

การประเมินแหล่งทรัพยากรหินและการพัฒนาหน้างานระเบิดหิน ROCK RESOURCE EVALUATION AND ROCK BLASTING DEVELOPMENT

สง่า ตั้งชวาล

ศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเหมืองแร่
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑ 10330

E-mail: Sa-nga.T@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

แหล่งทรัพยากรหินที่มีศักยภาพใช้เป็นหินมวลรวมในงานก่อสร้าง มีการสำรวจและการประเมินผลโดยใช้เทคนิคเชิงตัวเลข ในการจัดอันดับตัวเลขแหล่งทรัพยากรหินมีตัวประกอบหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ ลักษณะเชิงคุณสมบัติของแหล่ง ความคุ้มทุนเชิงเศรษฐกิจของแหล่ง และวิธีการขุดเจาะที่เหมาะสมที่สุดของแหล่ง ผลลัพธ์สุดท้ายจากการประเมินแหล่งทรัพยากรหินแต่ละแห่งมีการบันทึกและเปรียบเทียบ กรณีของแหล่งที่ถูกพัฒนาเป็นเหมืองหินมีการแนะนำเทคนิคการใช้วัตถุระเบิดอย่างเหมาะสม ควบคู่กับการควบคุมค่าใช้จ่ายกับผลกระทบจากการระเบิดหินไว้ เทคนิคดังกล่าวทั้งสองรูปแบบทั้งในเรื่องการประเมินเชิงตัวเลข และการหาความเหมาะสมที่สุดของการขุดเจาะ โดยการระเบิดช่วยทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ต้องการวางแผนในการพัฒนาเหมืองหิน ทั้งเชิงเศรษฐกิจและเชิงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

คำหลัก การประเมินแหล่งทรัพยากรหิน
ตัวเลขในการจัดอันดับ
องค์ประกอบที่ใช้จัดอันดับ
ความเหมาะสมที่สุดในการขุดเจาะโดยใช้ระเบิด

ABSTRACT

Potential rock deposits for used in construction were evaluated by using the numerical rating technique. There are 3 groups of implied rating factors on these rock deposits; these are resource characteristics, resource economics, and the optimal excavation. A final result for each rock deposit was recorded and compared. Such ongoing quarries, the

optimized and control impacts during rock blasting were also suggested. Both techniques on the numerical rating and the optimized blast excavation seem to have great benefits for the quarry planning on economic development and environmental impact concerns.

KEY WORDS: Rock resource planning, Numerical rating numbers, Implied rating factors, Optimized blast excavation.

1. คำนำ

ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทย มีการใช้หินย่อยในรูปแบบเป็นหินมวลรวม (rock aggregate) โดยใช้เป็นส่วนผสมในโครงสร้างสิ่งก่อสร้าง หิน 3 ชนิดหลักที่นิยมใช้คือ หินปูนหรือหินปูนป่นแร่โดโลไมต์ (ยุคเพอร์เมียน-ออร์โดวิเซียน) หินแกรนิต (ยุคครีเทเชียส) หินบะซอลต์ (ยุคเทอร์เชียรี) แหล่งทรัพยากรหินที่มีศักยภาพเพียงพอแล้วพัฒนาเป็นเหมืองหิน มีการจัดขนาดไว้ตามกำลังการผลิตหิน ถ้าหากเหมืองกับโรงโม่หินมีความสามารถในการผลิตหินย่อยเกิน 200,000 ตบ.เมตรต่อเดือน จัดเป็นเหมืองหินขนาดใหญ่ (large size quarry) แต่ถ้ากำลังการผลิตต่ำกว่านี้จัดเป็นเหมืองหินขนาดเล็ก (small size quarry) ในปัจจุบันเหมืองหินขนาดใหญ่เป็นเหมืองหินปูนทั้งหมด เหมืองเหล่านี้ผลิตหินสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการทำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

2. แผนการจัดการหินอุตสาหกรรมสำหรับงานก่อสร้าง

ประเทศที่กำลังพัฒนา และมีโครงการก่อสร้างค่อนข้างมากเช่นประเทศไทย จำเป็นต้องมีแผนการจัดการในการใช้หินอุตสาหกรรมสำหรับงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับความ

สนับสนุนและร่วมมือกับกองการเหมืองแร่และกองสัมปทาน (ชื่อใหม่คือ สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน) ซึ่งเป็นหน่วยงานสังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม ทำการสำรวจ รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์แนวโน้ม กับ การทำแผนที่แหล่งหิน เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการวางแผนการจัดการทรัพยากรหินสำหรับงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง

