฑ์หรือหนังสือดังกล่าวคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาด้วย
6. สำเนาบัญชีเงินฝากของโครงการวิจัยเฉพาะหน้าที่มีการเคลื่อนไหวของเงิน (เพื่อตรวจสอบเบื้องต้น โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา จะแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบอีกครั้งเพื่อดำเนินการโอนเงินคงเหลือและดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นทั้งหมดให้มหาวิทยาลัยต่อไป)

(สำหรับรายละเอียดในข้อ 3-6 โปรดสอบถามเพิ่มเติมที่ฝ่ายธุรการของสถาบันฯ โทร. 4750)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยดำเนินการต่อไปด้วยจักขอบคุณยิ่ง พร้อมนี้สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้ส่งคืนร่างรายงานฯ มาด้วยแล้ว

(รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศโท ดร.สราวุธ สุจิตตร)

รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

5017-799-46-24-24

แบบ สปพ. - 3-01
สถาบันวิจัยและพัฒนา
วันที่ 783/47
วันที่ 12 1 ก.ค. 2547
เวลา 15.30

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาฟิสิกส์ โทร. 4481, 4223
School /Institute Tel/Fax.
ที่ ศร 5612 (10)/266 วันที่ 15 กรกฎาคม 2547
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 งวดที่ 2
Subject : Request the payment of research allocation for fiscal year Installment no.

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
To : Director of Institute of research and development

ตามที่ข้าพเจ้า รศ. ดร. ภิญโญ หงษ์มณี สังกัด สำนักวิชา
As I, a member of Institute of

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปี
was allocated university research funding for fiscal
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ
year for the expenditures of project (name)
ขอเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 277,000 บาท นั้น
for the amount of baht,

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547
I request the payment of research allocation monies for the Installment no.

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 138,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นแปดพันห้าร้อยบาทถ้วน)
for the amount of baht

ข้าพเจ้าขอประมาณการรายจ่าย ดังนี้
as the following expense estimates:

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย
Temporary Wages Consisting of :

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ 16,000 บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96,000 บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ 16,000 บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96,000 บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ 16,000 บาท
Monthly employee at per month

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96,000 บาท
for duration of months No. of employees total amount baht

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ 16,000 บาท
Daily employee at... per day

ระยะเวลา 6 วัน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96,000 บาท
for duration of days No. of employees total amount baht

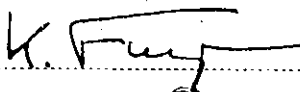
รวม 96,000 บาท
Totaling baht

2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

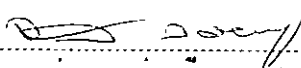
Compensation, service contracting and nonrenewable materials expenses

ค่าตอบแทนใช้สอย	เป็นเงิน	22,500	บาท
	total amount		baht
ค่าวัสดุ	เป็นเงิน	20,000	บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
รวม	เป็นเงิน	42,500	บาท
Totaling			baht

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
Your approval is hereby requested.


(รศ.ดร.คิรินทร์เทพ พิเดชบุดะ)
หัวหน้าโครงการวิจัย
Head of project


(ผศ.ดร. สิตชัย เสธะเอก)
หัวหน้าสถานวิจัย
Head of research Department
๕ / ๑๐ / ๕๖


(รศ.ดร. สิตชัย เสธะเอก)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
คณบดีวิทยาลัยการพัฒนศาสตร์
Dean
๕ / ๑๐ / ๕๖

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่ 1 2547 แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายงวดที่ 2 47 ในวงเงิน 138,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นแปดพันห้าร้อยบาทถ้วน) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก..... (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 10 ส.ค. 2547	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 11 ส.ค. 2547
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน 138,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นแปดพันห้าร้อยบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี มทส. ไรภพอุดกมล ประไพพงษ์ เลขที่บัญชี 7072-15672-4 ด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 11 ส.ค. 2547	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวท. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป (นางสาวดารณี ขำแจ้ง) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 11 ส.ค. 2547

Date: Tue, 7 Jan 2003 23:37:22 -0800 (PST)

From: THEERA LILITWARANGKUL <tj_chula@yahoo.com>

Subject: แก้ไขบทความ

To: journal@ccs.sut.ac.th

เนื่องจากผมได้รับบทความตรวจทานซ้ำเลขส่งมาทางอีเมลเพื่อแก้ไขในส่วนขอบทความเรื่อง
เทคนิคการจับคู่ภาพสำหรับงานภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ซึ่งแก้ไขหน้า 303 คอลัมน์ซ้ายย่อหน้าแรกบรรทัดที่สาม
ให้ตัดคำว่า ค่าย ออกครับ กรุณาแก้ไขด้วยนะครับ

ขอแสดงความนับถือ

ธีระ ลิลิตวารังกูร

Mr. Theera lilitwarangkul

King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Department of Civil Engineering

91 Prachauthit Road Bangmod Bangkok 10140

Tel. (662)4709149 Fax.(662)4279063

e-mail : tj_chula@yahoo.com

662/4709149
1/8/03 9 8 145

Do you Yahoo!?

Yahoo! Mail Plus - Powerful. Affordable. Sign up now

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่..... 1200/48
วันที่..... 26 ส.ค. 2548
เวลา..... 15.30 น.

หน่วยงาน..... หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4448 โทรสาร 4448
ที่..... ศร.5614(22)/241 วันที่..... 26 สิงหาคม 2548
เรื่อง..... ขอส่งเอกสารและรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

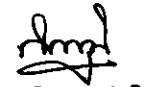
เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

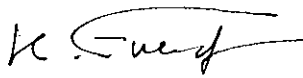
ตามที่กระผมได้เสนอร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการ การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน และได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณากลับกรองฯ แล้ว โดยมีมติรับรองรายงานดังกล่าวโดยไม่มีข้อแก้ไข กระผมจึงใคร่ขอส่งเอกสารและหลักฐานต่าง ๆ มายังสถาบันวิจัยและพัฒนาตามรายการดังนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 25 เล่ม
2. Diskette ข้อมูลบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (แบบ สบวพ.-ง-02)
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ
5. สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัยหน้าที่มีความเคลื่อนไหวทางการเงิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

① รศ. คุณพรพรหม,
เพื่อโปรดพิจารณาการดำเนินการ


29 ส.ค. 48


(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร)
หัวหน้าโครงการฯ

② รศ. ดิเรกพันธ์,
ขอส่งเอกสารตามข้อ 1 (รวม
25 เล่ม) และข้อ 2 ตามที่แจ้ง
ดำเนินการแล้ว

ขอเรียน
29 ส.ค. 48


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคณบดี

③ รศ. ดิเรก 25 เล่ม
+ Disk.

รศ. รศ. ดิเรกพันธ์
ขอเรียนตามข้อ 3, 4 และ
แจ้งดำเนินการแล้ว
29 ส.ค. 48

ก. รศ. (ทวน)
29 ส.ค. 48

รศ. ดิเรก
29/8/48.



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่..... 877/๒8
วันที่..... 23 ส.ย. 2548
เวลา..... ๑๑.๕๐ น.

หน่วยงาน..... สถาบันวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 4441

ที่..... ศธ 5614(22)/ 204

วันที่..... 23 มิถุนายน 2548

เรื่อง..... ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่กระผมได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546-2547 เพื่อใช้ในโครงการวิจัยเรื่อง “การหาสัมประสิทธิ์ค่าความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” โดยได้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นพร้อมทั้งส่งร่างรายงานการวิจัยให้ผู้ทรงคุณวุฒิอ่าน และได้รับข้อเสนอแนะแล้วนั้น

บัดนี้ กระผมได้ทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำทุกประการเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งชี้แจงผลการพิจารณาร่างรายงานดังกล่าวตามเอกสารแนบ จึงใคร่ขอส่งร่างรายงานการวิจัย จำนวน 6 ชุด มาเพื่อให้สถาบันวิจัยและพัฒนาพิจารณารับรองรายงานต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ดร. สิบวิชัย แสงอาทิตย์
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

(ศส. ดร. สิบวิชัย แสงอาทิตย์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

23 ส.ย. 2548

ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าโครงการฯ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิบวิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ข้อชี้แจงผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ “การหาสัมประสิทธิ์ค่าความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน”

ข้อชี้แจงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิข้อที่ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนและการทดสอบกำลังอัดในแกนเดียว ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดแล้วจากผู้วิจัยและได้นำเสนอในรายงานโดย กิตติเทพ เฟื่องขจร (2544). การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. ผลที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวได้นำมาทบทวนและสรุปไว้ในบทที่ 1 ในรายงานนี้ (การทบทวนองค์ความรู้และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง)

ข้อชี้แจงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิข้อที่ 4

ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมรายงาน โดยใช้คำว่า Point Load Strength Index แทนคำว่า Conventional Point Load (CPL) ในบทคัดย่อทั้งในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และในบทนำตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ แต่เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบและการอ้างอิงในรายงานฉบับนี้ การทดสอบ Point Load Strength Index จะเรียกว่า การทดสอบ Conventional Point Load (CPL) แทน เพื่อให้สอดคล้องกับการทดสอบ Modified Point Load (MPL) สำหรับการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า Strength ของการทดสอบทั้งสองแบบได้ทำการศึกษาไว้แล้วเช่นกันในงานวิจัยที่กล่าวถึงในข้อชี้แจงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิข้อ 3 (กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2544) จึงไม่ได้นำมาเสนอผลซ้ำอีก

ข้อชี้แจงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิข้อที่ 5

ผู้วิจัยได้ทำการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและรูปร่างของตัวอย่างหินที่เหมาะสมกับค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นแล้ว แต่พบว่าไม่มีขนาดและรูปร่างตัวอย่างหินที่เฉพาะเจาะจงที่สามารถให้ค่าคาดคะเนค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นได้อย่างแม่นยำ ผลการกระจายตัวของค่าที่คาดคะเนได้นั้น คาดว่าเกิดจากการแปรปรวนของคุณสมบัติภายในของแต่ละชนิดหิน



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 456 วันที่ 13 มิถุนายน 2548

เรื่อง รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ตามที่รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ค่าความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546-2547 นั้น บัดนี้ร่างรายงานดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Reader) ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องแล้ว โดยสรุปว่า “เป็นโครงการวิจัยที่ดีมาก” พร้อมทั้งให้ความเห็นอื่นๆ ตามเอกสารแนบท้าย

สถาบันวิจัยและพัฒนาจึงใคร่ขอความร่วมมือในการแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบผลการพิจารณาของ Reader และขอให้จัดส่งร่างรายงานการวิจัยที่ได้ดำเนินการตามข้อเสนอแนะ และ/หรือ ชี้แจงข้อสังเกตของ Reader (ถ้ามี) จำนวน 6 ชุด ให้สถาบันฯ ภายในวันที่ 12 กรกฎาคม 2548 เพื่อนำเสนอคณะกรรมการพิจารณาก่อนการรองและจัดสรรงบประมาณ โครงการวิจัย พิจารณารับรองรายงานต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา พร้อมนี้ได้ส่งคืนร่างรายงานการวิจัยมาด้วยแล้ว ทั้งนี้การแก้ไขปรับปรุงรายงานการวิจัยให้อยู่ในดุลยพินิจของหัวหน้าโครงการวิจัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

รักษาการผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
(โปรดส่งคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาภายใน 23 พฤษภาคม 2548 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง)

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าได้พิจารณาสาระทางวิชาการของร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง "การหาสัมประสิทธิ์ค่าความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน" เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งผลการพิจารณาพร้อมทั้งแนบเอกสาร ดังนี้

1. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 ชุด (โปรดส่งคืนสถาบันฯ ด้วยจักขอบคุณยิ่ง)
2. ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน ...! หน้า (เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการคัดลอกข้อความ ขอความกรุณาพิมพ์ข้อความแทนการเขียนด้วยลายมือด้วย จักขอบคุณยิ่ง)
3. อื่น ๆ (ระบุ) *ใบตรวจวิจัยที่ส่งกลับ*

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงนาม..... *M. Odda*

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ดา วรรณขาว)

วันที่ ๑๓ พฤษภาคม 2548

Tel. 043-362128

fax 043-362128

ladda@kku.ac.th

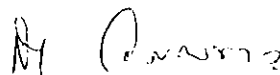
สำหรับเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

1) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติให้ฝ่ายธุรการดำเนินการเบิกจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เป็นเงิน 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน) พร้อมค่าธรรมเนียมในการจัดส่งเงินดังกล่าว (ถ้ามี) (นางพรประภา ช้อนสุข) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ฝ่ายประสานงานการวิจัย / /	2) อนุมัติ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์) รักษาการแทน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา / /
---	---

กสิณ 10 มีค 48

ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
เรื่อง "การหาสัมประสิทธิ์ค่าความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน"
ของ รศ. ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร

1. วัตถุประสงค์ในการวิจัย เป็นแนวทางการประดิษฐ์ และทดลองแบบใหม่นับว่าดีมาก
2. ผู้วิจัยได้ระบุไว้ชัดเจนในความแตกต่างระหว่างการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิมและแบบปรับเปลี่ยน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง failure mode
3. เนื่องจากการทดสอบแบบปรับเปลี่ยนมีความคล้ายคลึงกับการทดสอบแบบกำลังอัดแกนเดียวมาก น่าจะมีการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าของ strength
4. ควรใช้ คำว่า point load strength index สำหรับการทดสอบแบบดั้งเดิม ส่วนการทดสอบแบบปรับเปลี่ยนเป็น modified point load strength และควรเปรียบเทียบค่าของ strength ทั้งสองแบบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร
5. ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน(รูปที่ 5.1) มีการกระจายมากกว่าแบบกดแกนเดียว น่าจะได้อู่ว่าขนาดรูปร่างใดของการทดสอบแบบปรับเปลี่ยนที่ให้ผลใกล้เคียงกับการทดสอบแบบกดแกนเดียว
6. น่าจะส่งเสริมการวิจัยนี้อีกต่อไปเพื่อให้ได้มาตรฐานการทดสอบในอนาคต โดยวิจัยเพิ่มเติมในปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบ การปรับหารูปทรงมาตรฐาน



(รองศาสตราจารย์ ลัดดา วรรณขาว)

ผู้ประเมิน



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 379/68
วันที่ 16 มี.ค. 2548
เวลา 15.30 น.

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศธ 5614(22)/ 90 วันที่ 17 มีนาคม 2548
เรื่อง ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง)

① เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง) ซึ่งได้รับจัดสรร
งบในปีงบประมาณ 2546 - 2547 ของ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร ชื่อโครงการการหา
สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน เพื่อเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 1 ชุด
ตามแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สัทริชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคณบดี

② รับทราบ
เพื่อโปรดพิจารณา
(ผศ. ดร. สัทริชัย แสงอาทิตย์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
17 มี.ค. 2548

③ ศึกษาแล้ว
พร้อม
22 มี.ค. 48.

④ รับเมื่อ 22 มี.ค. 48
[Signature]

สืบ



ศธ 5621/ 334

ฉบับเก็บ / 314 20. 20/10/2548.
ศธ. → รศ.

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

๒๔ เมษายน 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (Reader)

เรียน รองศาสตราจารย์ ลัดดา วรรณขาว

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
- | | |
|--|--------------|
| 1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจรายงานการวิจัย | จำนวน 1 หน้า |
| 2. แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ | จำนวน 1 หน้า |
| 3. แบบเสนอโครงการวิจัย | จำนวน 1 ชุด |
| 4. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ | จำนวน 1 ชุด |

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานะหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการเกี่ยวกับงานวิจัยของคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยเรื่อง " การหาสัมประสิทธิ์ค่าความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน " เป็นอย่างดี (โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการ) จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ (Reader) ทั้งนี้ มหาวิทยาลัยกำหนดอัตราค่าตอบแทนในการพิจารณารายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่องละ 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

ในการนี้ จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดังนี้

1. โปรดส่งแบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจรายงานการวิจัยให้สถาบันฯ ภายในวันที่ 29 เมษายน 2548
2. โปรดแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าวข้างต้น พร้อมส่งเอกสารคืนให้สถาบันฯ ภายในวันที่ 23 พฤษภาคม 2548

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและขอขอบคุณที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธีชัย แสงอาทิตย์)

รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายประสานงานการวิจัย

โทรศัพท์ (044) 224753

โทรสาร (044) 224750

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ (044) 223000 โทรสาร (044) 224070
E-mail : kitkosol@ccs.sut.ac.th

S U R A N A R E E U N I V E R S I T Y O F T E C H N O L O G Y

111 UNIVERSITY AVENUE, SUB DISTRICT SURANAREE, MUANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA 30000, THAILAND Tel. (044) 223000 Fax. (044) 224070

สืบ

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา

ที่ 136/44

วันที่ 121 มี.ค. 2547

เวลา 15.30 น.

หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

โทร. 4223-4223

School /Institute

Tel/Fax.

ที่ ผ.ล. 5614(32)/20

วันที่ 30 สิงหาคม 2546

เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 งวดที่ 1

Subject : Request the payment of research allocation for fiscal year..... Installment no.

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

To : Director of Institute of research and development

ตามที่ข้าพเจ้า

ผ.ล. ดร. กิตติเทพ

เกษียร

สังกัด สำนักวิชา

As I,

a member of Institute of

วิศวกรรมศาสตร์

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปี
was allocated university research funding for fiscal

งบประมาณ พ.ศ. 2547

เพื่อใช้จ่ายใน โครงการวิจัยเรื่อง

การพัฒนาระบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์

year

for the expenditures of project (name)

การพัฒนาระบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น

277,000

บาท

for the amount of

baht,

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547
I request the payment of research allocation monies for the Installment no.

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น

138,500

บาท

for the amount of

baht

ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้
as the following expense estimates:

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย
Temporary Wages Consisting of :

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ ปฏิบัติงาน อัตราร้อยละ 16000 บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96000 บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ อัตราร้อยละ 16000 บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96000 บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราร้อยละ 16000 บาท
Monthly employee at per month

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96000 บาท
for duration of months No. of employees total amount baht

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ 16000 บาท
Daily employee at... per day

ระยะเวลา 6 วัน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96000 บาท
for duration of days No. of employees total amount baht

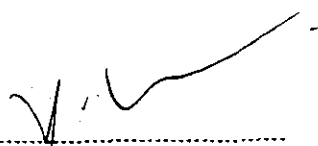
รวม 96000 บาท
Totaling baht

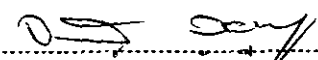
2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย
Compensation, service contracting and nonrenewable materials expenses

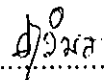
ค่าตอบแทนใช้สอย	เป็นเงิน	22,500	บาท
	total amount		baht
ค่าวัสดุ	เป็นเงิน	20,000	บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
รวม	เป็นเงิน	42,500	บาท
Totaling			baht

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
Your approval is hereby requested.

(
รศ.ดร. กิตติชนก ธีรอรุณศรี
หัวหน้าโครงการวิจัย
Head of project

(
รศ.ดร. สิตชัย เสงี่ยมพงษ์
หัวหน้าสถานวิจัย
Head of research Department
19 / ๗.๗ / 2547

(
รองศาสตราจารย์ ดร.จิรพร ดอประยูร)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
คณบดี
ปฏิบัติกรแทนคณบดี
Dean
20 ส.ค. 2547

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินฯ วงที่.....แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายวงที่ <u>1 / 87</u> ในวงเงิน <u>138,500</u> บาท (<u>หนึ่งแสนสามหมื่นห้าร้อยบาทถ้วน</u>) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก.....  (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา <u>23</u> มิ.ย. 2547	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา <u>26</u> มิ.ย. 2547
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน <u>138,500</u> บาท (<u>หนึ่งแสนสามหมื่นห้าร้อยบาทถ้วน</u>) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี <u>มทส. - โครงการจุดด ประโยชน์</u> เลขที่บัญชี <u>787-2-15672-4</u> ด้วย จักขอบคุณยิ่ง (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา <u>26</u> มิ.ย. 2547	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวท. ขอส่งสำเนารับบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป (นางสาวดารณี ขำแจ้ง) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา <u>26</u> มิ.ย. 2547

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการ)

ชื่อโครงการวิจัย การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัด สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อค้นหาและประดิษฐ์การทดสอบวิธีใหม่ให้มีราคาถูกเร็วและง่ายกว่าวิธีเดิมเพื่อให้ได้มาซึ่งสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุด在三แกนของหิน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวงกว้างสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ 2 ปี

ทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2545

วงเงินที่ได้รับจัดสรรตลอดโครงการ

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 จำนวน 287,000 บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 จำนวน 277,000 บาท

ขออนมิตเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2546 จำนวน 143,500 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 115,760.60 บาท

งวดที่ 2/2546 จำนวน 143.500 บาท ใช้อายุจริง ณ วันที่รายงาน 149,275.25 บาท

งวดที่ 1/2547 จำนวน 138,500 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 123,816.35 บาท

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้ งวดที่ 2/2547 จำนวน 138,500 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่นๆ

- | | |
|---|---------------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน 10 หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2547 | จำนวน 1 หน้า |

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเงินด้วยวิธีการทดสอบจุดคงแบบปรับเปลี่ยน
Name of Project
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of

277,000

บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

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

- ☒ งวดที่ 1 ได้รับเงิน 138,500.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 123,816.35 บาท
Installment No. Total amount received baht Total amount spent baht
- ☐ ค่าอุปกรณ์ 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 (นักศึกษาปริญญาเอก 1 คน)	192,000.00	-	65,000.00	127,000.00	
รวม (Total)	192,000.00	-	65,000.00	127,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ					
ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าเดินทาง ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ไปรษณีย์ ค่าเอกสาร เข้าปก เย็บเล่ม และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000.00	-	48,045.60	3,045.60	
ค่าวัสดุ ค่าหินตัวอย่าง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าฟิล์ม ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD และค่าวัสดุอื่น ๆ	40,000.00	-	10,770.75	29,229.25	
รวม (Total)	85,000.00	-	58,816.35	26,183.65	
ค่าอุปกรณ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	277,000.00	-	123,816.35	153,183.65	ตรวจสอบแล้ว ถูกต้อง

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

30 ก.ค. 2547

ลงชื่อ

K. S.

หัวหน้าโครงการ

14 ก.ค. 2547

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 2/2547

ผลการดำเนินการระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2547 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2547

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

(ภาษาอังกฤษ) Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร

E-mail: kittitep@ccs.sut.ac.th

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ (044) 224443, 224441

โทรสาร (044) 224220, 224431

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อค้นหาและประดิษฐ์การทดสอบวิธีใหม่ให้มีราคาถูกรวดเร็ว และง่ายกว่าวิธีเดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ของหิน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวงกว้างสำหรับหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานรากของอาคารหรือสะพานใหญ่ ๆ และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นวิธีใหม่ที่จะนำเสนอจากผลของงานวิจัยนี้จะต้องพัฒนามาจากเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างกว้างขวาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงจัง

5. แผนการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→							
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง								
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←→	→			←→			
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	←→	→			→			
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน								
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่		←→	→					
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis		←→	→			→		
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ								
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน		←→	→			→		
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน		←→	→			→		
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง								
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น			←→	→			→	
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน			←→	→			→	
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน		↔		↔		↔		↔

6. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2547)					
	13	14	15	16	17	18
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง						
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←————→					
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	————→					
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน						
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่						
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis						→
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ						
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน						→
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน						→
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง						
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น						
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน						
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน						←————→

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2547)					
	13	14	15	16	17	18
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง						
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←————→					
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	←————→					
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน						
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่						
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis						
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ						
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน						→
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน						
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง						
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น						
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน						
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน						←————→

รายละเอียดของกิจกรรมที่ดำเนินการไปแล้วได้อธิบายไว้ในข้อ 8

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 75 (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 6 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบจุดทั้งแบบดั้งเดิมและแบบปรับเปลี่ยน รวมทั้งวิธีการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นแบบต่าง ๆ การทดสอบแรงกดในสามแกน และกลไกการแตกของหินภายใต้จุดกด มากกว่า 40 บทความ ได้ถูกดำเนินการนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุป โดยดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้ว

ขั้นตอนที่ 2 : การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ คัดเลือก และเก็บหินตัวอย่างจากภาคสนามเพื่อนำมาทดสอบ หินตัวอย่างสี่ชนิดได้เลือกมาใช้ในการทดสอบแบบต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการเลือกให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) โดยหินที่เก็บมาประกอบด้วย

- 1) หินอ่อน จากจังหวัดสระบุรี
- 2) หินทราย จากจังหวัดนครราชสีมา
- 3) หินแกรนิต จากจังหวัดตาก
- 4) หินบะซอลต์ จากจังหวัดบุรีรัมย์

หินตัวอย่างทั้งหมดได้ถูกนำมาเจาะ ตัด และฝนให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด ตามมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards ซึ่งได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้ว

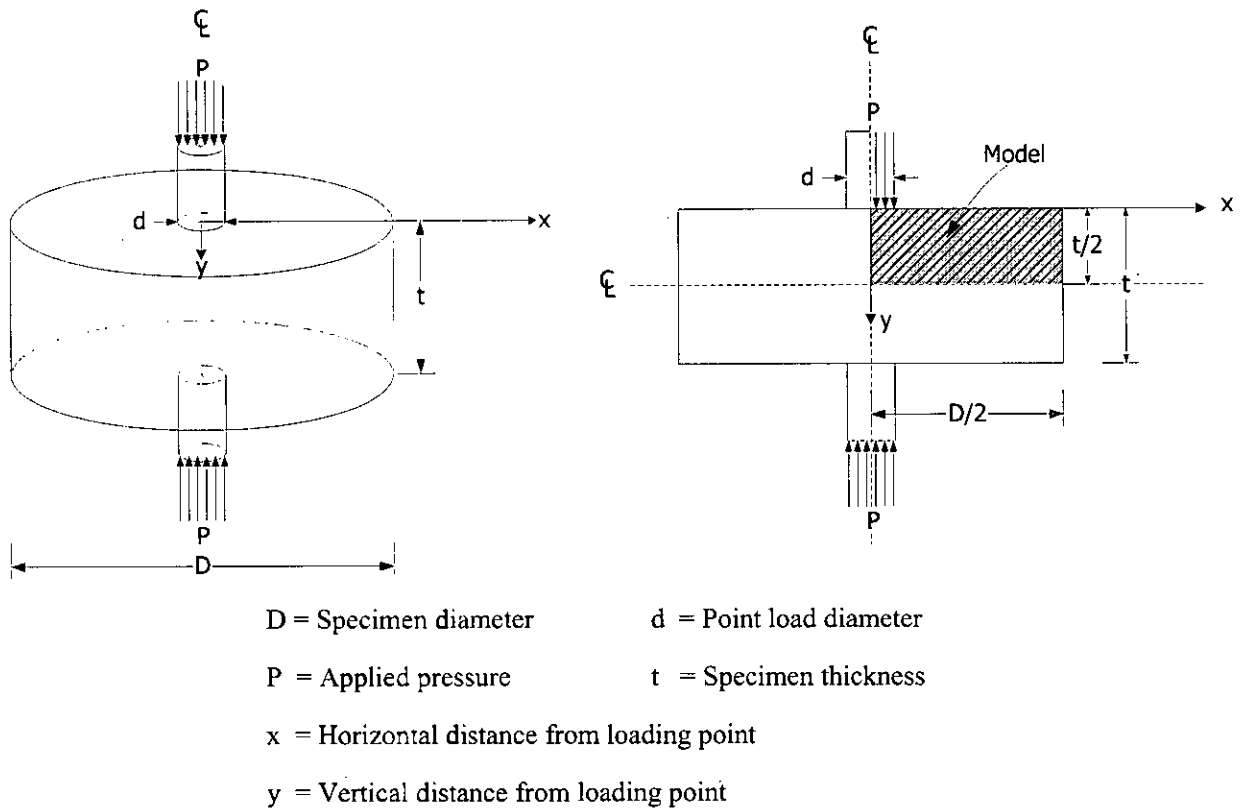
ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาทางด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน

3.1. การตั้งทฤษฎีใหม่โดยใช้ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของหิน

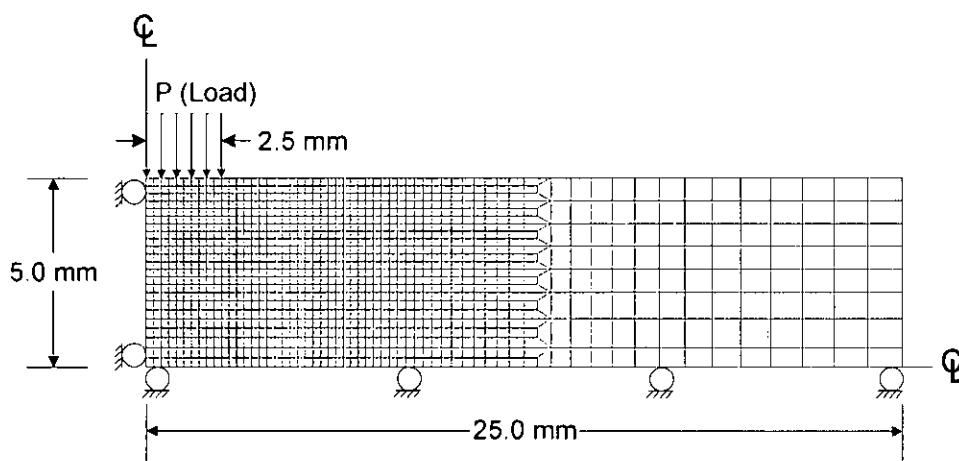
ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาทฤษฎีเบื้องต้น ข้อสมมติฐาน (Assumptions) และข้อจำกัด (Limitations) ของทฤษฎีใหม่และการทดลองแบบใหม่เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุดในสามแกน เช่น ทฤษฎีการแพร่กระจายของความเค้น (Stress Distribution) ของหินที่อยู่ใต้จุดกด (Load Platen) โดยได้ดำเนินการลุล่วงเสร็จสมบูรณ์แล้ว

3.2. การใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ (Numerical Analysis)

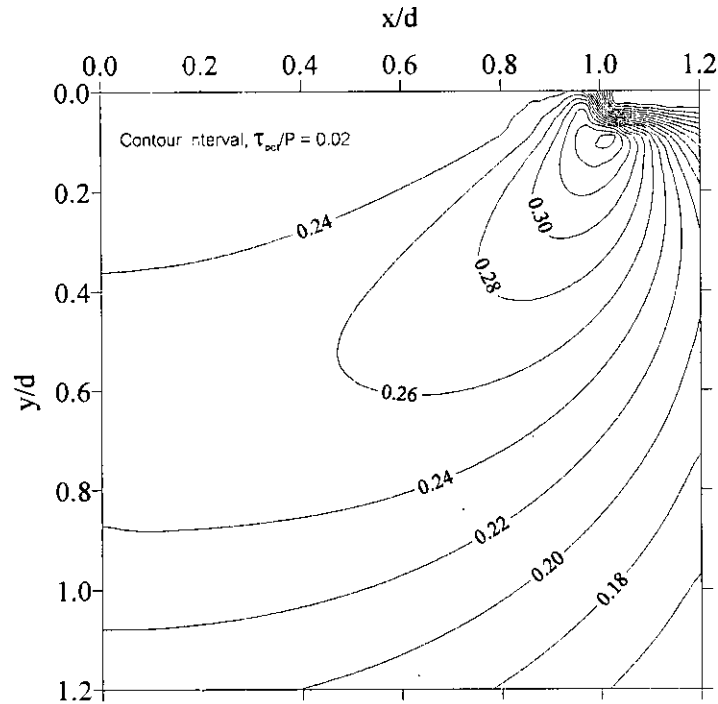
ได้ดำเนินการใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์หรือ Finite Element Analysis เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การกระจายของความเค้น ความเครียด และการวิรูปของหินตัวอย่างที่ทดสอบด้วยจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1 ถึง 3) โดยได้ถูกดำเนินการลุล่วงไปแล้วกว่าร้อยละ 95



รูปที่ 1 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาการกระจายตัวของความเค้นในหินตัวอย่างรูปทรงกระบอกภายใต้จุดกดแบบปรับเปลี่ยน เนื่องจากมีแกนสมมาตรในแนวตั้งและแนวนอน การจำลองจึงทำเพียง $1/4$ ส่วนของหินตัวอย่างทั้งชิ้น



รูปที่ 2 ตัวอย่าง Mesh ที่สร้างขึ้นเพื่อการวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นในหินตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน



รูปที่ 3 ตัวอย่างของผลการกระจายตัวของ normalized octahedral shear stresses (τ_{oct}/P) บริเวณใต้หัวกดแบบปรับเปลี่ยน โดยที่ x และ y แสดงถึงระยะทางจากจุดศูนย์กลางรอยสัมผัสระหว่างหัวกดและหินตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 4 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน และการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL)

4.1. การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วซึ่งการทดสอบทั้งหมดประกอบด้วย การทดสอบสี่ชนิด โดยสรุปรวมดังตารางที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย

4.1.1. การทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength Test)

ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2938-79 โดยทดสอบ 10 ตัวอย่างในแต่ละชนิดหิน

-เสร็จสมบูรณ์แล้ว-

4.1.2. การทดสอบแรงดึงแบบบราซิล (Brazilian Tensile Strength Test)

ได้ดำเนินการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลตามมาตรฐาน ASTM D3967-81 เพื่อหาแรงดึงของหินตัวอย่างทั้งสี่ชนิด โดยกำหนดค่า L/D ratio คงที่เท่ากับ 0.5 เส้นผ่านศูนย์กลางของหินตัวอย่างได้ทำการผันแปรจาก 1 ไปถึง 4 นิ้ว โดยได้ทำการทดสอบหินตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างในแต่ละชนิดหิน

-เสร็จสมบูรณ์แล้ว-

4.1.3. การทดสอบแรงกดในสามแกน (Triaxial Compressive Testing)

ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2664-86 โดยใช้หินตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 54 mm และ $L/D = 2$ หินตัวอย่างจะได้รับความดันล้อมรอบ (σ_3) จากการอัดความดันโดยปั๊มไฮโดรลิกด้วยความดันที่ต่างกันตามลำดับของแต่ละหินตัวอย่าง ซึ่งทำการทดสอบหินตัวอย่างแต่ละขนาดจำนวน 10 ตัวอย่าง

-เสร็จสมบูรณ์แล้ว-

4.1.4. การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหิน โดยแรงกดในแกนเดียว (Elastic Modulus Test in Uniaxial Compression)

ขณะนี้กำลังดำเนินการทดสอบหินทั้งสี่ชนิดในห้องปฏิบัติการด้วยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3148-96 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น

-เสร็จสมบูรณ์แล้ว-

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐานของหินทั้ง 4 ชนิด

Rock Type	Density (g/cc)	Uniaxial Compressive Strength, σ_c (MPa)	Tangential Elastic Modulus, E_t (GPa)	Brazilian Tensile Strength, σ_B (MPa)	Triaxial Compressive Strength	
					ϕ (degrees)	c (MPa)
Phrawihan Sandstone	2.61	87.7 ± 12.8	11.5 ± 1.4	9.2 ± 0.9	41.3°	18.7
Saraburi Marble	2.70	76.4 ± 9.3	25.1 ± 5.1	3.6 ± 0.8	36.0°	13.5
Burirum Basalt	2.80	155.3 ± 42.2	20.8 ± 5.2	16.0 ± 1.5	46.6°	18.3
Tak Granite	2.68	117.3 ± 19.5	25.7 ± 5.5	9.9 ± 1.9	46.5°	18.2

4.2. การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing)

การทดสอบได้ใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความหนาของหินตัวอย่างจาก 1 ถึง 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวกด โดยจะทดสอบที่อัตราส่วนของความหนาหินตัวอย่างและขนาดหัวกด (t/d) ต่างกัน โดยการทดสอบได้ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการยุบตัวด้วย High-precision digital gages โดยกำลังดำเนินการทดสอบ และดัดแปลงปรับปรุงเครื่องมืออย่างต่อเนื่อง ซึ่งลุล่วงไปแล้วกว่าร้อยละ 95

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ทั้งหมดได้ถูกนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูล และตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ ซึ่งดำเนินการลุล่วงไปกว่าร้อยละ 80

ขั้นตอนที่ 6 : การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ได้ดำเนินการตามแผนดำเนินงาน

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่งานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ เป็นต้น

-ยังไม่มีดำเนินการ-

10. คำชี้แจงเกี่ยวกับอุปสรรคหรือปัญหา

การใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ (หัวข้อที่ 3.2) และการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (หัวข้อที่ 4.2) มีอุปสรรคที่ทำให้ล่าช้ากว่าแผนงานอยู่บ้าง คือ มีความซับซ้อนอย่างมากในการออกแบบระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะให้เหมาะสมต่อพฤติกรรมการทดสอบ และต้องมีการดัดแปลงอุปกรณ์ทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนเพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการทดสอบตัวอย่างหิน ทั้งนี้จึงส่งผลให้แผนการดำเนินงานในข้อ 3.2 และ 4.2 เป็นไปอย่างล่าช้ากว่าแผนดำเนินงานอยู่เล็กน้อยตามลำดับ

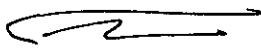
11. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2547)					
	19	20	21	22	23	24
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง - การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง - การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ						
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน 3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่ 3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis						
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ 4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน 4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน						
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง 5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยึดหยุ่น 5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน						
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน						

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ในข้อ 8 และตามแผนงานข้างบน ซึ่งคาดว่ากิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

-ไม่มี-

K. 

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องจกร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

14 กรกฎาคม 2547



ต้นฉบับ

สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่ 9/2546 ลงวันที่ 5 พฤศจิกายน 2545

สัญญานี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 22 เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดย ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบอำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 12/2546 ลงวันที่ 13 พฤศจิกายน 2546 และ ที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่ายหนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงแก้ไขเพิ่มเติมสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 9/2546 ลงวันที่ 5 พฤศจิกายน 2545 มีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงขยายเวลาและให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพิ่มเติม สำหรับโครงการวิจัย เรื่อง “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน ” ตามเอกสาร หมายเลข 1 ออกไปอีก มีกำหนดระยะเวลาประมาณ 15 เดือน นับตั้งแต่วันที่ 4 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 ถึง วันที่ 31 เดือน มกราคม พ.ศ. 2548 เป็นจำนวนเงิน 277,000 บาท (สองแสนเจ็ดหมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตามรายละเอียดดังนี้

งวดที่ 1/2547 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 138,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นแปดพันห้าร้อยบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

งวดที่ 2/2547 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 138,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นแปดพันห้าร้อยบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1/2547 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. ผู้รับทุนจะนำส่งผลงานเพิ่มเติม ดังนี้

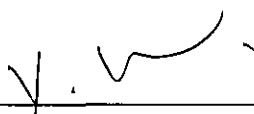
- (1) รายงานความก้าวหน้าของการวิจัยตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราวๆ ไป
- (2) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมรายการเงินงวดที่ 2/2547 เดือนมกราคม พ.ศ. 2548

ข้อ 3. เงื่อนไขอื่นๆ ซึ่งไม่ได้กำหนดไว้ในสัญญาฯ ให้เป็นไปตามเดิมทุกประการ

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน
(ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

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

(ลงชื่อ)  พยาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)  พยาน
(นางพรประภา ช้อนสุข)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบเสนอโครงการวิจัย

ประกอบการของบประมาณเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547

(โครงการต่อเนื่องระยะเวลา 2 ปีนี้เป็นปีที่ 2 รหัสโครงการวิจัย 05011292-0001)

ทิศทางของการวิจัย ทิศทางที่ 1 การวิจัยที่นำประเทศไปสู่การพึ่งพาตนเอง

แผนวิจัย แผน 5 แผนวิจัยสร้างเทคโนโลยีหรือวิธีการใช้เทคโนโลยีในประเทศ

สถานภาพของข้อเสนอการวิจัย

- ☐ เป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย
- ☒ เป็นโครงการวิจัยอิสระ

ลักษณะข้อเสนอการวิจัย สอดคล้องกับนโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545-2549)

- ☐ ส่วนที่ 1 ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศ (34 ชุดโครงการ)
- ☐ ระบุชื่อชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ
- ☒ ส่วนที่ 2 การวิจัยประยุกต์ (7 หลักเกณฑ์)
- ☐ ส่วนที่ 3 การวิจัยพื้นฐาน (4 หลักเกณฑ์)

ส่วน ก : สารสำคัญของโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

(ภาษาไทย) การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

(ภาษาอังกฤษ) Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing

2. หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานวิจัยและที่อยู่ พร้อมทั้งชื่อหน่วยงานและลักษณะของการร่วมงานวิจัยกับหน่วยงานอื่น (ถ้ามี)

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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

โทรศัพท์ 044-224443 โทรสาร 044-224165, 224220 E-mail : kittitip@ccs.sut.ac.th

3. คณะผู้วิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)

หัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร (100%)

Assoc. Prof. Dr. Kittitip Fuenkajorn

ผู้ร่วมวิจัย - ไม่มี -

4. ประเภทของงานวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)

5. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

วิศวกรรมธรณี วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมปิโตรเลียม

6. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษของโครงการวิจัย

Rock	Elasticity	Mechanics	Strength
หิน	ความยืดหยุ่น	กลศาสตร์	ความแข็งแรง
Stress	Strain	Failure	Deformation
ความเค้น	ความเครียด	การแตก	การวิรูป

7. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย และการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (reviewed literature)

ในการก่อสร้างหรือโครงการทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมโยธาที่เกี่ยวข้องกับงานด้านฐานรากในชั้นหิน ข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมทางด้านกลศาสตร์ของหินที่นำมาใช้หรือที่เกี่ยวข้องจะมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นองค์ประกอบขั้นพื้นฐานที่วิศวกรของบริษัทจะนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างนั้น ๆ เช่น อุโมงค์ เขื่อน ตัดถนน คลองชลประทาน และฐานรากของสะพานหรืออาคารใหญ่ ๆ ที่ก่อสร้างในชั้นหิน

ค่าใช้จ่ายที่จะต้องทุ่มเทไปเพื่อให้ได้ข้อมูลเหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูงมาก โดยค่าใช้จ่ายด้านคุณสมบัติของหินจะมีราคาประมาณ 3-7% ของงบประมาณทั้งหมดของโครงการ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะรวมไปถึงการขุดเจาะแบบ Coring เพื่อให้ได้มาซึ่งหินตัวอย่างที่มีรูปแท่งทรงกระบอกตามข้อกำหนด (Specifications) การเตรียมหินตัวอย่างในห้องทดลอง (Cutting and Grinding) และการทดลองด้วยเครื่องมือที่มีราคาแพง รูปแบบของการทดลองหลัก ๆ ก็คือการทดสอบแรงกดแบบแกนเดียวและสามแกน (Uniaxial และ Triaxial Compression Test) และการทดสอบแรงดึง (Brazilian Tensile Strength Test) การทดลองเช่นนี้ก็เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ทางด้านความต้านทานแรงกดในแกนเดียวและสามแกน ความต้านทานแรงดึง และความยืดหยุ่นของหิน (Elastic Modulus)

ดังนั้น การลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบนี้จึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยที่กำลังอยู่ในสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ และในขณะเดียวกันยังต้องดำเนินโครงการใหญ่ ๆ ทางด้านวิศวกรรมธรณีเพื่อให้เกิดการพัฒนาประเทศเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

การใช้วิธีทดสอบแบบจุด (Point Load Testing) เป็นการทดลองโดยใช้แรงกดแบบจุดสองข้างของหินตัวอย่าง ซึ่งการทดสอบแบบนี้จะสามารถทำได้ในภาคสนาม เพราะเป็นเครื่องมือขนาดเล็กและง่ายต่อการทดสอบ อีกประการหนึ่งคือการทดสอบแบบนี้เสนอแนะจะสามารถทำได้ไม่ว่าหินตัวอย่างจะมีรูปแบบอย่างไรก็ตาม นั่นคือไม่จำเป็นต้องกำหนดรูปร่างหินตัวอย่างให้เป็น Fixed Geometry การทดสอบแบบนี้เสนอแนะรูปร่างหินตัวอย่างสามารถเป็นลักษณะ Irregular Shape ได้ จึงทำให้การทดสอบแบบนี้มีราคาถูก แต่ผลการทดสอบจะไม่แน่นอน และไม่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างได้โดยตรง ผลที่ได้จะเป็นแค่ดัชนีเท่านั้น (Point Load Index) ได้มีคณะผู้วิจัยหลายกลุ่มในต่างประเทศ เช่น Broch and Franklin (1972), Brook (1993), Reichmuth (1968) Turk and Dearman (1986) and Miller (1965) ได้พยายามกำหนดความสัมพันธ์

ระหว่างดัชนีจุดกดแบบ Point Load Index กับค่าความสามารถในการต้านแรงกด 1 ทิศทาง (Uniaxial Compression Strength) ของหิน แต่ความสัมพันธ์นี้มีความไม่แน่นอนและมีความเบี่ยงเบนรวมทั้งความผิดพลาดของค่า Strength มาก ดังนั้น ดัชนี (Index) นี้ จึงยังไม่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบได้โดยตรงและมั่นใจ

การทดสอบ Point Load Testing เพื่อหาดัชนี (Index) ของหิน ได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องเกือบ 30 ปี เริ่มต้นจาก Broch and Franklin (1972), Brook (1985), Brook (1993) จนมาถึงการตั้งการทดสอบที่เป็นมาตรฐานอย่างในอเมริกาตาม ASTM D5731 ในปี 1995 ความสัมพันธ์ระหว่าง Point Load Index กับความต้านแรงกด (Compressive Strength) ได้ถูกตั้งขึ้นโดยผู้วิจัยข้างต้นนี้ อาศัยเพียงข้อมูลทางสถิติของการทดสอบหินหลายชนิดเท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยโครงการนี้มีความขัดแย้งว่า ในการทดลองโดยใช้การทดสอบแบบจุดกดจะเกิด Compressive Shear Zone ขึ้นบริเวณใต้หัวกด ซึ่งหินในบริเวณนี้จะแตกในลักษณะแรงกดสองหรือสามแกน (Biaxial or Triaxial Compressive Strength) ดังนั้นควรมีความสัมพันธ์กับแรงกดสองหรือสามแกนมากกว่าการแตกภายใต้แรงกดแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength) และในขณะเดียวกันในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหินตัวอย่างจะมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินอีกด้วย

กิตติเทพ เฟื่องขจร (2544) ได้เสนอการทดสอบแบบใหม่เรียกว่า การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing หรือเรียกย่อ ๆ ว่า MPL) เพื่อนำผลที่ได้มาคาดคะเนความต้านแรงกดและความต้านแรงดึงสูงสุดของหิน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สรุปว่า ผลที่ได้จากการทดสอบแบบ MPL สามารถนำมาคาดคะเนแรงกดสูงสุดและแรงดึงสูงสุดของหินได้ดีและแม่นยำกว่าการทดสอบแบบ Point Load Index Test แบบดั้งเดิม

ในปัจจุบัน ยังไม่มีการวิจัยของประเทศหรือผู้วิจัยท่านใดที่ได้พยายามค้นหาเบื้องหลังทางด้านกลศาสตร์ที่จะเข้าใจถึงการแตกของหินภายใต้จุดกด และยังไม่ผู้ใดที่จะพยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของจุดกดกับความยืดหยุ่นของหินและแรงกดสูงสุดในสามแกน

จากความพยายามที่จะลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบคุณสมบัติของหินเพื่อช่วยเศรษฐกิจของประเทศ ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะพัฒนาทฤษฎีใหม่เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติของหินที่ถูกต้องและครบถ้วน โดยการนำวิธีการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing) ที่ได้มีการดัดแปลงรูปร่างหน้าตัดของจุดกดมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายกลไกการเปลี่ยนรูปและการแตกของหิน และเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุดในสามแกนของหิน

8. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อค้นหาและประดิษฐ์การทดสอบวิธีใหม่ให้มีราคาถูก รวดเร็ว และง่ายกว่าวิธีเดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ของหิน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวงกว้าง สำหรับหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานรากของอาคาร หรือสะพานใหญ่ ๆ และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นวิธีใหม่ที่จะนำเสนอจากผลของงานวิจัยนี้จะต้องพัฒนามาจากเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างกว้างขวาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ได้ อย่างจริงจัง

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์โดยตรงที่จะได้รับจากผลการวิจัยที่เสนอนี้จะมีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และทางด้านวิชาการ

ทางด้านเศรษฐกิจ

ลดค่าใช้จ่ายทางการทดสอบคุณสมบัติของหิน การทดสอบโดยใช้วิธีใหม่และทฤษฎีใหม่จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 80-90% กล่าวคือ การทดสอบโดยวิธีเดิม เช่น Uniaxial Compression Test และ Triaxial Strength Test จะต้องมีการขุดเจาะเอาหินตัวอย่างที่เป็น core (ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก) และมีการเตรียมหินตัวอย่างเพื่อให้มีรูปร่างตามข้อกำหนดมาตรฐาน (ASTM specifications) การทดสอบทั้งสองชนิดข้างต้นจะมีราคาแพงมากและใช้เวลานาน เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการทดลองก็จะมีราคาสูงมาก (ในเมืองไทยมีเพียง 3 สถาบันเท่านั้นที่มีเครื่องมือที่สามารถทำการทดสอบหินเช่นนี้ได้อย่างสมบูรณ์แบบ คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Asian Institute of Technology และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รังสิต) ดังนั้น ค่าใช้จ่ายต่อ 1 หินตัวอย่างจะมีราคาอยู่ในระดับ 1,000-5,000 บาท (รวมค่าขุดเจาะ ขนส่ง เตรียม และเครื่อง) ขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณข้อมูลที่ต้องการ