งานวิจัยโครงการแรกที่ผู้เขียนบทความเป็นหัวหน้าโครงการ มีการประเมินปริมาณสำรองและคุณภาพหิน พยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้หินอุตสาหกรรม คำนวณศักยภาพในเชิงความสามารถในการผลิตหิน ทำการออกแบบวางแผนจัดการใช้หินให้เพียงพอ ทั้งในสภาวะปัจจุบัน และในอนาคตในระยะเวลา 20 ปีเสร็จสิ้นไปแล้ว

ต่อมาเมื่อมีการวิจัยเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่องในรูปแบบอื่น รวมทั้งทำการวางแผนเพื่อออกแบบเปิดงานขุดเจาะหน้าเหมืองหิน อย่างมีประสิทธิภาพกับ ประหยัดค่าใช้จ่าย สิ่งที่ทำกรวิจัยควบคู่กัน เป็นการควบคุมการใช้วัตถุระเบิดในเหมืองหินให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด รายละเอียดของรายงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวางแผนจัดการ การออกแบบหน้างานขุดเจาะ ระบุไว้ในบรรณานุกรม

3. หินอุตสาหกรรมเพื่องานก่อสร้าง

ในการประชุมคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2538 มีมติให้เปลี่ยนแปลงการระเบิดและข่อยหิน เป็นการทำเหมืองหินภายใต้พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 และตั้งแต่วันที่ 16 มีนาคม 2539 กำหนดให้การผลิตหินเพื่อการก่อสร้างทั้งหมด (หินประดับหรือหินอุตสาหกรรม) อยู่ภายใต้ประมวลกฎหมายแร่ กระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้โอนงานกำกับดูแล การประกอบกิจการเฉพาะในส่วนงานของโรงงานไม่ บด ข่อยหิน จากเดิมที่เป็นงานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ไปให้กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่ดำเนินการแทนในเวลาต่อมา

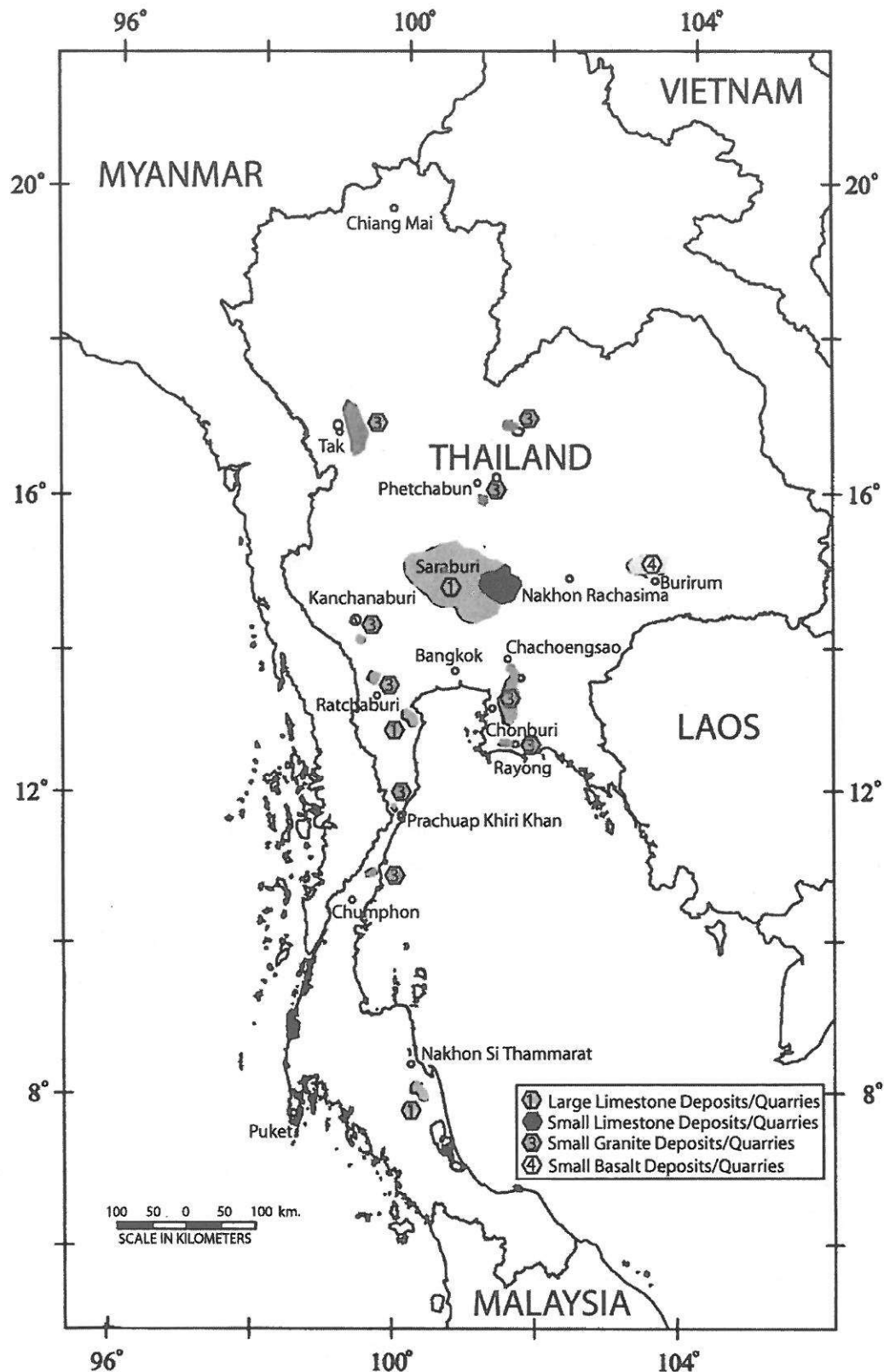
ข้อมูลทั่วไปของแหล่งหินประเภทที่จัดเป็นหินแข็งทนทาน (competent rock) และใช้เป็นหินมวลรวมในส่วนผสมสิ่งก่อสร้างได้มีหลายชนิด ทั้งที่กำเนิดเป็นประเภทหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร เมื่อพิจารณาเชิงความเหมาะสม ในเรื่องปริมาณสถานที่ตั้งของแหล่งทรัพยากรหิน และคุณภาพหินที่เหมาะสมกับงานก่อสร้าง จะเหลือเพียง 3 ชนิด ได้แก่ หินแกรนิต หินบะซอลต์ และหินปูน (บางบริเวณเป็นหินปูนที่มีแร่โดโลไมต์ปนสูง) หินชนิดอื่นนอกจากนี้ มักมีคุณสมบัติไม่ถึงเกณฑ์เป็นหินก่อสร้าง หรือเป็นแหล่งหินที่ขนาดเล็กเกินไปที่จะพัฒนาทำเป็นเหมืองหิน หรือตั้งโรงบดข่อยหิน ตัวอย่างของหินบางชนิดที่มีคุณสมบัติดีกว่า