ด้วยวิธีใหม่และใช้ทฤษฎีใหม่หินตัวอย่างจะมีขนาดเล็ก (เป็นรูปแผ่นกลม) มีวิธีการจัดเตรียมที่ง่ายขึ้นและใช้เครื่องมือที่มีราคาถูกและมีใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปในหน่วยงานต่าง ๆ จำนวนของหินตัวอย่างที่นำมาทดสอบด้วยวิธีใหม่นี้ก็สามารถเพิ่มจำนวนมากขึ้นได้เพราะค่าใช้จ่ายในการทดสอบจะต่ำมาก ค่าใช้จ่ายต่อ 1 หินตัวอย่างก็จะมีราคาต่ำคือจะมีราคาน้อยกว่า 100 บาทต่อ 1 หินตัวอย่าง

ทางด้านวิชาการ

เนื่องจากราคาค่าทดสอบหินในห้องทดลองจะลดลงมากด้วยงบประมาณที่เท่ากัน จำนวนหินตัวอย่างที่จะทดสอบได้ก็จะมากขึ้น การทดสอบหินในหลาย ๆ จุดในพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมโยธา จะทำให้ได้ข้อมูลทางด้านคุณสมบัติของหินมากขึ้น ละเอียดขึ้น และแม่นยำขึ้น ข้อดีเช่นนี้จะทำให้การออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ (ไม่ว่าจะเป็นอุโมงค์ เขื่อน สะพาน อาคาร หรือการตัดถนน) มีความถูกต้องและง่ายต่อการคำนวณเรื่องระดับของความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor of Safety) และในที่สุดก็จะลดการสูญเสีย (พังทลายของโครงสร้างต่าง ๆ) ที่อาจจะเกิดจากการออกแบบโดยใช้ข้อมูลของคุณสมบัติของหินที่ไม่เพียงพอ

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอนี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมไปถึงสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธา

หน่วยงานในภาครัฐจะประกอบด้วยหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เขื่อนแร่บนดินและใต้ดิน ถนน ทางรถไฟ การสำรวจและผลิตน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ สะพานขนาดใหญ่และตึกขนาดใหญ่ที่มีฐานรากอยู่ในหิน หน่วยงานเหล่านี้ คือ กรมทรัพยากรธรณี

กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การปิโตรเลียม กรมทางหลวง กรมโยธาธิการ และการรถไฟแห่งประเทศไทย เป็นต้น

เช่นเดียวกันหน่วยงานในภาคเอกชนจะประกอบด้วย บริษัทที่ประกอบการทางด้านการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น บริษัทที่ปรึกษา บริษัทผู้รับเหมา บริษัทผู้ออกแบบและบริษัทที่ให้บริการการทดสอบคุณสมบัติของหิน

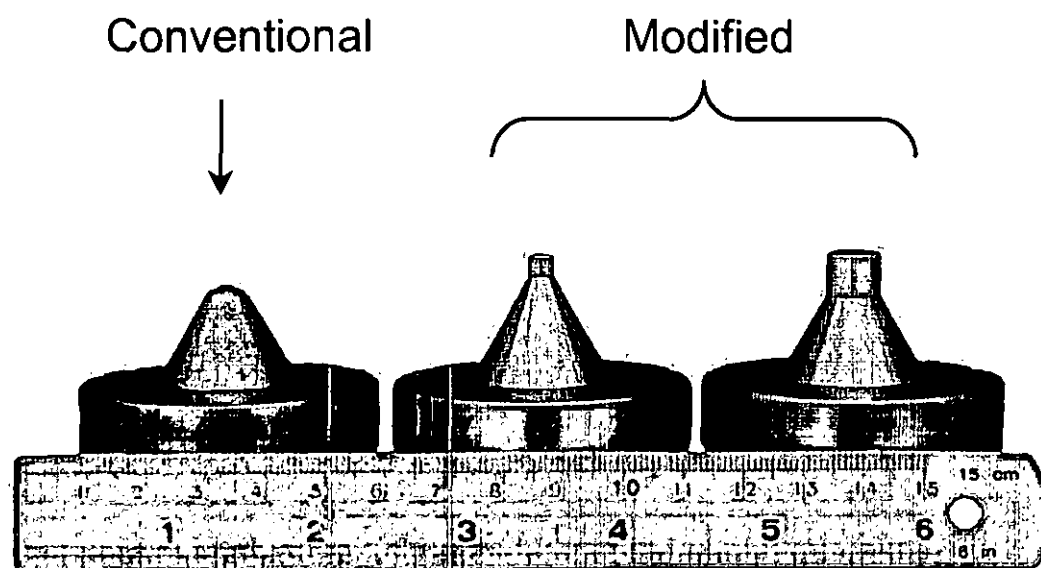
ส่วนสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธาจะสามารถนำข้อเสนอทางด้านทฤษฎีใหม่ไปใช้โดยตรง ไปทำการศึกษาต่อ หรือไปทำการปรับปรุงเพื่อให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากขึ้น หรือเพื่อนำไปประยุกต์ให้มีข้อจำกัดของทฤษฎีน้อยลง การปรับปรุงทฤษฎีนี้จะสามารถทำได้ในระดับการศึกษาชั้นสูง เช่น บัณฑิตศึกษา เป็นต้น

10. ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด

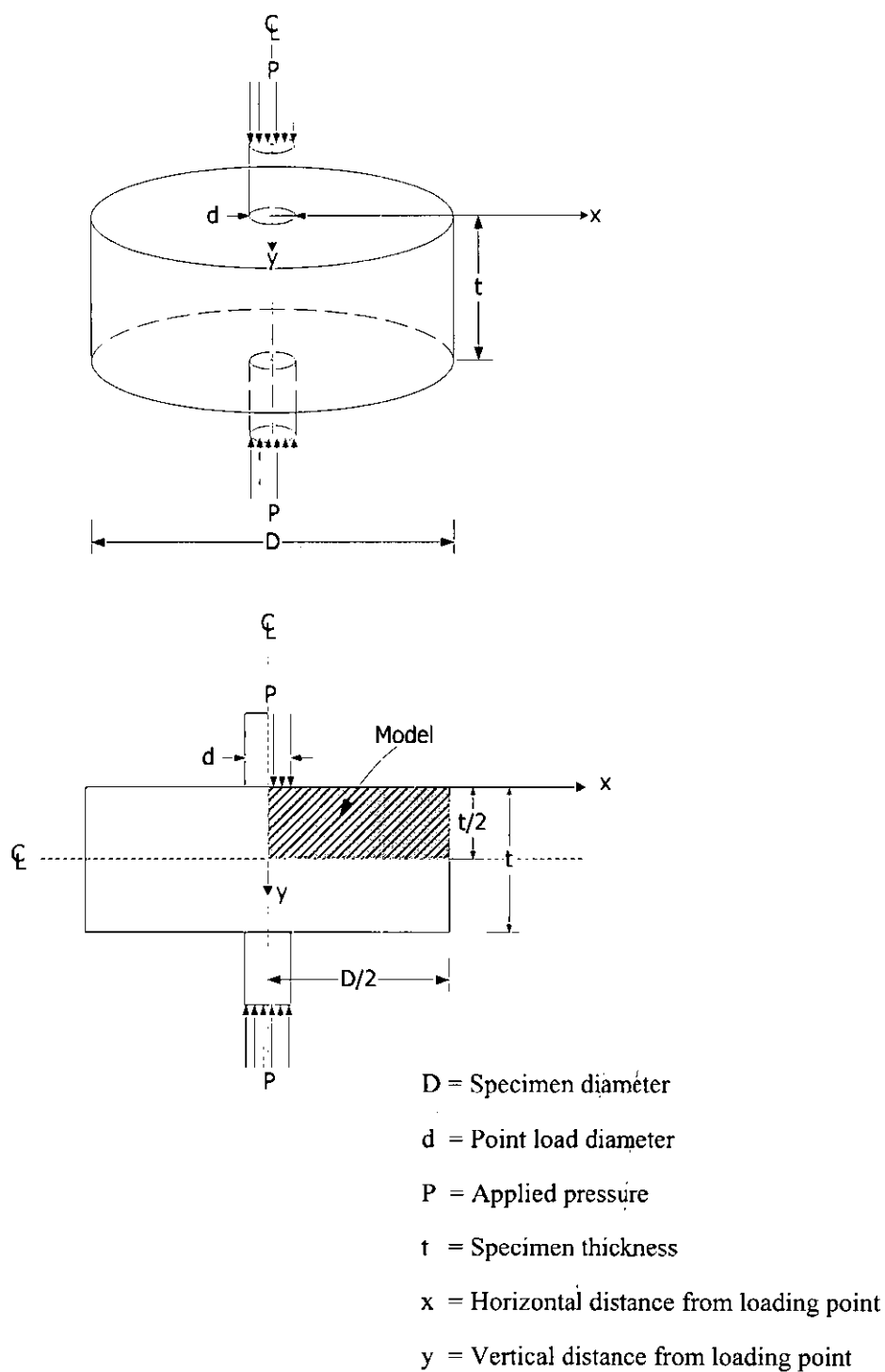
การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL) ดังแสดงให้เป็นในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ที่ได้ถูกพัฒนาและพิสูจน์แล้วว่าหวักดแบบปรับเปลี่ยนจากหวัมนโค้งมาเป็นหวัตดเรียบ จนสามารถคำนวณค่าความต้านแรงกด (Compressive Strength) ที่แม่นยำกว่าการประมาณค่าจากการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิม (CPL) อีกทั้งการทดสอบแบบ MPL สามารถคำนวณค่าความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ของหิน ซึ่งการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิม (CPL) ไม่สามารถทำได้

ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะพัฒนาทฤษฎีต่อจากเดิมเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติของหินที่ถูกต้องและครบถ้วน การทดสอบที่ใช้หวักดแบบดัดเรียบจะนำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายกลไกการเปลี่ยนรูปและการแตกของหินภายใต้ความดัน โดยจะสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และค่าแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิม (Uniaxial Compression และ Triaxial Compression) เพื่อหาค่าเหล่านี้จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงมาก แต่การทดสอบแบบใหม่ที่จะมีการพัฒนานี้มีราคาถูก และสามารถนำไปปฏิบัติในภาคสนามได้อย่างรวดเร็ว และทำให้บริษัทที่ปรึกษา บริษัทสำรวจ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถลดต้นทุน และลดการใช้พลังงานในการทดสอบคุณสมบัติของหินที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและวิเคราะห์ได้

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการทดสอบแบบใหม่นี้จะสอดคล้องกับทฤษฎีใหม่ที่สร้างขึ้น และสามารถนำหวักดแบบปรับเปลี่ยนไปประยุกต์ใช้กับเครื่องทดสอบแบบเก่าที่มีอยู่และใช้อยู่ทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและการขนส่งตัวอย่าง ซึ่งการประหยัดพลังงานนี้จะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง เวลา และรวมไปถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ด้วย นอกจากนี้จะเป็นการแก้ปัญหาพื้นฐานหลักที่ทุกหน่วยงานหรือบริษัทที่ทำงานด้านภาคสนามเหล่านี้ประสบเหมือนกัน ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงสามารถขยายผลไปสู่หน่วยงานหรือบริษัทต่าง ๆ ที่มีปัญหาในลักษณะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการแก้ปัญหานี้จะสามารถแก้ปัญหาได้ทั้งในระดับชาติ และในระดับนานาชาติ



รูปที่ 1 ห่วงดแบบดั้งเดิม (Conventional) และห่วงดแบบปรับเปลี่ยน (Modified) ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่นและความต้านแรงกดในสามแกน



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงลักษณะของตัวอย่างหินภายใต้การทดสอบแบบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน การวิเคราะห์เบื้องต้น
 นี้จะมีการกดตัวอย่างหินตามแนวแกนโดยหินจะมีรูปทรงกระบอก (หรือแผ่นกลม) โดยมีขนาดและอัตรา
 ส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ต่อความหนา (t) ที่ต่าง ๆ กัน

11. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กิตติเทพ เพ็ญขจร (2544), การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา

ASTM D2664-80, Standard test method for triaxial compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D2938-79, Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D3148-96, Standard test method for elastic modulus of intact rock core specimens in uniaxial compression. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D3967-81, Standard test method for splitting tensile strength of intact rock core specimens. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D5731-95, Standard test method for determination of the point load strength index of rock, *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Bieniawski, Z.T., 1974. Estimating the strength of rock materials. *J. Inst. Min. Metall.*, 7: 123-137.

Bieniawski, Z.T., 1975. The point-load test in geotechnical practice. *Engng. Geol.*, 9: 1-11.

Broch E. and Franklin J.A., 1972. The point-load test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 9, 669-697.

Brook N., 1977. The use of irregular specimens for rock strength tests. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 14, 193-202.

Brook N., 1979. Estimating the triaxial strength of rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 16, 261-264.

Brook N., 1985. The Equivalent core diameter method of size and shape correction in point load testing. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 22, 61-70.

Brook, N., 1993. The measurement and estimation of basic rock strength. *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Pergamon Press, Oxford, pp. 41-66.

- Brown E.T., 1981. *Rock Characterization Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods*. International Society for Rock Mechanics, Pergamon Press, 211 pp.
- Butenuth, C., 1997. Comparison of tensile strength values of rocks determined by point load and direct tension tests. *Rock Mech. Rock Engng.* 30: 65-72.
- Carter B.J., Scott Duncan E.J. and Laitai E.Z., 1991. Fitting strength criteria to intact rock. *Geotech. Geol. Eng.* 9, 73-81.
- Chau, K.T. and Wong, R.H.C., 1996. Uniaxial compressive strength and point load strength of rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 33: 183-188.
- Costin, L.S., 1987. Time-dependent deformation and failure. In: B.K. Atkinson (Editor), *Fracture Mechanics of Rock*. Academic press, London, 534 pp.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966. Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock. U.S. Air Force Weapons Lab. Rep., AFWL-TR-65-116.
- Desai, C.S. and Siriwardane, H.J., 1984. *Constitutive Laws for Engineering Materials with Emphasis on Geologic Materials*. Prentice-Hall, New Jersey, N.J., 468 pp.
- Evans, I., 1961. The tensile strength of coal. *Colliery Eng.*, 38: 428-434.
- Forster, I.R., 1983. The influence of core sample geometry on the axial point load test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 7 Geomech. Abstr.*, 20: 291-295.
- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 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 Daemen, J.J.K., 1991b. Borehole stability in Densely Welded Tuffs. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Rep., NUREG/CR 5687.
- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1991c. An empirical strength criterion for heterogeneous welded tuff. ASME Applied Mechanics and Biomechanics Summer Conference, June 16-19, Ohio University, Columbus.
- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1991a. Mechanical Characterization of the Densely Welded Apache Leap Tuff. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Rep., NUREG/CR 5688.

- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1992. An empirical strength criterion for heterogeneous tuff. *Engineering Geology: An International Journal*, Elsevier Science Publishing Co., 32, 209-223.
- Fuenkajorn, K. and Serata, S. 1993. Numerical simulation of strain-softening and dilation of rock 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.
- Ghosh, A., Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1995. Tensile strength of welded Apache Leap tuff: investigation for scale effects. *Proc. 35th U.S. Rock Mech. Symposium*, University of Nevada, Reno, June 5-7, pp. 459-646.
- Goodman, R.E., 1989. *Introduction to Rock Mechanics*, 2nd edn., Wiley, New York, 562 pp.
- Hiramatsu, Y. and Oka, Y., 1966. Determination of the tensile strength of rock by a compression test of an irregular test piece. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 3: 89-99.
- Hoek, E., 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion- Technical note. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 27, 227-229.
- Hoek, E., and Brown, E.T., 1980. Empirical strength criterion for rock masses. *J. Geotech. Eng. Div.*, 106 (GT9): 1013-1035.
- Horii, H., and Nemat-Nasser, S., 1985. Compression-induced microcrack growth in brittle solids: axial splitting and shear failure. *J. Geophys. Res.*, 90: 3105-3125.
- Hudson, J.A., Brown, E.T. and Fairhurst, C., 1971. Shape of the complete stress-strain curve for rock. *Proc. 13th U.S. Sym. Rock Mechanics*, pp. 773-795.
- Jaeger, J.C. and Cook, N.G.W., 1979. *Fundamentals of Rock Mechanics*, Chapman and Hall, London, 593 pp.
- Kaczynski, R.R., 1986. Scale effect during compressive strength of rocks. *Proc. 5th Int. Assoc. Eng. Geol. Congr.*, pp. 371-373.
- Lundborg, N., 1967. The strength-size relation of granite. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 4: 269-272.
- Miller, R.P., 1965. Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock. Ph.D. Dissertation., Univ. Of Illinois, Urbana, Ill., 92 pp.
- Nimick, F.B., 1988. Empirical relationships between porosity and the mechanical properties of tuff. *Key Questions in Rock Mechanics*, Balkema, Rotterdam, pp. 741-742.

- Reichmuth D.R., 1968. Point-load testing of brittle materials to determine tensile strength and relative brittleness. *Proc. 9th U.S. Symp. Rock Mech.*, University of Colorado, pp. 134-159.
- Sammis, C.G. and Ashby, M.F., 1986. The failure of brittle porous solid under compressive stress states. *Acta Metall.*, 34: 511-526.
- Sendeckyj, G.P., 1972. A brief survey of empirical multiaxial strength criteria for composites. *Proc. 2nd Conf. Composite Materials: Testing and Design*, ASTM STP 497: 41-51.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992a. Finite element program 'GEO' for modeling brittle-ductile deterioration of aging earth structures. SMRI Paper, Presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, October 19-22, Houston, Texas, 24 pp.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992b. Formulation of a constitutive equation for salt. *Proc. Seventh International Symposium on Salt*, April 6-9, Kyoto, Japan, published by Elsevier Science publishers, B.V., Amsterdam, Vol. 1, pp. 483-488.
- Sheorey, P.R., Biswas, A.K. and Choubey, V.D., 1989. An empirical failure criterion for rocks and jointed rock masses. *Eng. Geol.* 26: 141-159.
- Taliercio, A. and Sacchi Landrianni, G., 1988. Failure criterion for layered rock. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.*, 25: 299-305.
- Turk, N. And Dearman, W.R., 1986. A correction equation on the influence of length-to-diameter ratio on the uniaxial compressive strength of rocks. *Eng. Geol.*, 22: 293-300.
- Wei, X.X., Chau, K.T. and Wong, R.H.C., 1999. Analytic solution for axial point load strength test on solid circular cylinders. *J. Engng. Mech.*, December, pp. 1349-1357.
- 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.
- Wijk, G., 1978. Some new theoretical aspects of indirect measurements of the tensile strength of rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 15: 149-160.
- Wijk, G., 1980. The point load test for the tensile strength of rock. *Geotech. Test.*, ASTM 3: 49-54.

12. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยจะแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนได้แสดงดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบจุดทั้งแบบดั้งเดิมและแบบปรับเปลี่ยน รวมทั้งวิธีการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นแบบต่าง ๆ การทดสอบแรงกดในสามแกน และกลไกการแตกของหินภายใต้จุดกด จะนำมาศึกษาและค้นหาข้อสรุปเพื่อที่จะได้รู้ว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่องานวิจัยที่นำมาเสนอ โดยชื่อของสิ่งตีพิมพ์เหล่านี้จะนำมาแสดงอย่างละเอียดในรายงานขั้นสุดท้าย ซึ่งจะเขียนในรูปแบบของ Bibliography

ขั้นตอนที่ 2 : การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะดำเนินการสำรวจพื้นที่ คัดเลือก และเก็บหินตัวอย่างจากภาคสนามเพื่อนำมาทดสอบ หินตัวอย่างสี่ชนิดจะถูกเลือกมาใช้ในการทดสอบแบบต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) หินที่จะเก็บมาเป็นตัวอย่างควรประกอบด้วย 1) หินอ่อนหรือหินปูน 2) หินทราย 3) หินแปร และ 4) หินอัคนี หินตัวอย่างจะถูกนำมาเจาะ ตัด และฝนให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด การจัดเตรียมหินตัวอย่างจะอาศัยมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards หินตัวอย่างที่เตรียมได้เหล่านี้จะนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาทางด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน

การศึกษาทางด้านทฤษฎีจะแบ่งเป็นสองแนวทาง คือ

3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่โดยใช้ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของหิน

ก่อนที่จะตั้งข้อสมมติฐานสำหรับทฤษฎีใหม่และการทดลองแบบใหม่เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงในสามแกนโดยวิธีการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน ผู้วิจัยจะศึกษาและพัฒนาทฤษฎีเบื้องต้น ข้อสมมติฐาน (Assumptions) และข้อจำกัด (Limitations) ของทฤษฎีที่ได้เสนอมมาแล้ว ตัวอย่างเช่น ทฤษฎีการแพร่กระจายของความเค้น (Stress Distribution) ของหินที่อยู่ใต้จุดกด (Load Platen) ความรู้เหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการสร้างทฤษฎีใหม่สำหรับ MPL และจะสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของจุดกดกับความยืดหยุ่นของหิน และแรงกดสูงในสามแกน ความสัมพันธ์เหล่านี้จะนำมาเกี่ยวข้องกับขนาดของหินตัวอย่าง หรืออีกนัยหนึ่งจะเกี่ยวข้องกับระยะห่างระหว่างจุดกดด้านบนและด้านล่างของหินตัวอย่าง

3.2 การใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ (Numerical Analysis)

จะใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์หรือ Finite Element Analysis (Desai and Siriwardane, 1984) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การกระจายของความเค้น ความเครียดและการวิรูปของหินตัวอย่างที่ทดสอบด้วยจุดกดแบบปรับเปลี่ยน การทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมพิวเตอร์จะช่วยให้เข้าใจได้ว่าผลกระทบของขนาดของหินตัวอย่าง ผลกระทบของขนาดความต้านแรงใต้จุดกด และผลกระทบของความเสียดทานระหว่างหัวกดและหินตัวอย่างนั้นมีผลอย่างไร ต่อการยุบตัวของหินตัวอย่างภายใต้การทดสอบจุดกด

แบบปรับเปลี่ยน และสามารถบอกได้ว่าทฤษฎีที่ได้พัฒนามานั้นมีข้อจำกัดและข้อสมมุติฐานอย่างไรบ้าง ดังนั้น ในการศึกษาแนวทางที่สองนี้จะแบ่งการศึกษาเป็นส่วนต่าง ๆ คือ

- 1) การศึกษาหาผลกระทบของขนาดและรูปร่างของหินตัวอย่าง
- 2) การศึกษาหาผลกระทบของ Poisson's ratio
- 3) การศึกษาหาผลกระทบของความเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างหัวกดแบบปรับเปลี่ยนกับหินตัวอย่าง

ในการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จะใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมชื่อ GEO ซึ่งพัฒนาโดย Fuenkajorn and Serata (1993) และ Serata and Fuenkajorn (1992) และโปรแกรม FEM2D (Desai and Siriwardane, 1984) มาใช้ โดยแผนภูมิการแพร่กระจายของความเค้นจะนำมาเสนอในรูปของแผนภูมิความสัมพันธ์ที่ได้จากการคำนวณผลจากหินตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันและมีระยะทางระหว่างจุดกดต่างกัน ซึ่งจะนำมาหาความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินและแรงกดสูงสุดในสามแกน

ขั้นตอนที่ 4 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วยการทดสอบหลายชุด และจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน และการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL)

4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วยการทดสอบสี่ชนิด คือ

4.1.1) การทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength Test)

การทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D2938-79 ซึ่งหินตัวอย่างสี่ชนิดจะมีขนาด L/D ratio เท่ากับ 2-3 และหินแต่ละชนิดจะถูกทดสอบ 10 ตัวอย่าง โดยจะถูกกดทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดที่อัตราความเร็วคงที่ (Constant loading rate) ตามแนวแกน

4.1.2) การทดสอบแรงดึงแบบบราซิล (Brazilian Tensile Strength Test)

การทดสอบแรงดึงแบบบราซิลจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D3967-81 เพื่อหาแรงดึงของหินตัวอย่างทั้งสี่ชนิด โดยจะกำหนดค่า L/D ratio คงที่เท่ากับ 0.5 เส้นผ่านศูนย์กลางของหินตัวอย่างจะผันแปรจาก 2, 3 ไปจนถึง 4 นิ้ว โดยจะทำการทดสอบ 10 ตัวอย่างในแต่ละขนาดของตัวอย่างหินทั้งสี่ชนิด

4.1.3) การทดสอบแรงกดในสามแกน (Triaxial Compressive Testing)

วิธีการทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D2664-86 ในการทดลองจะใช้หินตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 54 mm และ L/D = 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย เครื่องกด ปัมไฮดรอลิกความดันสูงสำหรับให้ความดันล้อมรอบคงที่ และกระบอกกด (Cell) แบบ Hoek-Franklin หินตัวอย่างจะได้รับความดันล้อมรอบ (σ_3) จากการอัดความดันโดยปัมไฮดรอลิกด้วยความดันที่ต่างกันตามลำดับของแต่ละหินตัวอย่าง แล้วทำการทดสอบกดตามแนวแกนของทรงกระบอกด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ จะได้ค่าความดันแรงกดในแนวแกน (σ_1) โดยจะทำการทดสอบ 10 ตัวอย่างในแต่ละชนิดหิน

4.1.4) การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินโดยแรงกดในแกนเดียว (*Elastic Modulus Test in Uniaxial Compression*)

การทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D3148-96 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น หินตัวอย่างจะถูกเตรียมเป็นรูปทรงกระบอกเช่นเดียวกับการทดสอบแรงกดในแกนเดียว โดยให้มีค่าอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความยาวของหินตัวอย่างเท่ากับ 2-3 ทำการกดทดสอบตามแนวแกนด้วยอัตราความเร็วคงที่ ทำการตรวจวัดการวิรูปทั้งตามแนวแกน (Axial deformation) และแนวด้านข้าง (Lateral Deformation) ด้วย High-precision digital gages เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินตัวอย่างแต่ละชนิด ชนิดละ 5 ตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น

4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing) จะแบ่งออกเป็นสองแนวทาง คือ

4.2.1) การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัวของจุดกดกับสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (*Elastic Modulus*)

การทดลองจะใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความหนาของหินตัวอย่างจาก 1 ถึง 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวกด โดยจะทดสอบที่อัตราส่วนของความหนาหินตัวอย่างและขนาดหัวกด (v/d) ต่างกัน และจะทดสอบ 5 ตัวอย่างในแต่ละขนาดและรูปร่าง การทดสอบจะทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการยุบตัวด้วย High-precision digital gages เพื่อสร้างความสัมพันธ์และคำนวณสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินแต่ละชนิด และจะทำการทดสอบหาผลกระทบของขนาดหัวกด โดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดผันแปรจาก 10 mm ถึง 20 mm เพื่อหาขนาดหัวกดแบบปรับเปลี่ยนที่เหมาะสม

4.2.2) การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุดกับแรงกดสูงสุดในสามแกน (*Triaxial Compressive Strength*)

การทดสอบจะใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความกว้างจาก 1 นิ้ว ไปถึง 6 นิ้ว โดยที่ความหนาจะคงที่ ซึ่งจะทดสอบที่อัตราส่วนความกว้างของหินตัวอย่างและขนาดหัวกด (D/d) ต่าง ๆ กัน และจะทดสอบ 5 ตัวอย่างหินในแต่ละขนาดและรูปร่าง ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนด้วยหินตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันจะสามารถบ่งบอกถึงผลกระทบของความดันล้อมรอบ (σ_3) และสามารถหาจุดแบ่งระหว่างความดันล้อมรอบที่เกิดขึ้นและความต้านแรงกดที่ใช้ต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่ความสัมพันธ์กับแรงกดในสามแกนที่ทดสอบแบบมาตรฐาน

เหตุที่สามารถบอกได้ก็เพราะใช้ทฤษฎีที่พัฒนาในขั้นตอนที่ 2 และผลการทดลองจากการทำการทดสอบแบบพื้นฐาน (Uniaxial, Brazilian และ Triaxial Testing) เข้ามาเป็นตัวชี้แนะ ผลที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสร้างเกณฑ์การวิบัติ (Failure criterion) ของหินแต่ละชนิด และเพื่อทำการกำหนดขนาดของหัวกดที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นมาตรฐานต่อไป ความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดสอบโดยใช้หัวกดแบบใหม่จะถูกเชื่อมโยงกับการทดสอบคุณสมบัติของหินทั้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุดในสามแกน

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 จะนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูล และจะตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ เมื่อตรวจสอบได้แล้วจะนำมาสร้างทฤษฎีใหม่ โดยการสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ

- 1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัวของ การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน กับความยืดหยุ่นของหิน และ
- 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงกดของการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน กับแรงกดสูงสุดในสามแกน

นอกจากนั้นแล้วค่าความเค้นสูงสุดและต่ำสุดตามแนวจุดกดจะนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้ในการอธิบายการแตกของหิน (เช่นของ Coulomb criterion) เพื่อสร้างทฤษฎีการแตกของหินที่ใช้การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

ส่วนผลกระทบในเรื่องขนาดของหินตัวอย่าง (Size Effect) ก็จะมีการศึกษาทางด้านสถิติ (Ghosh et al. (1995), Lundborg (1967)) และทางด้านการประมาณการคาดคะเน (Prediction) ตาม Fuenkajorn and Daemen (1986, 1991a, 1992) ด้วยวิธีนี้ผลกระทบของขนาดของหินตัวอย่าง ก็จะสามารถนำมารวมกับความสัมพันธ์ของความเค้นได้ในเชิงตัวเลขที่แน่นอน ส่วนเรื่องการแปรปรวนที่มีผลมาจากลักษณะการไม่เป็นเนื้อเดียวกันของหิน (Non-homogeneous) ก็จะถูกนำมาศึกษาเพื่อปรับปรุงความสัมพันธ์ที่กล่าวข้างต้น การแก้ไขนี้จะใช้วิธีที่เสนอโดย Fuenkajorn and Daemen (1992)

ขั้นตอนที่ 6 : การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานความก้าวหน้าและในรายงานฉบับสมบูรณ์เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ นอกจากนั้นแล้วผลการวิจัยชิ้นนี้จะนำตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ เพื่อเผยแพร่ความรู้และรับข้อเสนอแนะในหมู่นักวิชาการทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมโยธา และทางด้านธรณีวิทยาประยุกต์

13. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับ 1) การสำรวจธรณีวิทยาในภาคสนาม 2) การจัดเตรียมและทดสอบตัวอย่างหินสี่ชนิดในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ 3) การศึกษาทางด้านทฤษฎีและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน 4) การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัวของจุดกดกับค่าความยืดหยุ่นของหิน (Elastic Modulus) และระหว่างแรงกดสูงสุดของจุดกดกับความต้านแรงกดในสามแกน (Triaxial compressive strength)

งานวิจัยนี้จะเน้นไปที่คุณสมบัติความยืดหยุ่นของมวลหิน และการวิบัติของหินภายใต้แรงกดสามแกน โดยจะนำทฤษฎีทางด้านความยืดหยุ่นของหินมาประยุกต์ใช้ (Theory of elasticity) การวิบัติของหินในสามแกนจะอาศัยกฎของ Coulomb เพื่ออธิบายถึงแรงกดและแรงดึงสูงสุด กล่าวคือความเค้นเฉือน (τ) จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเค้นในแนวตั้งฉาก (σ_n) ในขบวนการศึกษา

ทั้งหมดจะไม่รวมถึงความเป็นพลาสติกของหิน เพราะความดันล้อมรอบที่ใช้ในการทดสอบจะมีค่าต่ำ กลไกการแตกของหินจะอยู่ในขอบเขตของวัสดุที่มีความเปราะเท่านั้น (Brittle materials)

งานวิจัยที่เสนอนี้จะถูกจำกัดด้านขนาดของหินตัวอย่าง สิ่งแวดล้อมของการทดลอง ชนิดของหิน ตัวอย่าง และด้านตัวแปรบางตัวของการทดลอง เช่น ความเร็วของการกดหินตัวอย่างจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (Costin, 1987) อุณหภูมิของการทดลองจะเป็นค่าคงที่ การทดลองจะทำในลักษณะแห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหินตัวอย่างรูปทรงกระบอกจะกำหนดให้อยู่ระหว่าง 1-4 นิ้ว และเนื่องจากมีงบประมาณจำกัด การทดลองจะใช้หินตัวอย่างเพียงสี่ชนิดเท่านั้น คือ หินอ่อนหรือหินปูน หินทราย หินแปร และหินอัคนี จำนวนหินตัวอย่างที่เตรียมมาใช้ในการทดลองแต่ละขนาดจะไม่เกิน 10 ชิ้น นอกจากนี้แล้วงานวิจัยจะไม่ลงลึกถึงการศึกษาทางด้านคุณลักษณะ Microscopic ของหิน การตรวจสอบการแตกของหินตัวอย่างจะอยู่ในระดับ Macroscopic เท่านั้น กล่าวคือ จะอยู่ใน Scale ที่เล็กที่สุดเพียงมิลลิเมตร (Horii and Nemat-Nasser (1985), Nimick (1988))

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลองและ / หรือเก็บข้อมูล

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี (ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547)

สถานที่ทำการทดลองหรือเก็บข้อมูล งานวิจัยจะดำเนินการที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา สำหรับตัวอย่างหินจะเก็บที่เหมืองหินต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

15. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→							
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง								
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←→	←→	←→	←→	←→			
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดลอง	←→	←→	←→	←→	←→			
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน								
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่	←→	←→	←→	←→				
3.2 การศึกษาเปรียบเทียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis	←→	←→	←→	←→	←→			
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ								
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน	←→	←→	←→	←→	←→			
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน	←→	←→	←→	←→	←→			
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง								
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน		←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→

16. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

การทดสอบด้วยวิธีใหม่จะถูกตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ เช่น International Journal of Engineering Geology, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences หรือ Journal of Geotechnical and Mining Engineering และจะนำเสนอในการประชุมทางวิชาการในประเทศเพื่อเผยแพร่แนวคิด วิธีการ และเพื่อให้วิศวกรและหน่วยงานที่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องนำวิธีการไปประยุกต์ใช้ให้เป็นรูปธรรม ข้อวิจารณ์และข้ออภิปรายจากผู้ร่วมประชุมหรือจากผู้ที่นำไปประยุกต์ใช้จะนำมาปรับปรุงวิธีการทดสอบแบบใหม่นี้

ผู้วิจัยไม่มีจุดประสงค์ที่จะจดสิทธิบัตรจากผลงานวิจัยนี้ เนื่องจากต้องการให้ผลงานวิจัยถูกนำไปประยุกต์ใช้ในวงกว้าง และปราศจากข้อจำกัดทางด้านกฎหมาย

17. อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัย (ถ้ามี)

17.1 อุปกรณ์การวิจัยที่มีอยู่แล้ว

- | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1. Compression machine | 2. Triaxial cell | 3. Point Load testing |
| 4. High pressure oil pump | 5. High-precision digital gages | 6. Rock coring machine |
| 7. Rock Cutting machine | 8. Rock grinding machine | 9. Computer and Printer |

17.2 อุปกรณ์การวิจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี -

18. งบประมาณของโครงการวิจัย

18.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปี 2547
1. ค่าจ้างชั่วคราว นักศึกษาระดับปริญญาเอก 1 คน เดือนละ 16,000 บาท (ผู้ช่วยวิจัย)	192,000 /
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่ ค่าเดินทางสำรวจและเก็บหินตัวอย่าง 10 วัน (ค่าเช่ารถ 1,500 บาท/วัน ค่าน้ำมัน 1,000 บาท/วัน) ค่าเบี้ยเลี้ยงและที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม ค่าพิมพ์รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000 /
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน फिल्मถ่ายรูป แผ่น CD และ Diskette และค่าวัสดุอื่น ๆ	40,000 /
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	277,000 /

ตรวจสอบแล้ว

๗/๖๒

- 8 ส.ค. 2547

18.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อ ๆ ไป ตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย
- ไม่มี -

18.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปี 2546
1. ค่าจ้างชั่วคราว นักศึกษาระดับปริญญาเอก 1 คน เดือนละ 16,000 บาท (ผู้ช่วยวิจัย)	192,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่ ค่าเดินทางสำรวจและเก็บหินตัวอย่าง 10 วัน (ค่าเช่ารถ 1,500 บาท/วัน ค่าน้ำมัน 1,000 บาท/วัน) ค่าเบี้ยเลี้ยงและที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม ค่าพิมพ์รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าหินตัวอย่าง (10,000) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน फिल्मถ่ายรูป แผ่น CD และ Diskette และค่าวัสดุอื่น ๆ	50,000
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	287,000

19 โครงการต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

19.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมาจริง

โครงการวิจัยนี้ได้รับการจัดสรรงบประมาณปี พ.ศ. 2546 เป็นจำนวนเงิน 287,000 บาท จริง

19.2 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (โปรดใส่รายละเอียดใน แบบ ต-1ค ด้วย)

ดังเอกสารแนบ

20 คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

- ไม่มี -

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ ๕ เดือน มกราคม พ.ศ. 2547

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธรา เล็กอุทัย)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

วันที่ ๕ เดือน มิ.ย. 2547 พ.ศ.

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ ๖ เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2547

ส่วน ข ประวัติคณะผู้วิจัย

- ชื่อ (ภาษาไทย) นาย, นาง, นางสาว กิตติเทพ นามสกุล เพ็ญขจร
(ภาษาอังกฤษ) Mr., Mrs., Miss. KITTITEP FUENKAJORN
- รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ (ถ้ามี)
42-50-0057
- ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-224441, 224443
โทรสาร : 044-224220, 224165
E-mail : kittitep@ccs.sut.ac.th
- 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	Geological 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	Geomechanics	University of Arizona	U.S.A.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

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

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ...

- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย...

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยจำนวน 12 โครงการ ดังต่อไปนี้

- (1) “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)
Amount: 669,000 Bahts; Period: December 2000 - November 2001
- (2) “Mechanical Performance Assessment of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สกว), Bangkok
Amount: 1,397,800 Bahts; Period: February 2001 – January 2003 (2 yrs.)
- (3) “Development of Design Criteria for Salt Solution Mining in Korat Basin”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakorn Ratchasima
Amount: 43,000 Bahts; Period: June 2000 - December 2000

- (4) "Design and Analysis of the Keystone Gas Storage Project Salado Salt Formation, Winkler County, Texas, Using a Time-Dependent Finite Element Method"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Unocal Corporation, Sugar Land, Texas
Amount: US \$ 15,000 ; Period: June 2000 - October 2000
- (5) "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, Nakorn Ratchasima
Amount: 91,000 Bahts; Period: October 1999 - September 2000
- (6) "Feasibility Study of Potential Waste Repository in Rock Salt in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakorn Ratchasima
Amount: 50,000 Bahts; Period: June 1999 - December 1999
- (7) "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
Amount: US\$ 17,000; Period: February 1998 - August 1998
- (8) "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
Amount: US\$ 14,500; Period: June 1997 - December 1997
- (9) "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
Amount: US\$ 43,000; Period: August 1997 - February 1998

(10) "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

Amount: US\$ 22,000; Period: September 1996 - January 1997

(11) "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

Amount: US\$ 65,000; Period: March 1994 - February 1995

(12) "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

Amount: US\$ 12,000; Period: January 1994 - March 1994

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 งานวิจัยที่ทําส่งแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือ โครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพ
ในการทำวิจัย...

Book:

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

Technical Papers:

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," *Proc. 2nd North American Rock Mech. Symposium*, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1447-1454.

- South, D.L. and K. Fuenkajorn, 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 K. Fuenkajorn, 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," *Proc. Workshop on Rock Mechanics Issues in Repository Design and Performance Assessment*, September 19-20, 1994, Washington, DC.
- Ghosh, A., K. Fuenkajorn and J.J.K. Daemen, 1995, "Tensile Strength of Welded Apache Leap Tuff: Investigation of Scale Effects," *Proc. 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," *Proc. 1st North American Rock Mechanics Symposium*, University of Texas at Austin, June 1-3, pp. 648-656.
- Stormont, J.C. and K. Fuenkajorn, 1994, "Dilation-Induced Permeability Changes in Rock Salt," *Proc. 8th International Conf. 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., K. Fuenkajorn, 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 Second International Conference*, Electric Power Research Institute, July 7-9, San Francisco, CA, 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 Second International Conference*, Electric Power Research Institute, July 7-9, San Francisco, CA, pp. 4.1-4.21.
- Serata, S. and K. Fuenkajorn, 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., K. Fuenkajorn, J. Townsend, and M. Silverman, 1992, "Development and Applicability of Stress Control Method in Underground Coal Mining," *Proc. 4th Conf. 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, October 19-22, Houston, Texas, 34 pp.
- Serata, S. and K. Fuenkajorn, 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, October 19-22, Houston, Texas, 24 pp.
- Serata, S. and K. Fuenkajorn, 1992, "Formulation of A Constitutive Equation for Salt," *Proc. Seventh 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 K. Fuenkajorn, 1991, "Recent Advancement of Stress Control Method," *Longwall USA - International Conference*, June 2-6, Pittsburgh, PA, 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 the Waste Management'91 Symposium*, Feb. 24-28, Tucson, Arizona.
- 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 K. Fuenkajorn, 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 K. Fuenkajorn, 1986, "Calculation of Minimum Rock Bolt Force and Static Acceleration in Tetrahedral Wedge Stability," *Geotechnical Stability in Surface Mining*, November 6-7, Calgary, Canada.
- 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 the 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” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 44 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) “การวิเคราะห์และออกแบบโครงที่เกิดจากการผลิตเกลือโดยใช้วิธีละลายในชั้นหินเกลือที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 82 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 130 หน้า
- 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) “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)
Amount: 669,000 Bahts; Period: October 2000 - September 2001

- (2) “Mechanical Performance Assessment of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สกว), Bangkok
Amount: 1,397,800 Bahts; Period: February 2001 – January 2003 (2 yrs.)

Printed on Recycled Paper

NAME _____

ชาชาเยอ มรวัดชาลยเทศไนโดยครน

707-2-15672-4

AUTHORIZED SIGNATURE

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาเลขที่ ๙ / 2546

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง

ชื่อบัญชี

นทร. โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศ

เลขที่บัญชี

707-2-16672-4

ธนาคาร

ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

1. รศ. น.ค. ดร. กรพจน์ จำปาศิลา

คณบดี

2. ผศ. ดร. สิริชัย เนตรนาคกุล

หัวหน้าสถานวิจัย

3. รศ. ดร. วิมลทิพย์ เพ็ญวรรณ

หัวหน้าโครงการวิจัย

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 3

ลงนาม

K. C. K.

รศ. ดร. วิมลทิพย์ เพ็ญวรรณ

ผู้รับทุน

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547
Research Expenditure for Fiscal Year 2004

โครงการวิจัยเรื่อง.....การหาสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ชนิดใหม่ด้วยวิธีการทดสอบจลนศาสตร์แบบใหม่ในห้องปฏิบัติการ.....

Name of Project

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)		
	งวดที่ 1* 1 st Installment	งวดที่ 2 2 nd Installment	รวมทั้งหมด Total
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย โปรดแสดงรายละเอียด Temporary Wages (Show details)			
ค่าจ้างเหมาบริการนักวิทยาศาสตร์ 1 คน	96,000	96,000	192,000
รวมค่าจ้างชั่วคราว Total	96,000	96,000	192,000
2. ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Compensation, Service contracting, and nonrenewable materials expenses (show details)			
ค่าเดินทางสำรวจและเก็บตัวอย่าง 10 วัน (ค่าเช่ารถ 1,500 บาท/วัน ค่าที่พัก 1,000 บาท/วัน) ค่าเบี้ยเลี้ยงและ	22,500	22,500	45,000
ค่าที่พัก ค่าอาหาร ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าเช่ารถจักรยาน			
ค่าเช่ารถจักรยาน ค่าพิมพ์เอกสาร ค่าวัสดุอื่น ๆ			
ค่าเช่ารถจักรยาน ค่าวัสดุสำนักงาน ค่าพิมพ์เอกสาร ค่าเช่ารถจักรยาน	20,000	20,000	40,000
และ Diskette และวัสดุอื่น ๆ			
รวมค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ Total	42,500	42,500	85,000
3. ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Equipment (show details)			
รวมค่าครุภัณฑ์ Total	-	-	-
รวมทั้งสิ้น (1+2+3) Grand total	138,500	138,500	277,000

(ลงชื่อ).....หัวหน้าโครงการ

.....
 รศ.ดร. ศิริลักษณ์ ๒๗๐๖๖๖
 ๕ มกราคม ๒๕๔๗

Head of Project

ตรวจสอบแล้ว

๕ ๘ ส.ค. ๒๕๔๗

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของงวดที่ 1 เบิกได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายทั้งโครงการในแต่ละปี ยกเว้นกรณี

1) มีความจำเป็นต้องตั้งเบิกเกินกว่านี้ให้ทำบันทึกชี้แจงเหตุผลเสนอขออนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแบบมาด้วย

2) มีรายการครุภัณฑ์ ให้หักค่าครุภัณฑ์ทั้งหมดออกจากเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการก่อน ส่วนงบฯ ที่เหลือให้เบิกจ่ายใน รายการค่าจ้างชั่วคราว

ค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ รวมกับแล้วไม่เกินร้อยละ 50

จำนวน ๑ หน้า

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยวิธีทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน
Name of Project
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of

287,000 บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้
baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:

- ☒ งวดที่ 2 ได้รับเงิน 143,500.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 149,275.25 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	192,000.00	80,000.00	97,000.00	15,000.00	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาเอก 1 คน)					
รวม (Total)	192,000.00	80,000.00	97,000.00	15,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ					
ค่าตอบแทน ใช้สอย	45,000.00	23,550.00	14,085.50	7,364.50	ค่าตอบแทนใช้สอย
ค่าเดินทาง ค่าเบิกลี้ง ค่าที่พัก					ใช้ 47 ครั้ง
ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ไปรษณีย์ ถ่ายเอกสาร					๙๖ ๘๕๑ ๓๓๓/๒
เข้าปก เย็บเล่ม และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ					๘๖ ๕๒๐ ๔๗
ค่าวัสดุ	50,000.00	12,210.60	38,189.75	400.35	ค.ค.
ค่าหินตัวอย่าง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าฟิล์ม					
ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD และค่าวัสดุอื่น ๆ					
รวม (Total)	95,000.00	35,760.60	52,275.25	6,964.15	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	287,000.00	115,760.60	149,275.25	21,964.15	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ตรวจสอบแล้ว

ลงชื่อ

ค.ค.

๗/๕๓
๕ 7 ส.ค. 2547

หัวหน้าโครงการ

5 มกราคม 2547



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิจัยและพัฒนา
วันที่... ๒๙/๙๗
วันที่... ๕/๑๐/๒๕๔๗
เวลา... ๑๐.๓๐ น.

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ ๔๔๔๑, ๔๔๔๓ โทรสาร ๔๒๒๐

ที่ ศร ๕๖๑๔(๑๙)/ ๔

วันที่ ๖ มกราคม ๒๕๔๗

เรื่อง ขอส่งเอกสารเพื่อประกอบการพิจารณาทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ กระผม รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ ๒๕๔๖-๒๕๔๗ เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่อง ขณะนี้ได้ดำเนินการมาเป็นเวลา ๑ ปีแล้ว และคณะกรรมการพิจารณาถ่วงดุลและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยได้มีมติจัดสรรเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๔๗ ให้โครงการฯ จำนวน ๒๗๗,๐๐๐ บาท กระผมจึงใคร่ขอส่งเอกสารเพื่อประกอบการพิจารณาทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. โครงการวิจัยที่ปรับแผนงานและงบประมาณตามวงเงินที่ได้รับจัดสรร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๔๗ พร้อมแนบประวัติผู้วิจัย
2. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
3. แผนการใช้จ่ายเงิน
4. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยงวดที่ ๒/๒๕๔๖
5. ใบเสร็จรับเงิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลิทธิชัย แสงอาทิตย์)

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการแทนคณบดี

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเงินด้วยวิธีทดสอบจุดลดแบบปรับเปลี่ยน
Name of Project
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of

287,000

บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

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

- ☒ งวดที่ 2 ได้รับเงิน 143,500.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 149,275.25 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 (นักศึกษาปริญญาเอก 1 คน)	192,000.00	80,000.00	97,000.00	15,000.00	
รวม (Total)	192,000.00	80,000.00	97,000.00	15,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ					
ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าเดินทาง ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ไปรษณีย์ ค่าเอกสาร เข้าปก เย็บเล่ม และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000.00	23,550.00	14,085.50	7,364.50	หนังสือคณบดีเทคโนโลยีสุรนารี วันที่ ๓๑ มี.ค. ๒๕๔๖ ๓๕ ๑๖๑ (๑๐) / ๒ ดว. ๓ ม.ค. ๔๗
ค่าวัสดุ ค่าหินตัวอย่าง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าฟิล์ม ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD และค่าวัสดุอื่น ๆ	50,000.00	12,210.60	38,189.75	400.35	ค.ค.
รวม (Total)	95,000.00	35,760.60	52,275.25	6,964.15	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	287,000.00	115,760.60	149,275.25	21,964.15	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ตรวจสอบแล้ว

ก/ฉน

ลงชื่อ

ค.ค.

๕ ๗ พ.ค. ๒๕๔๖

หัวหน้าโครงการ

5 มกราคม ๒๕๔๖

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 1/2547

ผลการดำเนินการระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2546 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2546

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

(ภาษาอังกฤษ) Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร

E-mail: kittitep@ccs.sut.ac.th

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ (044) 224443, 224441

โทรสาร (044) 224220, 224431

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อดันหาและประดิษฐ์การทดสอบวิธีใหม่ให้มีราคาถูก รวดเร็ว และง่ายกว่าวิธีเดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ของหิน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวงกว้าง สำหรับหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานรากของอาคารหรือสะพานใหญ่ ๆ และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นวิธีใหม่ที่จะนำเสนอจากผลของงานวิจัยนี้จะต้องพัฒนามาจากเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างกว้างขวาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงจัง

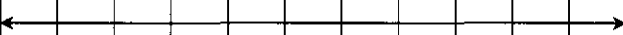
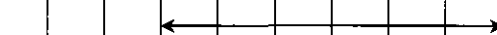
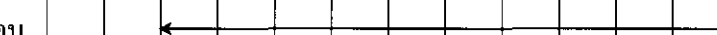
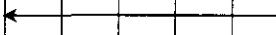
5. แผนการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→							
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง								
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←→	←→			←→			
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	←→	←→			←→			
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน								
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่		←→	←→					
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis		←→	←→	←→	←→			
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ								
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน		←→	←→	←→	←→			
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน		←→	←→	←→	←→			
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง								
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น			←→	←→	←→	←→		
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน			←→	←→	←→	←→		
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน		←→		←→		←→		←→

6. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง													
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง													
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง													
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ													
3. การศึกษาค้นคว้าของกลไกการแตกของหิน													
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่													
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis													
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ													
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน													
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน													
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง													
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น													
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน													
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน													

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง												
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง												
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ												
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน												
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่												
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis												
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ												
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน												
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน												
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง												
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น												
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน												
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน												

รายละเอียดของกิจกรรมที่ดำเนินการไปแล้วได้อธิบายไว้ในข้อ 8

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 45 (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 6 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รวบรวม รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบจุดทั้งแบบดั้งเดิมและแบบปรับเปลี่ยน รวมทั้งวิธีการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นแบบต่าง ๆ การทดสอบแรงกดในสามแกน และกลไกการแตกของหินภายใต้จุดกด มากกว่า 40 บทความ ได้ถูกดำเนินการนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุป โดยดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้ว

ขั้นตอนที่ 2 : การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ ถัดเลือก และเก็บหินตัวอย่างจากภาคสนามเพื่อนำมาทดสอบ หินตัวอย่างสี่ชนิดได้เลือกมาใช้ในการทดสอบแบบต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการเลือกให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) โดยหินที่เก็บมาประกอบด้วย

- 1) หินอ่อน จากจังหวัดสระบุรี
- 2) หินทราย จากจังหวัดนครราชสีมา
- 3) หินแกรนิต จากจังหวัดตาก
- 4) หินบะซอลต์ จากจังหวัดบุรีรัมย์

หินตัวอย่างทั้งหมดได้ถูกนำมาเจาะ ตัด และฝนให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด (ตามมาตรฐาน ASTM Standards) ซึ่งได้ดำเนินการเสร็จแล้วและสอดคล้องกับแผนการทดสอบในช่วง 1 ปีแรก ขนาดและรูปร่างของหินตัวอย่างที่จัดเตรียมสำหรับการทดสอบแบบต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดและรูปร่างของหินตัวอย่างที่จัดเตรียมสำหรับการทดสอบแบบต่าง ๆ

ROCK TYPE	TEST METHODS	DIAMETER (inch)	NOMINAL L/D	NUMBER OF SAMPLES
1) Sandstone	UCS	2	2.5	10
	UCSE	2	2.5	5
	BZ	2	0.5	10
		3	0.5	10
		4	0.5	10
	TR	2	2.0	10
	MPL	1	L/d = 2.5	10
		2	L/d = 2.5	10
		3	L/d = 2.5	10
		4	L/d = 2.5	10
2) Granite	UCS	2	2.5	10
	UCSE	2	2.5	5
	BZ	2	0.5	10
		3	0.5	10
		4	0.5	10
	TR	2	2.0	10

ตารางที่ 1 ขนาดและรูปร่างของหินตัวอย่างที่จัดเตรียมสำหรับการทดสอบแบบต่าง ๆ (ต่อ)

ROCK TYPE	TEST METHODS	DIAMETER (inch)	NOMINAL L/D	NUMBER OF SAMPLES
	MPL	1	L/d = 2.5	10
		2	L/d = 2.5	10
		3	L/d = 2.5	10
		4	L/d = 2.5	10
3) Marble	UCS	2	2.5	10
	UCSE	2	2.5	5
	BZ	2	0.5	10
		3	0.5	10
		4	0.5	10
	TR	2	2.0	10
	MPL	1	L/d = 2.5	10
		2	L/d = 2.5	10
		3	L/d = 2.5	10
		4	L/d = 2.5	10
4) Basalt	UCS	2	2.5	10
	UCSE	2	2.5	5
	BZ	2	0.5	10
		3	0.5	10
		4	0.5	10
	TR	2	2.0	10
	MPL	1	L/d = 2.5	10
		2	L/d = 2.5	10
		3	L/d = 2.5	10
		4	L/d = 2.5	10

*d = Modified Point Load Test

UCS = Uniaxial Compressive Strength Test

UCSE = Elastic Modulus Test in Uniaxial Compression

BZ = Brazilian Tensile Strength Test

TR = Triaxial Compressive Strength Test

MPL = Modified Point Load Test

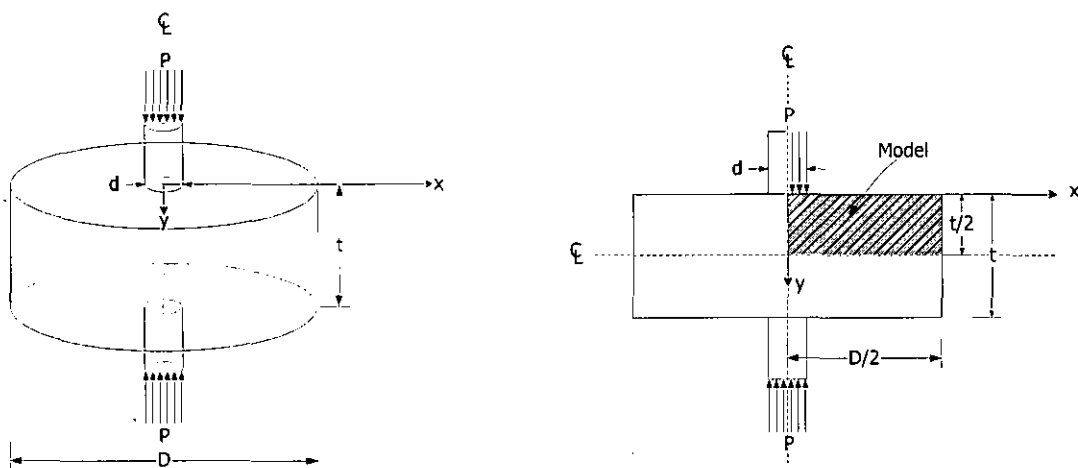
ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาทางด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน

3.1. การตั้งทฤษฎีใหม่โดยใช้ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของหิน

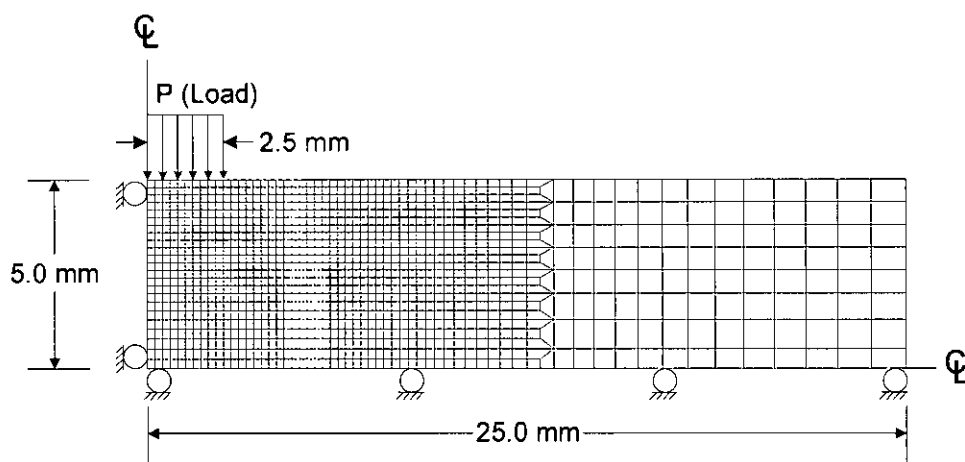
ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาทฤษฎีเบื้องต้น ข้อสมมติฐาน (Assumptions) และข้อจำกัด (Limitations) ของทฤษฎีใหม่และการทดลองแบบใหม่เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุด ในสามแกน เช่น ทฤษฎีการแพร่กระจายของความเค้น (Stress Distribution) ของหินที่อยู่ใต้จุดกด (Load Platen) จากสมการของ Boussinesq การสร้างกฎการแตกของหิน เช่น กฎของ Coulomb กฎของ Heek and Brown และอื่น ๆ อีกหลายกฎได้นำมาพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาและสร้างความสัมพันธ์ โดยได้ดำเนินการลู่วงไปแล้วกว่าร้อยละ 20

3.2. การใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ (Numerical Analysis)

ได้ดำเนินการใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์หรือ Finite Element Analysis เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบการกระจายของความเค้น ความเครียด และการวิรูปของหินตัวอย่างที่ทดสอบด้วยจุดกดแบบปรับเปลี่ยน โดยได้ดำเนินการลู่วงไปแล้วกว่าร้อยละ 20 ซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบ Mesh เนื่องจากมีแกนสมมาตรในแนวตั้งและแนวนอน จึงสามารถจำลองเพียง $1/4$ ส่วนของหินตัวอย่างดังรูปที่ 1 ในส่วนของเอลิเมนต์ (Element) หรือช่องของการคำนวณที่อยู่ภายใต้หรือใกล้เคียงกับจุดกดจะถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก เนื่องจากการผันแปรของค่าความเค้นในบริเวณนี้สูง และเพื่อให้ได้มาซึ่งการคำนวณค่าความเค้นที่แม่นยำ ส่วนช่องของการคำนวณที่อยู่ไกลออกไปจากหัวกดจะถูกออกแบบให้ใหญ่ขึ้น เพราะเนื้อหินตัวอย่างในบริเวณนี้มีผลกระทบจากหัวกดน้อย และจะทำให้การคำนวณมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลดีขึ้น ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 1 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาการกระจายตัวของความเค้นในหินตัวอย่างรูปทรงกระบอกภายใต้จุดกดแบบปรับเปลี่ยน เนื่องจากมีแกนสมมาตรในแนวตั้งและแนวนอน การจำลองจึงทำเพียง $1/4$ ส่วนของหินตัวอย่างทั้งชิ้น



รูปที่ 2 ตัวอย่าง Mesh ที่สร้างขึ้นเพื่อการวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นในหินตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

ขั้นตอนที่ 4 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน และการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL)

4.1. การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน ได้ดำเนินการสุ่มลงไปแล้วกว่าร้อยละ 90 ซึ่งการทดสอบทั้งหมดประกอบด้วย การทดสอบสี่ชนิด คือ

4.1.1. การทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength Test)

ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2938-79 โดยทดสอบ 10 ตัวอย่าง ในแต่ละชนิดหิน ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

- หินอ่อน ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินทราย ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินแกรนิต ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินบะซอลต์ ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ผลการทดสอบของหินทั้งสี่ชนิดแสดงดังในตารางที่ 2

4.1.2. การทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน (Brazilian Tensile Strength Test)

ได้ดำเนินการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียนตามมาตรฐาน ASTM D3967-81 เพื่อหาแรงดึงของหินตัวอย่างทั้งสี่ชนิด โดยกำหนดค่า L/D ratio คงที่เท่ากับ 0.5 เส้นผ่านศูนย์กลางของหินตัวอย่างได้ทำการผันแปรจาก 1 ไปถึง 4 นิ้ว โดยได้ทำการทดสอบหินตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างหิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินอ่อน ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินทราย ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินแกรนิต กำลังอยู่ในกระบวนการทดสอบ
- หินบะซอลต์ ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ผลการทดสอบของหินทั้งสี่ชนิดแสดงดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียว

Rock Type	Average (mm)		L/D	Number of Specimens	Density (g/cc)	Mean Compressive Strength, σ_c (MPa)	Average Elastic Modulus (GPa)		
	Diameter	Length					E_t	E_s	E_{av}
Sandstone	53.39	138.46	2.59	10	2.62	87.7 ± 12.8	11.49	8.30	11.30
Marble	53.40	138.23	2.59	10	2.75	76.4 ± 9.3	25.09	19.64	24.31
Basalt	53.48	137.53	2.57	10	2.82	155.3 ± 42.2	20.77	17.45	20.88
Granite	53.67	137.79	2.57	10	2.68	117.29 ± 19.5	25.71	20.51	25.77

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิล

Rock Type	Average (mm)		L/D	Density (g/cc)	Number of Specimens	Mean Brazilian Tensile Strength, σ_b
	Diameter	Length				
Sandstone	38.15	21.34	0.56	2.57	10	8.0 ± 0.8
	53.50	26.85	0.50	2.59	10	9.2 ± 0.9
	74.20	35.02	0.47	2.58	10	8.2 ± 1.4
	99.45	48.48	0.49	2.58	10	6.8 ± 0.9
Marble	22.43	11.19	0.50	2.64	10	22.6 ± 1.2
	38.51	19.07	0.50	2.65	10	21.2 ± 1.5
	53.96	27.48	0.51	2.65	10	22.4 ± 2.2
	67.39	34.09	0.51	2.66	10	21.5 ± 1.6
Basalt	37.78	18.80	0.50	2.88	12	19.0 ± 5.1
	53.43	28.04	0.52	2.77	12	16.0 ± 4.9
	74.17	36.06	0.49	2.80	10	12.3 ± 3.6
	99.86	48.72	0.49	2.75	10	11.0 ± 3.6
Granite	53.14	25.62	0.48	2.62	10	9.87 ± 1.9

4.1.3. การทดสอบแรงกดในสามแกน (Triaxial Compressive Testing)

ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2664-86 โดยใช้หินตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 54 mm และ $L/D = 2$ หินตัวอย่างจะได้รับความดันล้อมรอบ (σ_3) จากการอัดความดันโดยปั๊มไฮดรอลิกด้วยความดันที่ต่างกันตามลำดับของแต่ละหินตัวอย่าง ซึ่งทำการทดสอบหินตัวอย่างแต่ละขนาดจำนวน 10 ตัวอย่างหินดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินอ่อน หินทราย และหินแกรนิต กำลังอยู่ในกระบวนการทดสอบ
- หินบะซอลต์ ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ผลการทดสอบที่ได้ดำเนินการทดสอบไปแล้วสรุปผลอยู่ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบแรงกดในสามแกน

Rock Type	Specimen No.	Average (mm)		L/D	Density (g/cc)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)
		Diameter	Length				
Basalt	BA-03-01-TR-01	53.39	110.43	2.07	2.82	109.9	1.7
	BA-11-01-TR-02	53.38	110.21	2.06	2.82	144.8	3.5
	BA-13-01-TR-03	53.37	111.00	2.08	2.84	272.3	20.7
	BA-13-03-TR-04	53.40	110.28	2.07	2.82	191.1	13.8
	BA-13-04-TR-05	53.38	110.52	2.07	2.83	401.3	27.6
	BA-13-05-TR-06	53.41	110.48	2.07	2.84	212.4	6.9
	BA-13-06-TR-07	53.43	111.96	2.10	2.84	192.8	5.2
	BA-13-07-TR-08	53.41	110.68	2.07	2.84	426.2	41.4
	BA-13-08-TR-09	53.35	111.73	2.09	2.84	345.6	34.5
	BA-13-10-TR-10	53.41	111.54	2.09	2.83	360.2	13.8
	BA-13-02-TR-11	53.39	109.57	2.05	2.82	115.7	1.7
Marble	MB-26-11-TR-01	53.39	100.81	1.89	2.65	3.4	109.5
	MB-26-12-TR-03	54.00	100.37	1.86	2.65	20.7	169.1
	MB-26-07-TR-04	54.11	100.12	1.85	2.65	6.9	119.8
	MB-25-10-TR-05	54.00	102.83	1.90	2.66	13.8	124.4
	MB-25-08-TR-06	53.39	100.72	1.89	2.64	1.7	76.2

4.1.4. การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินโดยแรงกดในแกนเดียว , (Elastic Modulus Test in Uniaxial Compression)

ขณะนี้กำลังดำเนินการทดสอบหินทั้งสี่ชนิดในห้องปฏิบัติการด้วยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3148-96 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น โดยดำเนินการลู่ลงไปกว่าร้อยละ 25

4.2. การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing)

การทดสอบได้ใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความหนาของหินตัวอย่างจาก 1 ถึง 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวกด โดยจะทดสอบที่อัตราส่วนของความหนาหินตัวอย่างและขนาดหัวกด (v/d) ต่างกัน โดยการทดสอบได้ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการยุบตัวด้วย High-precision digital gages โดยกำลังดำเนินการทดสอบ และดัดแปลงปรับปรุงเครื่องมืออย่างต่อเนื่อง ซึ่งลู่ลงไปแล้วกว่าร้อยละ 30

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 บางส่วนได้ถูกนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูล และตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ ซึ่งดำเนินการลู่ลงไปกว่าร้อยละ 30

ขั้นตอนที่ 6 : การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ได้ดำเนินการตามแผนดำเนินงาน

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่งานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ เป็นต้น

-ยังไม่มีดำเนินการ-

10. คำชี้แจงเกี่ยวกับอุปสรรคหรือปัญหา

การจัดเตรียม และการทดสอบหินตัวอย่างมีอุปสรรคที่ทำให้ล่าช้ากว่าแผนงานอยู่บ้าง คือ

1) หินบะซอลต์และหินแกรนิตที่คัดเลือกมาทดสอบมีความแข็งมาก ทำให้ใช้เวลานานในการเจาะ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะดำเนินการเจาะได้เพียง 2-3 ตัวอย่างต่อวัน นอกจากนี้ความแข็งของหินทั้ง 2 ชนิด ทำให้หัวเจาะ และใบมีดตัดเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว และใช้เวลานานในการสั่งอุปกรณ์เหล่านี้มาทดแทน อย่างไรก็ตาม การจัดเตรียมก็ได้ดำเนินการลู่ลงสมบูรณ์แล้ว

2) เครื่องกดหิน ELE-200 (เครื่องทดสอบคอนกรีต) ต้องรอคิวในการทดสอบเป็นเวลานาน เพราะมีผู้วิจัยท่านอื่นใช้งานเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังต้องใช้เพื่อการเรียนการสอนในภาคการศึกษานี้ด้วย

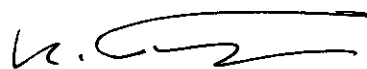
11. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง												
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←→											
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	←→											
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน												
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่												
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis	←→											
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ												
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน	←→											
4.2 การทดสอบจุดก่อกแบบปรับเปลี่ยน	←→											
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง												
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น	←→											
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุด在三แกน	←→											
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน						←→				←→		

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ในข้อ 8 และตามแผนงานข้างบน ซึ่งคาดว่ากิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

-ไม่มี-

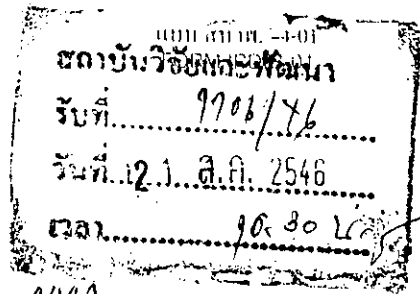


(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีสุรนารี สังกัดมหาวิทยาลัยสุรนารี โทร. 4441
School /Institute
ที่ ศร ๕๖14 (19)/44 วันที่ ๗ สิงหาคม 2546
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 งวดที่ 2
Subject : Request the payment of research allocation for fiscal year Installment no.

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
To : Director of Institute of research and development

ตามที่ข้าพเจ้า ทพ.ดร.คัมภีร์เทพ เฟื่องขจร สังกัด สำนักวิชา
As I, a member of Institute of

วิศวกรรมศาสตร์

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปี
was allocated university research funding for fiscal

งบประมาณ พ.ศ. 2546 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาระบบประสาทสัมผัสความยืดหยุ่น
year for the expenditures of project (name)

ขอเงินอุดหนุนจากผลงานวิจัยที่เสนอ

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 289,000 บาท นั้น
for the amount of baht,

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงวดที่ 2
I request the payment of research allocation monies for the Installment no.

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 143,500 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นสามพัน)
for the amount of baht

ห้าร้อยบาทถ้วน

) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้
as the following expense estimates:

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย
Temporary Wages Consisting of:

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ ปริญญาโท อัตราเดือนละ 16,000 บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา ๖ เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96,000 บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ อัตราเดือนละ บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา เดือน จำนวน คน เป็นเงิน บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ บาท
Monthly employee at per month

ระยะเวลา เดือน จำนวน คน เป็นเงิน บาท
for duration of months No. of employees total amount baht

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ บาท
Daily employee at per day

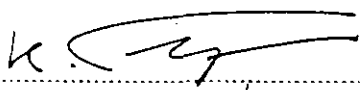
ระยะเวลา วัน จำนวน คน เป็นเงิน บาท
for duration of days No. of employees total amount baht

รวม 96,000 บาท
Totalling baht

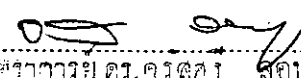
2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย
Compensation, service contracting and nonrenewable materials expenses

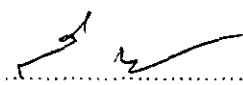
ค่าตอบแทนใช้สอย	เป็นเงิน	22,500	บาท
	total amount		baht
ค่าวัสดุ	เป็นเงิน	25,000	บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
รวม		47,500	บาท
Totaling			baht

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
Your approval is hereby requested.


(รศ.ดร.รัตนา เทพเพ็ชร)
หัวหน้าโครงการวิจัย
Head of project


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
Head of research Department
19 / 5.1 / 44


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพร สอนิพนธ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
Dean
ปณิธานการแทนคณบดี
25. 2546

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะทำงานฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้า และรายงานการใช้จ่ายเงินฯ วงที่ 1 / 46 แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายวงที่ 1 / 46 ในวงเงิน 13,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นห้าร้อยบาทถ้วน) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก.....  (นางสุวิมล มะลิพันธ์) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 2 ก.ย. 2546	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการ และ เงินเข้าข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 3 ก.ย. 2546
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัย จำนวน 13,500 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นห้าร้อยบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาซอย มทส. ชื่อ บัญชี มทส. - โคมารอด กอ ปรี เวศย์ เลขที่บัญชี 707-2-15672-4 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง  (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 3 ก.ย. 2546	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (น.ส. ดกมล ชื่น) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 3 ก.ย. 2546

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน
Name of Project
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of

287,000

บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

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

☒	งวดที่ 1	ได้รับเงิน	143,500.00	บาท	ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น	115,760.60	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 (นักศึกษาปริญญาเอก 1 คน)	192,000.00		80,000.00	112,000.00	
รวม (Total)	192,000.00		80,000.00	112,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ					
ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าเดินทาง ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ไปรษณีย์ ค่าเอกสาร เข้าปก เย็บเล่ม และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000.00		23,550.00	21,450.00	
ค่าวัสดุ ค่าหินตัวอย่าง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าฟิล์ม ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD และค่าวัสดุอื่น ๆ	50,000.00		12,210.60	37,789.40	
รวม (Total)	95,000.00		35,760.60	59,239.40	
ค่าครุภัณฑ์			-	-	
รวม (Total)	-		-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	287,000.00		115,760.60	171,239.40	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ศรณพนา

ลงชื่อ



หัวหน้าโครงการ

19 สิงหาคม 2546

25 ส.ค. 2546

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 2/2546

ผลการดำเนินการระหว่างวันที่ 5 พฤศจิกายน 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2546

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

(ภาษาอังกฤษ) Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร

E-mail: kittitep@ccs.sut.ac.th

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ (044) 224443, 224441

โทรสาร (044) 224220, 224431

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อค้นหาและประดิษฐ์การทดสอบวิธีใหม่ให้มีราคาถูกรวดเร็ว และง่ายกว่าวิธีเดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ของหิน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวงกว้างสำหรับหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ ตัดถนน ฐานรากของอาคารหรือสะพานใหญ่ ๆ และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นวิธีใหม่ที่จะนำเสนอจากผลของงานวิจัยนี้จะต้องพัฒนามาจากเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างกว้างขวางเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงจัง

5. แผนการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	↔							
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง								
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	↔				↔			
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	↔				↔			
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน								
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่		↔						
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis		↔						
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ								
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน		↔						
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน		↔						
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง								
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น			↔					
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุด在三แกน			↔					
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน		↔		↔		↔		↔

6. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง													
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง													
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง													
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ													
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน													
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่													
3.2 การศึกษาเปรียบเทียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis													
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ													
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน													
4.2 การทดสอบจุดกคแบบปรับเปลี่ยน													
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง													
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น													
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน													
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน													

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←											
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง												
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง			←	←	←	←	←	←	←			
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ			←	←	←	←	←	←	←			
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน												
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่						←	←	←	←			
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis								←	←			
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ												
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน				←	←	←	←	←	←			
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน				←	←	←	←	←	←			
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง												
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น							←	←	←			
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน							←	←	←			
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน									↔			

รายละเอียดของกิจกรรมที่ดำเนินการไปแล้วได้อธิบายไว้ในข้อ 8

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 35 (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 6 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบจุดทั้งแบบดั้งเดิมและแบบปรับเปลี่ยน รวมทั้งวิธีการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นแบบต่าง ๆ การทดสอบแรงกดในสามแกน และกลไกการแตกของหินภายใต้จุดกด มากกว่า 40 บทความ ได้ถูกดำเนินการนำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุป โดยดำเนินการแล้วกว่าร้อยละ 80

ขั้นตอนที่ 2 : การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ คัดเลือก และเก็บหินตัวอย่างจากภาคสนามเพื่อนำมาทดสอบ หินตัวอย่างสี่ชนิดได้เลือกมาใช้ในการทดสอบแบบต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการเลือกให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) โดยหินที่เก็บมาประกอบด้วย

- 1) หินอ่อน จากจังหวัดสระบุรี
- 2) หินทราย จากจังหวัดนครราชสีมา
- 3) หินแกรนิต จากจังหวัดตาก
- 4) หินบะซอลต์ จากจังหวัดบุรีรัมย์

หินตัวอย่างทั้งหมดได้ถูกนำมาเจาะ คัด และฝนให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด ตามมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards ซึ่งได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วตามแผนดำเนินการ (ในช่วง 1 ปีแรก)

ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาทางด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน

3.1. การตั้งทฤษฎีใหม่โดยใช้ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของหิน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาทฤษฎีเบื้องต้น ข้อสมมติฐาน (Assumptions) และข้อจำกัด (Limitations) ของทฤษฎีใหม่และการทดลองแบบใหม่เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุดในสามแกน เช่น ทฤษฎีการแพร่กระจายของความเค้น (Stress Distribution) ของหินที่อยู่ใต้จุดกด (Load Platen) โดยได้ดำเนินการลู่อ่งไปแล้วกว่าร้อยละ 10

3.2. การใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ (Numerical Analysis)

ได้ดำเนินการใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์หรือ Finite Element Analysis เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การกระจายของความเค้น ความเครียด และการวิรูปของหินตัวอย่างที่ทดสอบด้วยจุดกดแบบปรับเปลี่ยน โดยได้ถูกดำเนินการลู่อ่งไปแล้วกว่าร้อยละ 10

ขั้นตอนที่ 4 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน และการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL)

4.1. การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน ได้ดำเนินการลู่อ่งไปแล้วกว่าร้อยละ 70 ซึ่งการทดสอบทั้งหมดประกอบด้วยทดสอบสี่ชนิด คือ

4.1.1. การทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength Test)

ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2938-79 โดยทดสอบ 10 ตัวอย่าง ในแต่ละชนิดหิน ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

- หินอ่อน ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินทราย ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินแกรนิต กำลังอยู่ในกระบวนการทดสอบ
- หินบะซอลต์ ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.1.2. การทดสอบแรงดึงแบบบราซิล (Brazilian Tensile Strength Test)

ได้ดำเนินการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลตามมาตรฐาน ASTM D3967-81 เพื่อหาแรงดึงของหินตัวอย่างทั้งสี่ชนิด โดยกำหนดค่า L/D ratio คงที่เท่ากับ 0.5 เส้นผ่าศูนย์กลางของหินตัวอย่างได้ทำการผันแปรจาก 1 ไปถึง 4 นิ้ว โดยได้ทำการทดสอบหินตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างหิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินอ่อน ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินทราย ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินแกรนิต กำลังอยู่ในกระบวนการทดสอบ
- หินบะซอลต์ ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.1.3. การทดสอบแรงกดในสามแกน (Triaxial Compressive Testing)

ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2664-86 โดยใช้หินตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 54 mm และ L/D = 2 หินตัวอย่างจะได้รับความดันล้อมรอบ (σ_3) จากการอัดความดันโดยปั๊มไฮดรอลิกด้วยความดันที่ต่างกันตามลำดับของแต่ละหินตัวอย่าง ซึ่งทำการทดสอบหินตัวอย่างแต่ละขนาดจำนวน 10 ตัวอย่างหิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินอ่อน กำลังอยู่ในกระบวนการทดสอบ
- หินทราย ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- หินแกรนิต กำลังอยู่ในกระบวนการทดสอบ
- หินบะซอลต์ ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.1.4. การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินโดยแรงกดในแกนเดียว (Elastic Modulus Test in Uniaxial Compression)

ขณะนี้กำลังดำเนินการทดสอบหินทั้งสี่ชนิดในห้องปฏิบัติการด้วยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3148-96 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น

4.2. การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing)

การทดสอบได้ใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความหนาของหินตัวอย่างจาก 1 ถึง 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวกด โดยจะทดสอบที่อัตราส่วนของความหนาหินตัวอย่างและ

ขนาดหัวกด (t/d) ต่างกัน โดยการทดสอบได้ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการยุบตัวด้วย High-precision digital gages โดยกำลังดำเนินการทดสอบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งลุล่วงไปแล้วกว่าร้อยละ 20

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 บางส่วนได้ถูกนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูล และตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ ซึ่งดำเนินการลุล่วงไปกว่าร้อยละ 10

ขั้นตอนที่ 6 : การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ได้ดำเนินการตามแผนดำเนินงาน

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่งานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ เป็นต้น
-ยังไม่มีดำเนินการ-

10. คำชี้แจงเกี่ยวกับอุปสรรคหรือปัญหา

การจัดเตรียม และการทดสอบหินตัวอย่างมีอุปสรรคที่ทำให้ล่าช้ากว่าแผนงานอยู่บ้าง คือ

1) หินบะซอลต์และหินแกรนิตที่คัดเลือกมาทดสอบมีความแข็งแรงมาก ทำให้ใช้เวลานานในการเจาะ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะดำเนินการเจาะได้เพียง 2-3 ตัวอย่างต่อวัน นอกจากนี้ความแข็งแรงของหินทั้ง 2 ชนิด ทำให้หัวเจาะ และใบมีดตัดเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว และใช้เวลานานในการสั่งอุปกรณ์เหล่านี้มาทดแทน อย่างไรก็ตาม การจัดเตรียมก็ได้ดำเนินการลุล่วงสมบูรณ์แล้ว

2) เครื่องกดหิน ELE-200 (เครื่องทดสอบคอนกรีต) ต้องรอคิวในการทดสอบเป็นเวลานาน และเมื่อ 3 เดือนที่ผ่านมา เครื่องกดนี้ชำรุดต้องใช้เวลาหลายสัปดาห์ในการซ่อมแซม

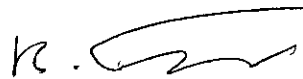
11. แผนการดำเนินการหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง												
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง												
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดสอบ												
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน												
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่												
3.2 การศึกษาเปรียบเทียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis												
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ												
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน												
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน												
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง												
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น												
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน												
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน												

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ในข้อ 8 และตามแผนงานข้างบน ซึ่งคาดว่ากิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

-ไม่มี-


(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

19 สิงหาคม 2546

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบพ. - 3-01

สถาบันวิจัยและพัฒนา

รับที่..... 1449/45.....

วันที่..... 5 พ.ย. 2545.....

เรื่อง..... 10.30 ขง.....

หน่วยงาน ฝ่ายสารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศ โทร. 444
School /Institute
ที่ ทน. 5 ทว(๑๖)/390 วันที่ 31 ต.ค. 2545
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 งวดที่ 1
Subject : Request the payment of research allocation for fiscal year..... Installment no,

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
To : Director of Institute of research and development

ตามที่ข้าพเจ้า รศ. ดร. วิมลทิพย์ เพ็ญอักษร สังกัด สำนักวิชา
As I, a member of Institute of
วิศวกรรมศาสตร์

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปี
was allocated university research funding for fiscal
งบประมาณ พ.ศ. 2546 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษานิเวศวิทยาของสัตว์น้ำ
year for the expenditures of project (name)

วิจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 287000 บาท นั้น
for the amount of baht,

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546
I request the payment of research allocation monies for the Installment no.

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 143,500 บาท
for the amount of baht

ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้
as the following expense estimates:

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย
Temporary Wages Consisting of :

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ ปริญญาดุษฎี อัตราเดือนละ 16000 บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 1 คน เป็นเงิน 96000 บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ อัตราเดือนละ บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา เดือน จำนวน คน เป็นเงิน บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ บาท
Monthly employee at per month

ระยะเวลา เดือน จำนวน คน เป็นเงิน บาท
for duration of months No. of employees total amount baht

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ บาท
Daily employee at... per day

ระยะเวลา วัน จำนวน คน เป็นเงิน บาท
for duration of days No. of employees total amount baht

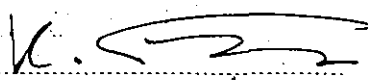
รวม 96000 บาท
Totaling baht

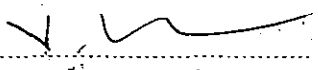
2. ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

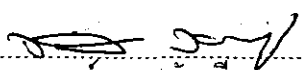
Compensation, service contracting and nonrenewable materials expenses

ค่าตอบแทนใช้สอย	เป็นเงิน	22,500	บาท
	total amount	22,500	baht
ค่าวัสดุ	เป็นเงิน	25,000	บาท
	total amount	25,000	baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
	เป็นเงิน		บาท
	total amount		baht
รวม		47,500	บาท
Totaling			baht

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
Your approval is hereby requested.


(รศ.ดร. ศิริเทพ เพ็ญขจร)
หัวหน้าโครงการวิจัย
Head of project


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัยด้านสัตวศาสตร์
Head of research Department
31, Oct, 56


(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรศิริ ลอประยูร)
รองคณบดีฝ่ายบริหารบัณฑิตศึกษาคณะสัตวศาสตร์
Dean
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

11 มี.ค. 256

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินงวดที่.....แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายงวดที่ <u>9/2546</u> ในวงเงิน <u>143,500</u> บาท (<u>หนึ่งแสนสี่หมื่นสามพันห้าร้อยบาทถ้วน</u>) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก..... (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา <u>5</u> <u>พ.ย.</u> <u>2546</u>	(3) ☐ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา <u>6</u> <u>พ.ย.</u> <u>2545</u>
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน <u>143,500</u> บาท (<u>หนึ่งแสนสี่หมื่นสามพันห้าร้อยบาทถ้วน</u>) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี <u>มทส. - โฉมฉาย ภาณุพงษ์ไชยพันธ์</u> เลขที่บัญชี <u>707-2-15672-4</u> ด้วย จักขอบคุณยิ่ง (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา <u>6</u> <u>พ.ย.</u> <u>2545</u>	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป (นางสาวดารณี ขำแจ้ง) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา <u>6</u> <u>พ.ย.</u> <u>2545</u>



ต้นฉบับ

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัญญาฉบับนี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบล
สุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 5 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 ระหว่าง มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี โดย ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบ
อำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีตามคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 1 / 2542 ลงวันที่
26 กุมภาพันธ์ 2542 และ ที่ 633 / 2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน”
ฝ่ายหนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต่อไปใน
สัญญานี้เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงกันมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย เรื่อง “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหิน
ด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” ตามเอกสารหมายเลข 3 ตั้งแต่วันที่ 5 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545
ถึง วันที่ 4 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เป็นจำนวนเงิน 287,000 บาท (สองแสนแปดหมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน)
โดย ผู้ให้ทุนจะจ่ายให้แก่ผู้รับทุนเป็นงวดตามรายละเอียดดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้
เป็นเงิน 143,500 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นสามพันห้าร้อยบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 143,500 บาท
(หนึ่งแสนสี่หมื่นสามพันห้าร้อยบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ผู้รับทุนส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อม
รายงานการเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำสถาบัน
วิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. เอกสารอันเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ได้แก่

- (1) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 1 / 2542 ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2542
- (2) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 633 / 2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
- (3) โครงการวิจัยเรื่อง การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบ
ปรับเปลี่ยน

(4) ระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีว่าด้วยเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539

(5) หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย

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

ข้อ 3. ผู้รับทุนจะดำเนินการตามวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการวิจัยที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามเอกสารหมายเลข 3 หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยประการใดก็ตามผู้รับทุนจะรีบรายงานให้ผู้ให้ทุนทราบทันทีเพื่อพิจารณาหาทางแก้ไขหรือดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

ข้อ 4. รายชื่อหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมทำการวิจัย และรายละเอียดของโครงการตามที่ปรากฏแนบท้ายสัญญา ผู้รับทุนจะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ นอกจากจะได้รับ ความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ให้ทุนก่อน

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

ทั้งนี้ โดยถือว่าระเบียบรวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติข้างต้นนั้น เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ข้อ 6. ผู้รับทุนจะควบคุมการใช้จ่ายเงินทุนให้เป็นไปอย่างประหยัดและจัดเตรียมหลักฐานบัญชีการจ่ายเงินเพื่อให้ผู้ให้ทุนตรวจสอบได้ทุกโอกาส

ข้อ 7. ผู้รับทุนยินยอมให้ ผู้ให้ทุน หรือผู้ที่ให้ทุนมอบหมายเข้าไปในสถานที่ทำงานของผู้รับทุน หรือสถานที่ที่ผู้รับทุนทำการวิจัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการติดตามและประเมินโครงการได้

ข้อ 8. ผู้รับทุนจะนำส่งผลงานดังนี้

(1) รายงานความก้าวหน้าพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1/2546

(2) รายงานความก้าวหน้าพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2546 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546

(3) เอกสารสรุปผลงานวิจัย ในรูปแบบและภาษาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป โดยส่งพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์และตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราว ๆ ไป

(4) การเสนอผลงานด้วยวาจา(Oral Presentation) ตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราว ๆ ไป

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

ข้อ 10. ในการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานวิจัย ในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดในแต่ละครั้ง ผู้รับทุนต้องระบุข้อความว่า “ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี” หรือข้อความอื่นที่มีความหมายเหมือนกัน

ข้อ 11. ในกรณีที่ผู้ร่วมวิจัยหลายคน ผู้รับทุนจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบดูแลผู้ร่วมวิจัยทุกคนให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องของผู้ให้ทุนอย่างเคร่งครัด

ข้อ 12. การระงับงานชั่วคราวและการบอกเลิกสัญญา

- (1) ผู้ให้ทุนมีสิทธิระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนเห็นว่าผู้รับทุนไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยความชำนาญหรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึงคาดหมายได้จากนักวิจัยในระดับเดียวกัน หรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญาและเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญานี้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้ให้ทุนจะมีหนังสือแจ้งให้ผู้รับทุนทราบ และการระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาดังกล่าวจะมีผลในเวลาไม่น้อยกว่า 60 วัน นับถัดจากวันที่ผู้รับทุนได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น
- (2) ผู้รับทุนมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ปฏิบัติหน้าที่ความรับผิดชอบตามที่สัญญาระบุไว้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้รับทุนจะต้องมีหนังสือถึงผู้ให้ทุน ระบุรายละเอียดถึงสาเหตุและเหตุผลในการขอเลิกสัญญา ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่น่าพอใจในระยะเวลา 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น ผู้รับทุนมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้
- (3) ในกรณีที่ผู้รับทุนไม่สามารถทำการวิจัยให้เสร็จตามที่ได้ตกลงไว้ ผู้รับทุนยินยอมคืนเงินอุดหนุนการวิจัยพร้อมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่รับไปแล้วทั้งหมดหรือบางส่วนทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของผู้ให้ทุน

ข้อ 13. ผู้ให้ทุนเป็นเจ้าของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ใด ๆ ที่ผู้รับทุนได้จัดซื้อโดยทุนทรัพย์ของผู้ให้ทุน จนกว่าจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น

ข้อ 14. ผู้รับทุนจะใช้และบำรุงรักษาครุภัณฑ์การวิจัยของผู้ให้ทุนให้อยู่ในสภาพดี ใช้การได้อยู่เสมอ และผู้รับทุนยินยอมให้ผู้ให้ทุนหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจากผู้ให้ทุนตรวจตราครุภัณฑ์การวิจัยซึ่งเป็นทรัพย์สินของผู้ให้ทุนได้ทุกขณะและทุกโอกาส และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยตามโครงการแล้ว ผู้รับทุนจะส่งคืนครุภัณฑ์ให้แก่ผู้ให้ทุนทันที นอกจากนี้จะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่น

ข้อ 15. การบอกกล่าว

บรรดาคำบอกกล่าวหรือการให้ความยินยอมหรือความเห็นชอบใด ๆ ตามสัญญานี้ต้องทำเป็นหนังสือและจะถือว่าได้ส่งไปโดยชอบแล้ว หากได้จัดส่งทางหนึ่งทางใดดังต่อไปนี้ คือ

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

ก. ที่อยู่ของผู้ให้ทุน

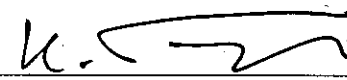
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

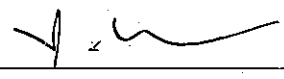
ข. ที่อยู่ของผู้รับทุน

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

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้ โดย
ตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน
(ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

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

(ลงชื่อ)  พยาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)  พยาน
(นางพรประภา ช้อนสุข)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบเสนอโครงการวิจัย

ประกอบกรอบงบประมาณเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546

(โครงการต่อเนื่องระยะเวลา 2 ปี ปีนี้เป็นปีที่ 1 รหัสโครงการวิจัย)

ทิศทางของการวิจัย ทิศทางที่ 1 การวิจัยที่นำประเทศไปสู่การพึ่งพาตนเอง

แผนวิจัย แผน 5 แผนวิจัยสร้างเทคโนโลยีหรือวิธีการใช้เทคโนโลยีในประเทศ

ลักษณะข้อเสนอการวิจัย สอดคล้องกับนโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545-2549)

- ☐ ส่วนที่ 1 ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศ (34 ชุดโครงการ)
- เป็นชุดโครงการวิจัยลูกภายใต้แผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย
- เป็นโครงการวิจัยเดี่ยว
- ☒ ส่วนที่ 2 การวิจัยประยุกต์ (7 หลักเกณฑ์)
- ☐ ส่วนที่ 3 การวิจัยพื้นฐาน (4 หลักเกณฑ์)

ส่วน ก : สารสำคัญของโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

(ภาษาไทย) การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

(ภาษาอังกฤษ) Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing

2. หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานวิจัยและที่อยู่ พร้อมทั้งชื่อหน่วยงานและลักษณะของการร่วมงานวิจัยกับหน่วยงานอื่น (ถ้ามี)

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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

โทรศัพท์ 044-224443 โทรสาร 044-224165, 224220 E-mail : kittitep@ccs.sut.ac.th

3. คณะผู้วิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)

หัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร (100%)

Assoc. Prof. Dr. Kittitep Fuenkajom

ผู้ร่วมวิจัย - ไม่มี -

4. ประเภทของงานวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)

5. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

วิศวกรรมธรณี วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมปิโตรเลียม

6. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษของโครงการวิจัย

Rock	Elasticity	Mechanics	Strength
หิน	ความยืดหยุ่น	กลศาสตร์	ความแข็ง
Stress	Strain	Failure	Deformation
ความเค้น	ความเครียด	การแตก	การวิรูป

7. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย และการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (reviewed literature)

ในการก่อสร้างหรือโครงการทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมโยธาที่เกี่ยวข้องกับงานด้านฐานรากในชั้นหิน ข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมทางด้านกลศาสตร์ของหินที่นำมาใช้หรือที่เกี่ยวข้องจะมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นองค์ประกอบขั้นพื้นฐานที่วิศวกรของบริษัทจะนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างนั้น ๆ เช่น อุโมงค์ เขื่อน ตัดถนน คลองชลประทาน และฐานรากของสะพานหรืออาคารใหญ่ ๆ ที่ก่อสร้างในชั้นหิน

ค่าใช้จ่ายที่จะต้องทุ่มเทไปเพื่อให้ได้ข้อมูลเหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูงมาก โดยค่าใช้จ่ายด้านคุณสมบัติของหินจะมีราคาประมาณ 3-7% ของงบประมาณทั้งหมดของโครงการ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะรวมไปถึงการเจาะแบบ Coring เพื่อให้ได้มาซึ่งหินตัวอย่างที่มีรูปร่างทรงกระบอกตามข้อกำหนด (Specifications) การเตรียมหินตัวอย่างในห้องทดลอง (Cutting and Grinding) และการทดลองด้วยเครื่องมือที่มีราคาแพง รูปแบบของการทดลองหลัก ๆ ก็คือการทดสอบแรงกดแบบแกนเดียวและสามแกน (Uniaxial และ Triaxial Compression Test) และการทดสอบแรงดึง (Brazilian Tensile Strength Test) การทดลองเช่นนี้ก็เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ทางด้านความต้านทานแรงกดในแกนเดียวและสามแกน ความต้านทานแรงดึง และความยืดหยุ่นของหิน (Elastic Modulus)

ดังนั้น การลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบนี้จึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยที่กำลังอยู่ในสถานะเศรษฐกิจตกต่ำ และในขณะเดียวกันยังต้องดำเนินโครงการใหญ่ ๆ ทางด้านวิศวกรรมธรณีเพื่อให้การพัฒนาประเทศเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

การใช้วิธีทดสอบแบบจุด (Point Load Testing) เป็นการทดลองโดยใช้แรงกดแบบจุดสองข้างของหินตัวอย่าง ซึ่งการทดสอบแบบนี้จะสามารถทำได้ในภาคสนาม เพราะเป็นเครื่องมือขนาดเล็กและง่ายต่อการทดสอบ อีกประการหนึ่งคือการทดสอบแบบที่เสนอนี้จะสามารถทำได้ไม่ว่าหินตัวอย่างจะมีรูปร่างอย่างไรก็ตาม นั่นคือไม่จำเป็นที่จะต้องกำหนดรูปร่างหินตัวอย่างให้เป็น Fixed Geometry การทดสอบแบบที่เสนอนี้รูปร่างหินตัวอย่างสามารถเป็นลักษณะ Irregular Shape ได้ จึงทำให้การทดสอบแบบนี้มีราคาถูก แต่ผลการทดสอบจะไม่แน่นอน และไม่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างได้โดยตรง ผลที่ได้จะเป็นแค่ดัชนีเท่านั้น (Point Load Index) ได้มีคณะผู้วิจัยหลายกลุ่มในต่างประเทศ เช่น Broch and Franklin (1972), Brook (1993), Reichmuth (1968) Turk and Dearman (1986) and Miller (1965) ได้พยายามกำหนดความสัมพันธ์

ระหว่างดัชนีจุดกดแบบ Point Load Index กับค่าความสามารถในการต้านแรงกด 1 ทิศทาง (Uniaxial Compression Strength) ของหิน แต่ความสัมพันธ์นี้มีความไม่แน่นอนและมีความเบี่ยงเบนรวมทั้งความผิดพลาดของค่า Strength มาก ดังนั้น ดัชนี (Index) นี้ จึงยังไม่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบได้โดยตรงและมั่นใจ

การทดสอบ Point Load Testing เพื่อหาดัชนี (Index) ของหิน ได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องเกือบ 30 ปี เริ่มต้นจาก Broch and Franklin (1972), Brook (1985), Brook (1993) จนมาถึงการตั้งการทดสอบที่เป็นมาตรฐานอย่างในอเมริกาตาม ASTM D5731 ในปี 1995 ความสัมพันธ์ระหว่าง Point Load Index กับความต้านแรงกด (Compressive Strength) ได้ถูกตั้งขึ้นโดยผู้วิจัยข้างต้นนี้ อาศัยเพียงข้อมูลทางสถิติของการทดสอบหินหลายชนิดเท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยโครงการนี้มีความขัดแย้งว่า ในการทดลองโดยใช้การทดสอบแบบจุดกดจะเกิด Compressive Shear Zone ขึ้นบริเวณใต้หัวกด ซึ่งหินในบริเวณนี้จะแตกในลักษณะแรงกดสองหรือสามแกน (Biaxial or Triaxial Compressive Strength) ดังนั้นควรมีความสัมพันธ์กับแรงกดสองหรือสามแกนมากกว่าการแตกภายใต้แรงกดแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength) และในขณะเดียวกันในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหินตัวอย่างจะมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินอีกด้วย

กิตติเทพ เพื่องขจร (2544) ได้เสนอการทดสอบแบบใหม่เรียกว่า การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing หรือเรียกย่อ ๆ ว่า MPL) เพื่อนำผลที่ได้มาคาดคะเนความต้านแรงกดและความต้านแรงดึงสูงสุดของหิน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สรุปว่า ผลที่ได้จากการทดสอบแบบ MPL สามารถนำมาคาดคะเนแรงกดสูงสุดและแรงดึงสูงสุดของหินได้ดีและแม่นยำกว่าการทดสอบแบบ Point Load Index Test แบบดั้งเดิม

ในปัจจุบัน ยังไม่มีการวิจัยของประเทศหรือผู้วิจัยท่านใดที่ได้พยายามค้นหาเบื้องหลังทางด้านกลศาสตร์ที่จะเข้าใจถึงการแตกของหินภายใต้จุดกด และยังไม่มีความรู้ที่จะพยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของจุดกดกับความยืดหยุ่นของหินและแรงกดสูงสุดในสามแกน

จากความพยายามที่จะลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบคุณสมบัติของหินเพื่อช่วยเศรษฐกิจของประเทศ ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะพัฒนาทฤษฎีใหม่เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติของหินที่ถูกต้องและครบถ้วน โดยการนำวิธีการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing) ที่ได้มีการดัดแปลงรูปร่างหน้าตัดของจุดกดมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายกลไกการเปลี่ยนรูปและการแตกของหิน และเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุดในสามแกนของหิน

8. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อค้นหาและประดิษฐ์การทดสอบวิธีใหม่ให้มีราคาถูก รวดเร็ว และง่ายกว่าวิธีเดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ของหิน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวงกว้าง สำหรับหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน อุโมงค์ คัดถนน ฐานรากของอาคาร หรือสะพานใหญ่ ๆ และเหมืองบนดินและใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นวิธีใหม่ที่จะนำเสนอจากผลของงานวิจัยนี้จะต้องพัฒนามาจากเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างกว้างขวาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์โดยตรงที่จะได้รับจากผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และทางด้านการวิชาการ

ทางด้านเศรษฐกิจ

ลดค่าใช้จ่ายทางการทดสอบคุณสมบัติของหิน การทดสอบโดยใช้วิธีใหม่และทฤษฎีใหม่จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 80-90% กล่าวคือ การทดสอบโดยวิธีเดิม เช่น Uniaxial Compression Test และ Triaxial Strength Test จะต้องมีการขุดเจาะเอาหินตัวอย่างที่เป็น core (ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก) และมีการเตรียมหินตัวอย่างเพื่อให้มีรูปร่างตามข้อกำหนดมาตรฐาน (ASTM specifications) การทดสอบทั้งสองชนิดข้างต้นจะมีราคาแพงมากและใช้เวลานาน เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการทดลองก็จะมีราคาสูงมาก (ในเมืองไทยมีเพียง 3 สถาบันเท่านั้นที่มีเครื่องมือที่สามารถทำการทดสอบหินเช่นนี้ได้อย่างสมบูรณ์แบบ คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Asian Institute of Technology และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รังสิต) ดังนั้น ค่าใช้จ่ายต่อ 1 หินตัวอย่างจะมีราคาอยู่ในระดับ 1,000-5,000 บาท (รวมค่าขุดเจาะ ขนส่ง เตรียม และเครื่อง) ขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณข้อมูลที่ต้องการ

ด้วยวิธีใหม่และใช้ทฤษฎีใหม่หินตัวอย่างจะมีขนาดเล็ก (เป็นรูปแผ่นกลม) มีวิธีการจัดเตรียมที่ง่ายขึ้นและใช้เครื่องมือที่มีราคาถูกและมีใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปในหน่วยงานต่าง ๆ จำนวนของหินตัวอย่างที่นำมาทดสอบด้วยวิธีใหม่นี้ก็สามารถเพิ่มจำนวนมากขึ้นได้เพราะค่าใช้จ่ายในการทดสอบจะต่ำมาก ค่าใช้จ่ายต่อ 1 หินตัวอย่างก็จะมีราคาต่ำคือจะมีราคาน้อยกว่า 100 บาทต่อ 1 หินตัวอย่าง

ทางด้านการวิชาการ

เนื่องจากราคาค่าทดสอบหินในห้องทดลองจะลดลงมากด้วยงบประมาณที่เท่ากัน จำนวนหินตัวอย่างที่จะทดสอบได้ก็จะมากขึ้น การทดสอบหินในหลาย ๆ จุดในพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมโยธา จะทำให้ได้ข้อมูลทางด้านคุณสมบัติของหินมากขึ้น ละเอียดยิ่งขึ้น และแม่นยำขึ้น ข้อดีเช่นนี้จะทำให้การออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ (ไม่ว่าจะเป็นอุโมงค์ เขื่อน สะพาน อาคาร หรือการตัดถนน) มีความถูกต้องและง่ายต่อการคำนวณเรื่องระดับของความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor of Safety) และในที่สุดก็จะลดการสูญเสีย (พังทลายของโครงสร้างต่าง ๆ) ที่อาจจะเกิดจากการออกแบบโดยใช้ข้อมูลของคุณสมบัติของหินที่ไม่เพียงพอ

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมไปถึงสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธา

หน่วยงานในภาครัฐจะประกอบด้วยหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เขื่อนแบริ่นดินและไคดิน ถนน ทางรถไฟ การสำรวจและผลิตน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ สะพานขนาดใหญ่และตึกขนาดใหญ่ที่มีฐานรากอยู่ในหิน หน่วยงานเหล่านี้ คือ กรมทรัพยากรธรณี

กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การปิโตรเลียม กรมทางหลวง กรมโยธาธิการ และการรถไฟแห่งประเทศไทย เป็นต้น

เช่นเดียวกันหน่วยงานในภาคเอกชนจะประกอบด้วย บริษัทที่ประกอบการทางด้านการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น บริษัทที่ปรึกษา บริษัทผู้รับเหมา บริษัทผู้ออกแบบและบริษัทที่ให้บริการการทดสอบคุณสมบัติของหิน

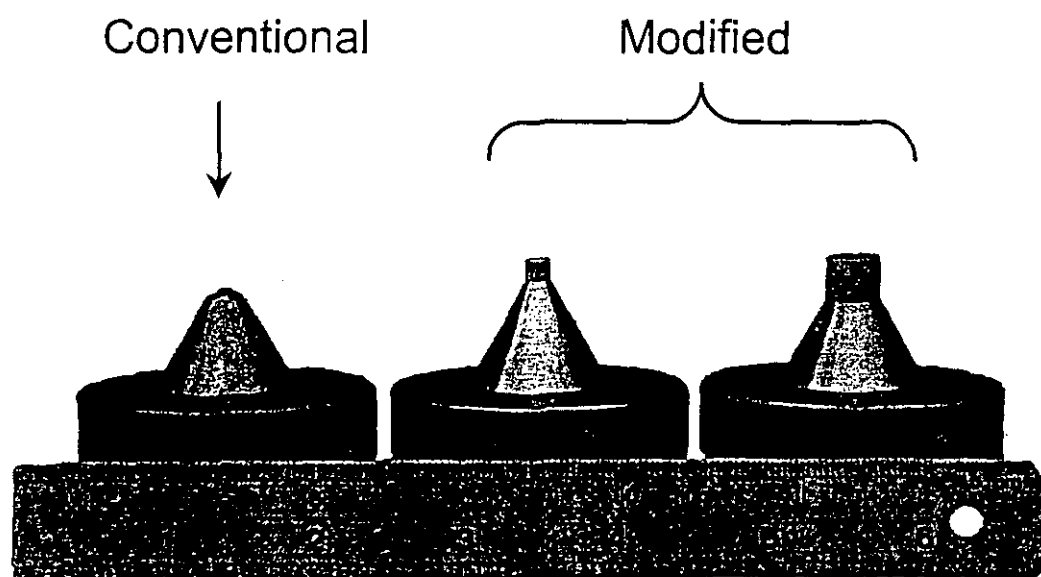
ส่วนสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธา จะสามารถนำข้อเสนอทางด้านทฤษฎีใหม่นี้ไปใช้โดยตรง ไปทำการศึกษาค้นคว้า หรือไปทำการปรับปรุงเพื่อให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากขึ้น หรือเพื่อนำไปประยุกต์ให้มีข้อจำกัดของทฤษฎีน้อยลง การปรับปรุงทฤษฎีนี้จะสามารถทำได้ในระดับการศึกษาชั้นสูง เช่น บัณฑิตศึกษา เป็นต้น

10. ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด

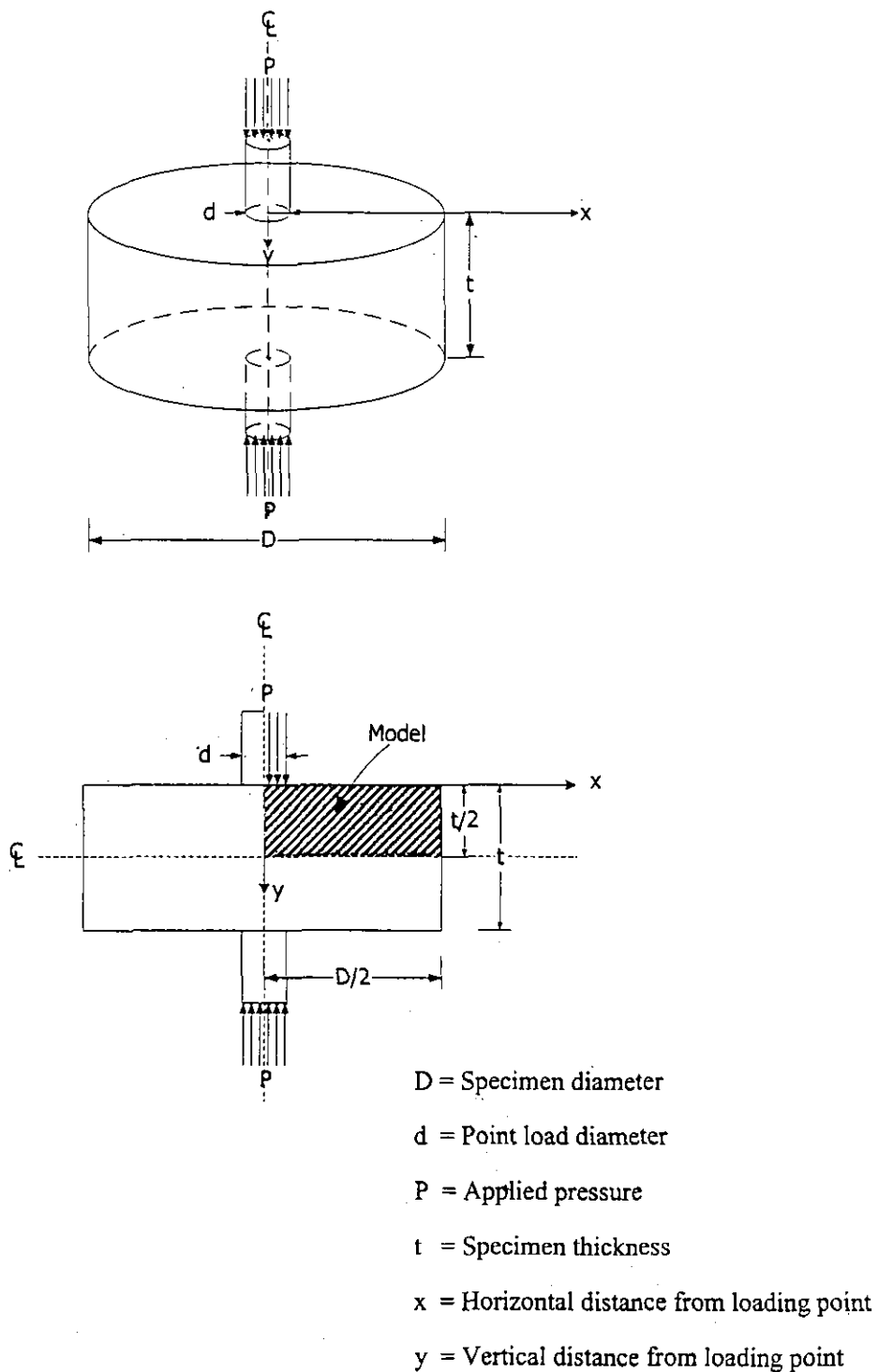
การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL) ดังแสดงให้เป็นในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ที่ได้ถูกพัฒนาและพิสูจน์แล้วว่าหวักดแบบปรับเปลี่ยนจากหวัมนโค้งมาเป็นหวัคดเรียบ จนสามารถคำนวณหาค่าความต้านแรงกด (Compressive Strength) ที่แม่นยำกว่าการประมาณค่าจากการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิม (CPL) อีกทั้งการทดสอบแบบ MPL สามารถคำนวณค่าความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ของหิน ซึ่งการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิม (CPL) ไม่สามารถทำได้

ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะพัฒนาทฤษฎีต่อจากเดิมเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติของหินที่ถูกต้องและครบถ้วน การทดสอบที่ใช้หวัคดแบบคดเรียบจะนำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายกลไกการเปลี่ยนรูปและการแตกของหินภายใต้ความดัน โดยจะสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และค่าแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength) ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิม (Uniaxial Compression และ Triaxial Compression) เพื่อหาค่าเหล่านี้จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงมาก แต่การทดสอบแบบใหม่ที่จะมีการพัฒนานี้มีราคาถูก และสามารถนำไปปฏิบัติในภาคสนามได้อย่างรวดเร็ว และทำให้บริษัทที่ปรึกษา บริษัทสำรวจ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถลดต้นทุน และลดการใช้พลังงานในการทดสอบคุณสมบัติของหินที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและวิเคราะห์ได้

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการทดสอบแบบใหม่นี้จะสอดคล้องกับทฤษฎีใหม่ที่ดัดขึ้น และสามารถนำหวัคดแบบปรับเปลี่ยนไปประยุกต์ใช้กับเครื่องทดสอบแบบเก่าที่มีอยู่และใช้อยู่ทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและการขนส่งตัวอย่าง ซึ่งการประหยัดพลังงานนี้จะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง เวลา และรวมไปถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ด้วย นอกจากนี้จะเป็นการแก้ปัญหาพื้นฐานหลักที่ทุกหน่วยงานหรือบริษัทที่ทำงานด้านภาคสนามเหล่านี้ประสบเหมือนกัน ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงสามารถขยายผลไปสู่หน่วยงานหรือบริษัทต่าง ๆ ที่มีปัญหาในลักษณะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการแก้ปัญหานี้จะสามารถแก้ปัญหาได้ทั้งในระดับชาติ และในระดับนานาชาติ



รูปที่ 1 หัวกดแบบดั้งเดิม (Conventional) และหัวกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified) ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่นและความต้านแรงกดในสามแกน



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงลักษณะของตัวอย่างหินภายใต้การทดสอบแบบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน การวิเคราะห์เบื้องต้นนี้ จะมีการกดตัวอย่างหินตามแนวแกนโดยหินจะมีรูปทรงกระบอก (หรือแผ่นกลม) โดยมีขนาดและอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ต่อความหนา (t) ที่ต่าง ๆ กัน

11. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กิตติเทพ เพื่องขจร (2544). การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา

ASTM D2664-80, Standard test method for triaxial compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D2938-79, Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D3148-96, Standard test method for elastic modulus of intact rock core specimens in uniaxial compression. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D3967-81, Standard test method for splitting tensile strength of intact rock core specimens. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D5731-95, Standard test method for determination of the point load strength index of rock, *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Bieniawski, Z.T., 1974. Estimating the strength of rock materials. *J. Inst. Min. Metall.*, 7: 123-137.

Bieniawski, Z.T., 1975. The point-load test in geotechnical practice. *Engng. Geol.*, 9: 1-11.

Broch E. and Franklin J.A., 1972. The point-load test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 9, 669-697.

Brook N., 1977. The use of irregular specimens for rock strength tests. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 14, 193-202.

Brook N., 1979. Estimating the triaxial strength of rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 16, 261-264.

Brook N., 1985. The Equivalent core diameter method of size and shape correction in point load testing. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 22, 61-70.

Brook, N., 1993. The measurement and estimation of basic rock strength. *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practices, and Projects*, Pergamon Press, Oxford, pp. 41-66.

- Brown E.T., 1981. *Rock Characterization Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods*. International Society for Rock Mechanics, Pergamon Press, 211 pp.
- Butenuth, C., 1997. Comparison of tensile strength values of rocks determined by point load and direct tension tests. *Rock Mech. Rock Engng.* 30: 65-72.
- Carter B.J., Scott Duncan E.J. and Laitai E.Z., 1991. Fitting strength criteria to intact rock. *Geotech. Geol. Eng.* 9, 73-81.
- Chau, K.T. and Wong, R.H.C., 1996. Uniaxial compressive strength and point load strength of rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 33: 183-188.
- Costin, L.S., 1987. Time-dependent deformation and failure. In: B.K. Atkinson (Editor), *Fracture Mechanics of Rock*. Academic press, London, 534 pp.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966. Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock. U.S. Air Force Weapons Lab. Rep., AFWL-TR-65-116.
- Desai, C.S. and Siriwardane, H.J., 1984. *Constitutive Laws for Engineering Materials with Emphasis on Geologic Materials*. Prentice-Hall, New Jersey, N.J., 468 pp.
- Evans, I., 1961. The tensile strength of coal. *Colliery Eng.*, 38: 428-434.
- Forster, I.R., 1983. The influence of core sample geometry on the axial point load test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 7 Geomech. Abstr.*, 20: 291-295.
- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 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 Daemen, J.J.K., 1991b. Borehole stability in Densely Welded Tuffs. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Rep., NUREG/CR 5687.
- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1991c. An empirical strength criterion for heterogeneous welded tuff. ASME Applied Mechanics and Biomechanics Summer Conference, June 16-19, Ohio University, Columbus.
- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1991a. Mechanical Characterization of the Densely Welded Apache Leap Tuff. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Rep., NUREG/CR 5688.

- Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1992. An empirical strength criterion for heterogeneous tuff. *Engineering Geology: An International Journal*, Elsevier Science Publishing Co., 32, 209-223.
- Fuenkajorn, K. and Serata, S. 1993. Numerical simulation of strain-softening and dilation of rock 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.
- Ghosh, A., Fuenkajorn, K. and Daemen, J.J.K., 1995. Tensile strength of welded Apache Leap tuff: investigation for scale effects. *Proc. 35th U.S. Rock Mech. Symposium*, University of Nevada, Reno, June 5-7, pp. 459-646.
- Goodman, R.E., 1989. *Introduction to Rock Mechanics*, 2nd edn., Wiley, New York, 562 pp.
- Hiramatsu, Y. and Oka, Y., 1966. Determination of the tensile strength of rock by a compression test of an irregular test piece. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 3: 89-99.
- Hoek, E., 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion- Technical note. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 27, 227-229.
- Hoek, E., and Brown, E.T., 1980. Empirical strength criterion for rock masses. *J. Geotech. Eng. Div.*, 106 (GT9): 1013-1035.
- Horii, H., and Nemat-Nasser, S., 1985. Compression-induced microcrack growth in brittle solids: axial splitting and shear failure. *J. Geophys. Res.*, 90: 3105-3125.
- Hudson, J.A., Brown, E.T. and Fairhurst, C., 1971. Shape of the complete stress-strain curve for rock. *Proc. 13th U.S. Sym. Rock Mechanics*, pp. 773-795.
- Jaeger, J.C. and Cook, N.G.W., 1979. *Fundamentals of Rock Mechanics*, Chapman and Hall, London, 593 pp.
- Kaczynski, R.R., 1986. Scale effect during compressive strength of rocks. *Proc. 5th Int. Assoc. Eng. Geol. Congr.*, pp. 371-373.
- Lundborg, N., 1967. The strength-size relation of granite. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 4: 269-272.
- Miller, R.P., 1965. Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock. Ph.D. Dissertation., Univ. Of Illinois, Urbana, Ill., 92 pp.
- Nimick, F.B., 1988. Empirical relationships between porosity and the mechanical properties of tuff. *Key Questions in Rock Mechanics*, Balkema, Rotterdam, pp. 741-742.

- Reichmuth D.R., 1968. Point-load testing of brittle materials to determine tensile strength and relative brittleness. *Proc. 9th U.S. Symp. Rock Mech.*, University of Colorado, pp. 134-159.
- Sammis, C.G. and Ashby, M.F., 1986. The failure of brittle porous solid under compressive stress states. *Acta Metall.*, 34: 511-526.
- Sendeckyj, G.P., 1972. A brief survey of empirical multiaxial strength criteria for composites. *Proc. 2nd Conf. Composite Materials: Testing and Design*, ASTM STP 497: 41-51.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992a. Finite element program 'GEO' for modeling brittle-ductile deterioration of aging earth structures. SMRI Paper, Presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, October 19-22, Houston, Texas, 24 pp.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992b. Formulation of a constitutive equation for salt. *Proc. Seventh International Symposium on Salt*, April 6-9, Kyoto, Japan, published by Elsevier Science publishers, B.V., Amsterdam, Vol. 1, pp. 483-488.
- Sheorey, P.R., Biswas, A.K. and Choubey, V.D., 1989. An empirical failure criterion for rocks and jointed rock masses, *Eng. Geol.* 26: 141-159.
- Taliercio, A. and Sacchi Landrianni, G., 1988. Failure criterion for layered rock. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.*, 25: 299-305.
- Turk, N. And Dearman, W.R., 1986. A correction equation on the influence of length-to-diameter ratio on the uniaxial compressive strength of rocks. *Eng. Geol.*, 22: 293-300.
- Wei, X.X., Chau, K.T. and Wong, R.H.C., 1999. Analytic solution for axial point load strength test on solid circular cylinders. *J. Engng. Mech.*, December, pp. 1349-1357.
- 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.
- Wijk, G., 1978. Some new theoretical aspects of indirect measurements of the tensile strength of rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 15: 149-160.
- Wijk, G., 1980. The point load test for the tensile strength of rock. *Geotech. Test.*, ASTM 3: 49-54.

12. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยจะแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนได้แสดงดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร ราชงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบจุดทั้งแบบดั้งเดิมและแบบปรับเปลี่ยน รวมทั้งวิธีการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นแบบต่าง ๆ การทดสอบแรงกดในสามแกน และกลไกการแตกของหินภายใต้จุดกด จะนำมาศึกษาและค้นหาข้อสรุปเพื่อที่จะได้รู้ว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่องานวิจัยที่นำมาเสนอ โดยชื่อของสิ่งตีพิมพ์เหล่านี้จะนำมาแสดงอย่างละเอียดในรายงานขั้นสุดท้าย ซึ่งจะเขียนในรูปของ Bibliography

ขั้นตอนที่ 2 : การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะดำเนินการสำรวจพื้นที่ คัดเลือก และเก็บหินตัวอย่างจากภาคสนามเพื่อนำมาทดสอบ หินตัวอย่างสี่ชนิดจะถูกเลือกมาใช้ในการทดสอบแบบต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) หินที่จะเก็บมาเป็นตัวอย่างควรประกอบด้วย 1) หินอ่อนหรือหินปูน 2) หินทราย 3) หินแปร และ 4) หินอัคนี หินตัวอย่างจะถูกนำมาเจาะ คัด และฝนให้ผิวเรียบในห้องทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดลองแต่ละชนิด การจัดเตรียมหินตัวอย่างจะอาศัยมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards หินตัวอย่างที่เตรียมได้เหล่านี้จะนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาทางด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน

การศึกษาทางด้านทฤษฎีจะแบ่งเป็นสองแนวทาง คือ

3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่โดยใช้ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของหิน

ก่อนที่จะตั้งข้อสมมติฐานสำหรับทฤษฎีใหม่และการทดลองแบบใหม่เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงในสามแกนโดยวิธีการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน ผู้วิจัยจะศึกษาและพัฒนาทฤษฎีเบื้องต้น ข้อสมมติฐาน (Assumptions) และข้อจำกัด (Limitations) ของทฤษฎีที่ได้เสนอมาแล้ว ตัวอย่างเช่น ทฤษฎีการแพร่กระจายของความเค้น (Stress Distribution) ของหินที่อยู่ใต้จุดกด (Load Platen) ความรู้เหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการสร้างทฤษฎีใหม่สำหรับ MPL และจะสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของจุดกดกับความยืดหยุ่นของหิน และแรงกดสูงในสามแกน ความสัมพันธ์เหล่านี้จะนำมาเกี่ยวข้องกับขนาดของหินตัวอย่าง หรืออีกนัยหนึ่งจะเกี่ยวข้องกับระยะห่างระหว่างจุดกดด้านบนและด้านล่างของหินตัวอย่าง

3.2 การใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ (Numerical Analysis)

จะใช้ระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์หรือ Finite Element Analysis (Desai and Siriwardane, 1984) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การกระจายของความเค้น ความเครียดและการวิรูปของหินตัวอย่างที่ทดสอบด้วยจุดกดแบบปรับเปลี่ยน การทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมพิวเตอร์จะช่วยให้เข้าใจได้ว่าผลกระทบของขนาดของหินตัวอย่าง ผลกระทบของขนาดความต้านแรงใต้จุดกด และผลกระทบของความเสียดทานระหว่างหัวกดและหินตัวอย่างนั้นมีผลอย่างไร ต่อการยุบตัวของหินตัวอย่างภายใต้การทดสอบจุดกด

แบบปรับเปลี่ยน และสามารถบอกได้ว่าทฤษฎีที่ได้พัฒนามานั้นมีข้อจำกัดและข้อสมมุติฐานอย่างไรบ้าง ดังนั้น ในการศึกษาแนวทางที่สองนี้จะแบ่งการศึกษาเป็นส่วนต่าง ๆ คือ

- 1) การศึกษาหาผลกระทบของขนาดและรูปร่างของหินตัวอย่าง
- 2) การศึกษาหาผลกระทบของ Poisson's ratio
- 3) การศึกษาหาผลกระทบของความเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างหัวกดแบบปรับเปลี่ยนกับหินตัวอย่าง

ในการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จะใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมชื่อ GEO ซึ่งพัฒนาโดย Fuenkajorn and Serata (1993) และ Serata and Fuenkajorn (1992) และโปรแกรม FEM2D (Desai and Siriwardane, 1984) มาใช้ โดยแผนภูมิการแพร่กระจายของความเค้นจะนำมาเสนอในรูปของแผนภูมิความสัมพันธ์ที่ได้จากการคำนวณผลจากหินตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันและมีระยะทางระหว่างจุดกดต่างกัน ซึ่งจะนำมาหาความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินและแรงกดสูงสุดในสามแกน

ขั้นตอนที่ 4 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วยการทดสอบหลายชุด และจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM Standards โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน และการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL)

4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วยการทดสอบสี่ชนิด คือ

4.1.1) การทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength Test)

การทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D2938-79 ซึ่งหินตัวอย่างสี่ชนิดจะมีขนาด L/D ratio เท่ากับ 2-3 และหินแต่ละชนิดจะถูกทดสอบ 10 ตัวอย่าง โดยจะถูกกดทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดที่อัตราความเร็วคงที่ (Constant loading rate) ตามแนวแกน

4.1.2) การทดสอบแรงดึงแบบบราซิล (Brazilian Tensile Strength Test)

การทดสอบแรงดึงแบบบราซิลจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D3967-81 เพื่อหาแรงดึงของหินตัวอย่างทั้งสี่ชนิด โดยจะกำหนดค่า L/D ratio คงที่เท่ากับ 0.5 เส้นผ่านศูนย์กลางของหินตัวอย่างจะผันแปรจาก 2, 3 ไปจนถึง 4 นิ้ว โดยจะทำการทดสอบ 10 ตัวอย่างในแต่ละขนาดของตัวอย่างหินทั้งสี่ชนิด

4.1.3) การทดสอบแรงกดในสามแกน (Triaxial Compressive Testing)

วิธีการทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D2664-86 ในการทดลองจะใช้หินตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 54 mm และ L/D = 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย เครื่องกด ปัมป์ไฮดรอลิกความดันสูงสำหรับให้ความดันล้อมรอบคงที่ และกระบอกกด (Cell) แบบ Hoek-Franklin หินตัวอย่างจะได้รับความดันล้อมรอบ (σ_3) จากการอัดความดันโดยปัมป์ไฮดรอลิกด้วยความดันที่ต่างกันตามลำดับของแต่ละหินตัวอย่าง แล้วทำการทดสอบกดตามแนวแกนของทรงกระบอกด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ จะได้ค่าความต้านแรงกดในแนวแกน (σ_1) โดยจะทำการทดสอบ 10 ตัวอย่างในแต่ละชนิดหิน

4.1.4) การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินโดยแรงกดในแกนเดียว (Elastic Modulus Test in Uniaxial Compression)

การทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D3148-96 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น หินตัวอย่างจะถูกเตรียมเป็นรูปทรงกระบอกเช่นเดียวกับการทดสอบแรงกดในแกนเดียว โดยให้มีความอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางต่อความยาวของหินตัวอย่างเท่ากับ 2-3 ทำการทดสอบตามแนวแกนด้วยอัตราความเร็วคงที่ ทำการตรวจวัดการวิรูปทั้งตามแนวแกน (Axial deformation) และแนวด้านข้าง (Lateral Deformation) ด้วย High-precision digital gages เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินตัวอย่างแต่ละชนิด ชนิดละ 5 ตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น

4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing) จะแบ่งออกเป็นสองแนวทาง คือ

4.2.1) การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัวของจุดกดกับสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Elastic Modulus)

การทดลองจะใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความหนาของหินตัวอย่างจาก 1 ถึง 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวกด โดยจะทดสอบที่อัตราส่วนของความหนาหินตัวอย่างและขนาดหัวกด (v/d) ต่างกัน และจะทดสอบ 5 ตัวอย่างในแต่ละขนาดและรูปร่าง การทดสอบจะทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการยุบตัวด้วย High-precision digital gages เพื่อสร้างความสัมพันธ์และคำนวณสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินแต่ละชนิด และจะทำการทดสอบหาผลกระทบของขนาดหัวกด โดยใช้หัวกดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดผันแปรจาก 10 mm ถึง 20 mm เพื่อหาขนาดหัวกดแบบปรับเปลี่ยนที่เหมาะสม

4.2.2) การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุดกับแรงกดสูงสุดในสามแกน (Triaxial Compressive Strength)

การทดสอบจะใช้หินตัวอย่างแต่ละชนิดที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งจะแปรความกว้างจาก 1 นิ้ว ไปถึง 6 นิ้ว โดยที่ความหนาจะคงที่ ซึ่งจะทดสอบที่อัตราส่วนความกว้างของหินตัวอย่างและขนาดหัวกด (D/d) ต่าง ๆ กัน และจะทดสอบ 5 ตัวอย่างหินในแต่ละขนาดและรูปร่าง ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนด้วยหินตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันจะสามารถบ่งบอกถึงผลกระทบของความดันล้อมรอบ (σ_3) และสามารถหาจุดแบ่งระหว่างความดันล้อมรอบที่เกิดขึ้นและความต้านแรงกดที่ใช้ต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่ความสัมพันธ์กับแรงกดในสามแกนที่ทดสอบแบบมาตรฐาน

เหตุที่สามารถบอกได้ก็เพราะใช้ทฤษฎีที่พัฒนาในขั้นตอนที่ 2 และผลการทดลองจากการทำการทดสอบแบบพื้นฐาน (Uniaxial, Brazilian และ Triaxial Testing) เข้ามาเป็นตัวชี้แนะ ผลที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสร้างเกณฑ์การวิบัติ (Failure criterion) ของหินแต่ละชนิด และเพื่อทำการกำหนดขนาดของหัวกดที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นมาตรฐานต่อไป ความสัมพันธ์ที่ได้จากผลการทดสอบโดยใช้หัวกดแบบใหม่จะถูกเชื่อมโยงกับการทดสอบคุณสมบัติของหินทั้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและแรงกดสูงสุดในสามแกน

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 จะนำมาตรวจสอบทางด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ของข้อมูล และจะตรวจสอบทางด้านความสัมพันธ์ทางสถิติ เมื่อตรวจสอบได้แล้วจะนำมาสร้างทฤษฎีใหม่ โดยการสร้างความสัมพันธ์ทางด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ

- 1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัวของ การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน กับความยืดหยุ่นของหิน และ
- 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงกดของการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน กับแรงกดสูงสุดในสามแกน

นอกจากนั้นแล้วค่าความเค้นสูงสุดและต่ำสุดตามแนวจุดกดจะนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้ในการอธิบายการแตกของหิน (เช่นของ Coulomb criterion) เพื่อสร้างทฤษฎีการแตกของหินที่ใช้การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

ส่วนผลกระทบในเรื่องขนาดของหินตัวอย่าง (Size Effect) ก็จะมีการศึกษาทางด้านสถิติ (Ghosh et al. (1995), Lundborg (1967)) และทางด้านการประมาณการคาดคะเน (Prediction) ตาม Fuenkajorn and Daemen (1986, 1991a, 1992) ด้วยวิธีนี้ผลกระทบของขนาดของหินตัวอย่าง ก็จะสามารถนำมารวมกับความสัมพันธ์ของความเค้นได้ในเชิงตัวเลขที่แน่นอน ส่วนเรื่องการแปรปรวนที่มีผลมาจากลักษณะการไม่เป็นเนื้อเดียวกันของหิน (Non-homogeneous) ก็จะถูกนำมาศึกษาเพื่อปรับปรุงความสัมพันธ์ที่กล่าวข้างต้น การแก้ไขนี้จะใช้วิธีที่เสนอโดย Fuenkajorn and Daemen (1992)

ขั้นตอนที่ 6 : การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานความก้าวหน้าและในรายงานฉบับสมบูรณ์เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ นอกจากนั้นแล้วผลการวิจัยขั้นนี้จะนำตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ เพื่อเผยแพร่ความรู้และรับข้อเสนอแนะในหมู่นักวิชาการทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมโยธา และทางด้านธรณีวิทยาประยุกต์

13. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับ 1) การสำรวจธรณีวิทยาในภาคสนาม 2) การจัดเตรียมและทดสอบตัวอย่างหินสี่ชนิดในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ 3) การศึกษาทางด้านทฤษฎีและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน 4) การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัวของจุดกดกับค่าความยืดหยุ่นของหิน (Elastic Modulus) และระหว่างแรงกดสูงสุดของจุดกดกับความต้านแรงกดในสามแกน (Triaxial compressive strength)

งานวิจัยนี้จะเน้นไปที่คุณสมบัติความยืดหยุ่นของมวลหิน และการวิบัติของหินภายใต้แรงกดสามแกน โดยจะนำทฤษฎีทางด้านความยืดหยุ่นของหินมาประยุกต์ใช้ (Theory of elasticity) การวิบัติของหินในสามแกนจะอาศัยกฎของ Coulomb เพื่ออธิบายถึงแรงกดและแรงดึงสูงสุด กล่าวคือความเค้นเฉือน (τ) จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเค้นในแนวตั้งฉาก (σ_n) ในขอบเขตการศึกษา

ทั้งหมดจะไม่รวมถึงความเป็นพลาสติกของหิน เพราะความดันล้อมรอบที่ใช้ในการทดสอบจะมีค่าต่ำ กลไกการแตกของหินจะอยู่ในขอบเขตของวัสดุที่มีความเปราะเท่านั้น (Brittle materials)

งานวิจัยที่เสนอมานี้จะถูกจำกัดด้านขนาดของหินตัวอย่าง สิ่งแวดล้อมของการทดลอง ชนิดของหิน ตัวอย่าง และด้านตัวแปรบางตัวของการทดลอง เช่น ความเร็วของการกดหินตัวอย่างจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (Costin, 1987) อุณหภูมิของการทดลองจะเป็นค่าคงที่ การทดลองจะทำในลักษณะแห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหินตัวอย่างรูปทรงกระบอกจะกำหนดให้อยู่ระหว่าง 1-4 นิ้ว และเนื่องจากมีงบประมาณจำกัด การทดลองจะใช้หินตัวอย่างเพียงสี่ชนิดเท่านั้น คือ หินอ่อนหรือหินปูน หินทราย หินแปร และหินอัคนี จำนวนหินตัวอย่างที่เตรียมมาใช้ในการทดลองแต่ละขนาดจะไม่เกิน 10 ชิ้น นอกจากนี้แล้วงานวิจัยจะไม่ลงลึกถึงการศึกษาทางด้านคุณลักษณะ Microscopic ของหิน การตรวจสอบการแตกของหินตัวอย่างจะอยู่ในระดับ Macroscopic เท่านั้น กล่าวคือ จะอยู่ใน Scale ที่เล็กที่สุดเพียงมิลลิเมตร (Horii and Nemat-Nasser (1985), Nimick (1988))

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลองและ / หรือเก็บข้อมูล

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี (ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547)

สถานที่ทำการทดลองหรือเก็บข้อมูล งานวิจัยจะดำเนินการที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา สำหรับตัวอย่างหินจะเก็บที่เหมืองหินต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

15. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1				ปีที่ 2			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→							
2. การเก็บและจัดเตรียมหินตัวอย่าง								
- การสำรวจและการเก็บหินตัวอย่าง	←→				←→			
- การจัดเตรียมหินตัวอย่างสำหรับการทดลอง	←→				←→			
3. การศึกษาด้านทฤษฎีของกลไกการแตกของหิน								
3.1 การตั้งทฤษฎีใหม่	←→							
3.2 การศึกษาระเบียบคำนวณเชิงตัวเลขทางคอมพิวเตอร์ Finite Element Analysis	←→							
4. การทดลองในห้องปฏิบัติการ								
4.1 การทดสอบเพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐาน	←→							
4.2 การทดสอบจุดก่อกแบบปรับเปลี่ยน	←→							
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง								
5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่น			←→					
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกดสูงสุดในสามแกน			←→					
6. การสรุปผลและการเขียนรายงาน		←→		←→		←→		←→

16. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

การทดสอบด้วยวิธีใหม่จะถูกตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ เช่น International Journal of Engineering Geology, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences หรือ Journal of Geotechnical and Mining Engineering และจะนำเสนอในการประชุมทางวิชาการในประเทศเพื่อเผยแพร่แนวคิด วิธีการ และเพื่อให้วิศวกรและหน่วยงานที่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องนำวิธีการไปประยุกต์ใช้ให้เป็นรูปธรรม ข้อวิจารณ์และข้ออภิปรายจากผู้ร่วมประชุมหรือจากผู้ที่นำไปประยุกต์ใช้จะนำมาปรับปรุงวิธีการทดสอบแบบใหม่นี้

ผู้วิจัยไม่มีจุดประสงค์ที่จะจดสิทธิบัตรจากผลงานวิจัยนี้ เนื่องจากต้องการให้ผลงานวิจัยถูกนำไปประยุกต์ใช้ในวงกว้าง และปราศจากข้อจำกัดทางด้านกฎหมาย

17. อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัย (ถ้ามี)

17.1 อุปกรณ์การวิจัยที่มีอยู่แล้ว

- | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1. Compression machine | 2. Triaxial cell | 3. Point Load testing |
| 4. High pressure oil pump | 5. High-precision digital gages | 6. Rock coring machine |
| 7. Rock Cutting machine | 8. Rock grinding machine | 9. Computer and Printer |

17.2 อุปกรณ์การวิจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี -

18. งบประมาณของโครงการวิจัย

18.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปี 2546
1. ค่าจ้างชั่วคราว นักศึกษาระดับปริญญาเอก 1 คน เดือนละ 16,000 บาท (ผู้ช่วยวิจัย)	192,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่ ค่าเดินทางสำรวจและเก็บหินตัวอย่าง 10 วัน (ค่าเช่ารถ 1,500 บาท/วัน ค่าน้ำมัน 1,000 บาท/วัน) ค่าเบี้ยเลี้ยงและที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม ค่าพิมพ์รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าหินตัวอย่าง (10,000) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน फिल्मถ่ายรูป แผ่น CD และ Diskette และค่าวัสดุอื่น ๆ	50,000
4. ค่าครุภัณฑ์	
รวม	287,000

18.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อ ๆ ไป ตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปี 2547
1. ค่าจ้างชั่วคราว นักศึกษาระดับปริญญาเอก 1 คน เดือนละ 16,000 บาท (ผู้ช่วยวิจัย)	192,000
2. ค่าตอบแทน/ค่าใช้สอย ได้แก่ ค่าเดินทางสำรวจและเก็บหินตัวอย่าง 10 วัน (ค่าเช่ารถ 1,500 บาท/วัน ค่าน้ำมัน 1,000 บาท/วัน) ค่าเบี้ยเลี้ยงและที่พัก ค่าพาหนะ ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม ค่าพิมพ์รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่น ๆ	45,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน ฟิล์มถ่ายรูป แผ่น CD และ Diskette และค่าวัสดุอื่น ๆ	40,000
4. ค่าครุภัณฑ์	-
รวม	277,000

18.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

- ไม่มี -

19 โครงการต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

19.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมาจริง

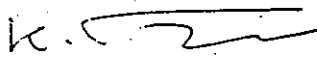
ไม่มี เพราะเป็นปีที่ 1

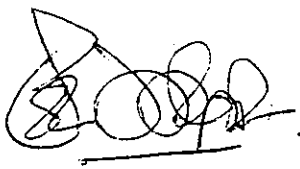
19.2 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (โปรดใส่รายละเอียดใน แบบ ค-1ค ด้วย)

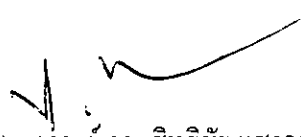
ไม่มี เพราะเป็นปีที่ 1

20 ค่าจ้างอื่น ๆ (ถ้ามี)

- ไม่มี -


(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพื่องขจร)
หัวหน้าโครงการวิจัย
วันที่ 14 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2545


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธรา เล็กอุทัย)
รักษาการแทนหัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี
วันที่ 14 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2545


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริชัย แสงอาทิตย์)
หัวหน้าสถานวิจัย
วันที่ 15 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2545

ส่วน ข ประวัติคณะผู้วิจัย

- ชื่อ (ภาษาไทย) นาย, นาง, นางสาว กิตติเทพ นามสกุล เพื่องขจร
(ภาษาอังกฤษ) Mr., Mrs., Miss. KITTITEP FUENKAJORN
- รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ (ถ้ามี)
42-50-0057
- ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ด.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-224441, 224443
โทรสาร : 044-224220, 224165
E-mail : kittitep@ccs.sut.ac.th
- ประวัติการศึกษา

ปีจบ	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก และ ประกาศนียบัตร)	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
1979	Bachelor of Science	B.S.	Geology	Engineering Geology	Chulalongkom University	Thailand
1985	Master of Science	M.S	Geological 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	Geomechanics	University of Arizona	U.S.A.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- 1) การทดสอบในห้องทดลองและในภาคสนามทางด้านกลศาสตร์หิน
 - 2) การเขียนคอมพิวเตอร์ Software เพื่อวิเคราะห์และออกแบบสิ่งก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี
 - 3) การวิเคราะห์และออกแบบทางเสถียรภาพของสิ่งก่อสร้างในหิน โดยการใช้การคำนวณเชิงตัวเลข
 - 4) การออกแบบเหมืองในชั้นเกลือหินและ Potash
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :
- 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ...
- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย...

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยจำนวน 12 โครงการ ดังต่อไปนี้

- (1) "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)
Amount: 669,000 Bahts; Period: December 2000 - November 2001
- (2) "Mechanical Performance Assessment of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สกว), Bangkok
Amount: 1,397,800 Bahts; Period: February 2001 – January 2003 (2 yrs.)
- (3) "Development of Design Criteria for Salt Solution Mining in Korat Basin"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakorn Ratchasima
Amount: 43,000 Bahts; Period: June 2000 - December 2000

- (4) "Design and Analysis of the Keystone Gas Storage Project Salado Salt Formation, Winkler County, Texas, Using a Time-Dependent Finite Element Method"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Unocal Corporation, Sugar Land, Texas
Amount: US \$ 15,000 ; Period: June 2000 - October 2000
- (5) "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, Nakorn Ratchasima
Amount: 91,000 Bahts; Period: October 1999 - September 2000
- (6) "Feasibility Study of Potential Waste Repository in Rock Salt in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakorn Ratchasima
Amount: 50,000 Bahts; Period: June 1999 - December 1999
- (7) "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
Amount: US\$ 17,000; Period: February 1998 - August 1998
- (8) "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
Amount: US\$ 14,500; Period: June 1997 - December 1997
- (9) "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
Amount: US\$ 43,000; Period: August 1997 - February 1998

- (10) "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
Amount: US\$ 22,000; Period: September 1996 - January 1997
- (11) "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
Amount: US\$ 65,000; Period: March 1994 - February 1995
- (12) "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
Amount: US\$ 12,000; Period: January 1994 - March 1994

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...

Book:

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

Technical Papers:

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," *Proc. 2nd North American Rock Mech. Symposium*, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1447-1454.

- South, D.L. and K. Fuenkajorn, 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 K. Fuenkajorn, 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," *Proc. Workshop on Rock Mechanics Issues in Repository Design and Performance Assessment*, September 19-20, 1994, Washington, DC.
- Ghosh, A., K. Fuenkajorn and J.J.K. Daemen, 1995, "Tensile Strength of Welded Apache Leap Tuff: Investigation of Scale Effects," *Proc. 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," *Proc. 1st North American Rock Mechanics Symposium*, University of Texas at Austin, June 1-3, pp. 648-656.
- Stormont, J.C. and K. Fuenkajorn, 1994, "Dilation-Induced Permeability Changes in Rock Salt," *Proc. 8th International Conf. 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., K. Fuenkajorn, 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 Second International Conference*, Electric Power Research Institute, July 7-9, San Francisco, CA, 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 Second International Conference*, Electric Power Research Institute, July 7-9, San Francisco, CA, pp. 4.1-4.21.
- Serata, S. and K. Fuenkajorn, 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., K. Fuenkajorn, J. Townsend, and M. Silverman, 1992, "Development and Applicability of Stress Control Method in Underground Coal Mining," *Proc. 4th Conf. 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, October 19-22, Houston, Texas, 34 pp.
- Serata, S. and K. Fuenkajorn, 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, October 19-22, Houston, Texas, 24 pp.
- Serata, S. and K. Fuenkajorn, 1992, "Formulation of A Constitutive Equation for Salt," *Proc. Seventh 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 K. Fuenkajorn, 1991, "Recent Advancement of Stress Control Method," *Longwall USA - International Conference*, June 2-6, Pittsburgh, PA, 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 the Waste Management'91 Symposium*, Feb. 24-28, Tucson, Arizona.
- 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 K. Fuenkajorn, 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 K. Fuenkajorn, 1986, "Calculation of Minimum Rock Bolt Force and Static Acceleration in Tetrahedral Wedge Stability," *Geotechnical Stability in Surface Mining*, November 6-7, Calgary, Canada.

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 the 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 เพื่องขจร, (2543) "การศึกษาเกี่ยวกับการทิ้งของเสียในหินเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 44 หน้า

กิตติเทพ เพื่องขจร, (2543) "การวิเคราะห์และออกแบบโพรงที่เกิดจากการผลิตเกลือโดยใช้วิธีละลายในชั้นหินเกลือที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 82 หน้า

กิตติเทพ เพื่องขจร, (2544) "การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 130 หน้า

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) “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)

Amount: 669,000 Bahts; Period: October 2000 - September 2001

- (2) “Mechanical Performance Assessment of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Thailand Research Fund (สกว), Bangkok

Amount: 1,397,800 Bahts; Period: February 2001 – January 2003 (2 yrs.)

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2546

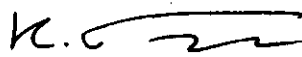
Research Expenditure for Fiscal Year

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อช่วยในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา

Name of Project

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)		
	งวดที่ 1* 1 st Installment	งวดที่ 2 2 nd Installment	รวมทั้งหมด Total
1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย โปรดแสดงรายละเอียด Temporary Wages (Show details)			
ค่าจ้างสอนพิเศษ 1 คน เดือนละ 16,000 บาท	96,000	96,000	192,000
รวมค่าจ้างชั่วคราว Total	96,000	96,000	192,000
2. ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Compensation, Service contracting, and nonrenewable materials expenses (show details)			
ค่าตอบแทน / ใช้สอย	22,500	22,500	45,000
ค่าเดินทาง ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าโทรศัพท์ ค่าพาหนะ โทรศัพท์			
ไปรษณีย์ ค่าเอกสาร ค่าพิมพ์-เขียนเล่ม ส่วนนอกอื่นๆ			
ค่าวัสดุ	25,000	25,000	50,000
ค่าหนังสือ ค่าพิมพ์ ค่าเขียนเล่ม ค่าวัสดุสำนักงาน			
ฟิล์มถ่ายภาพ และ CD, Diskette และวัสดุอื่นๆ			
รวมค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ Total	47,500	47,500	95,000
3. ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด) Equipment (show details)			
	-	-	-
รวมค่าครุภัณฑ์ Total	-	-	-
รวมทั้งสิ้น (1+2+3) Grand total	143,500	143,500	287,000

(ลงชื่อ)



หัวหน้าโครงการ

1186

Head of Project

(..... รศ. ดร. วิมลทิพย์)

...../..... 2546

30 ตค 45

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของงวดที่ 1 เบิกได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายทั้งโครงการในแต่ละปี ยกเว้นกรณีที่

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

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาเลขที่ 9 / 2546

โครงการวิจัยเรื่อง การทาสีผนังสีทึบดำภายในของห้องเรียนที่โรงเรียนวัดลาดหญ้าชื่อบัญชี มทส. โครงการประกวดรับเปลี่ยนเลขที่บัญชี 707-2-15672-1ธนาคาร ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาซอย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

- | | |
|-------------------------------------|---------------------|
| 1. <u>รศ.พ.อ.ดร.กรรพจน์ จีาศิลา</u> | คณบดี |
| 2. <u>ผศ.ดร. สิริชัย นนทชิต</u> | หัวหน้าสถานวิจัย |
| 3. <u>รศ.ดร. รัตติเทพ เพ็ชรอร</u> | หัวหน้าโครงการวิจัย |

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 3

ลงนาม



(รศ.ดร. รัตติเทพ เพ็ชรอร)

ผู้รับทุน

21/10/02 10:45 1058K*2350 707-215672 BY BR707.
NEW P/B NO.-00002959832

(สมุดเงินฝากธนาคารพาณิชย์ สาขาออมทรัพย์เงินฝากประจำเงินฝากออมทรัพย์)

ชื่อบัญชี **มทส.-โครงการจุกกักกับเปลี่ยน**

NAME

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
THE SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

ธนาย้อย มหาวิทยลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่

707-2-15672-4

SAVINGS ACCOUNT NO.

2959832



ผู้มีอำนาจลงนาม
AUTHORIZED SIGNATURE

ฝาก-ถอน
ได้ตลอดเวลาทั้งประจำและออมทรัพย์