เกณฑ์ เช่น แหล่งหินทรายมีการแผ่กระจายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาก แต่คุณสมบัติการขีดเกาะดีระหว่างอนุภาคของแร่ในเนื้อหินทรายไม่ดีทำให้น้ำแทรกเข้าไปได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งานก่อสร้าง ถ้าใช้หินทรายเป็นหินมวลรวมในโครงสร้างชั้นพื้นทาง (base course) ของถนน เกิดการหลุดหรือแตกออกจากชั้นหินทรายเดิมได้ง่าย มีผลให้โครงสร้างถนนเสถียรภาพต่ำ

รูปที่ 1 เป็นแผนที่แหล่งทรัพยากรหินที่แสดงเฉพาะในส่วนงานของโครงการวิจัยที่ผู้เขียนบทความนี้ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยจำนวนหลายโครงการ แหล่งหิน/เหมืองหินที่ดำเนินการวิจัย ถูกจัดรวบรวมเป็นแผนที่แสดงตำแหน่งกับขอบเขตของแหล่งที่ไปสำรวจตรวจสอบ บันทึกข้อมูลและประเมินศักยภาพ กับเสนอแนะเทคนิคที่เป็นวิธีการที่ทันสมัย ตัวเลขที่ระบุในแผนที่แสดงถึงชนิดของแหล่งหินและขนาดของเหมืองหิน หมายเลข 1 ในแผนที่เป็นเครื่องหมายแสดงแหล่งหินหรือเหมืองหินปูนขนาดใหญ่ หมายเลข 2 เป็นแหล่งหินหรือเหมืองหินปูนขนาดเล็ก การแผ่กระจายของแหล่งหินปูนเกาะกลุ่มหนาแน่นในภาคกลางและภาคใต้ตอนล่าง แต่ในภาคอื่นก็มีแหล่งหินปูนกระจัดกระจายไปทั่วเพียงแต่ว่าในบางบริเวณแหล่งหินปูนจะอยู่ไกลจากชุมชน หรือไกลจากสถานที่ตั้งสิ่งก่อสร้าง (construction site) ก่อนข้างมาก

หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ในแผนที่ เป็นเครื่องหมายแสดงตำแหน่งแหล่งหินหรือเหมืองหินขนาดเล็ก ในส่วนที่เป็นหินแกรนิตกับหินบะซอลต์ ตามลำดับ หินแกรนิตมีการแผ่กระจายเป็นแหล่งขนาดเล็กใกล้กับขอบชายแดนในบริเวณภาคตะวันตก ภาคเหนือและภาคใต้ แนวการแผ่กระจายของหินแกรนิตมีทิศทางหลักเป็นแนวเหนือ-ใต้ ส่วนหินบะซอลต์มักเกิดเป็นหย่อมขนาดเล็กทางภาคตะวันออก และที่ราบสูงโคราชตอนล่าง

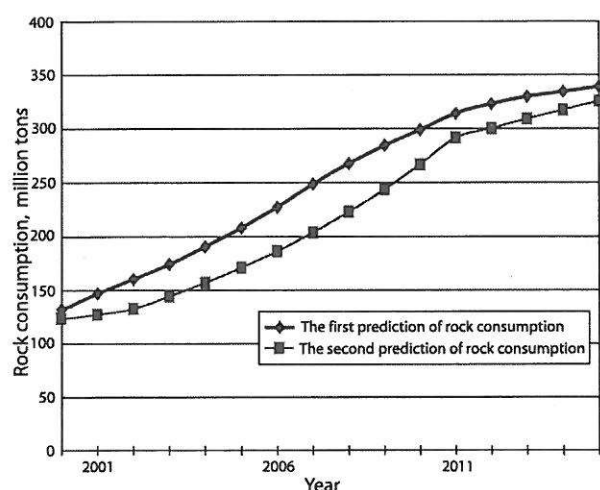
ข้อมูลทั่วไป ในปี 2539 มีโรงโม่หินในทุกภูมิภาค จำนวน 55 จังหวัดทั้งหมด 494 โรง มีกำลังการผลิตรวม 575.5 ล้านตันต่อปี ซึ่งกำลังการผลิตสูงเกินความต้องการใช้หินย่อยโดยรวมของประเทศ ในภาคกลางและภาคตะวันออกจะมีกำลังการผลิตสูงสุด เกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิตทั้งประเทศ และโรงโม่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังการผลิตน้อยสุดประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิตทั้งหมด โรงโม่หินปูนมี 80.4 เปอร์เซ็นต์ (397 โรง) ที่เหลือเป็นโรงโม่หินแกรนิตและหินบะซอลต์กับเป็นโรงโม่หินชนิดอื่น จำนวนตัวเลขโรงโม่หินในปัจจุบันทั้งที่เปิดดำเนินการ ขยาย หรือปิดกิจการไปบางส่วน มีความใกล้เคียงกับที่เคยสำรวจไว้ ความแตกต่างของจำนวนตัวเลขโรงโม่ในปัจจุบันกับที่สำรวจตัวเลขในปี 2539 ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 1 แผนที่แหล่งหิน/เหมืองหิน ที่เป็นหินหลักใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง บริเวณที่แสดง เป็นส่วนที่โครงการวิจัยได้ไปสำรวจ บันทึกข้อมูล กับเขียนรายงานวิจัยไว้

จากการคาดการณ์ความต้องการใช้หินอุตสาหกรรม สำหรับงานก่อสร้าง ในระยะยาว กำหนดแนวทางการประเมินโดยระบุเป็นกลุ่มของจังหวัดที่ตั้งใกล้เคียงกัน (หรือใช้หินอุตสาหกรรมร่วมกัน) จากทั้งหมด 4 ภูมิภาคของประเทศแบ่งออกเป็น 25 กลุ่มจังหวัด การประเมินใช้ตัวแปรหลักเป็นตัวเลขงบประมาณของหน่วยงานหลักที่ใช้หินก่อสร้าง กับงบประมาณพัฒนาในส่วนของการจัดการบริหารส่วนท้องถิ่น ร่วมกับงบเงินกองทุนโครงการพิเศษ เพื่อนำมาพิจารณาความต้องการใช้หินย่อยในงานก่อสร้างของแต่ละกลุ่มจังหวัดในแต่ละปี กับการใช้หินย่อยในโครงการก่อสร้างที่วางแผนไว้ในอนาคตของแต่ละกลุ่มจังหวัด ทั้งนี้ในการพยากรณ์ตัวเลข

นอกจากมีการใช้ข้อมูลของหน่วยงาน ที่บริหารจัดการเชิงเศรษฐกิจของประเทศ ยังใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของต่างประเทศเพื่อประเมินผลร่วมกันอีกด้วย ผลสรุปจากการพยากรณ์โดยใช้วิธีการ (หรือใช้ข้อมูลเข้า – input) ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ จะมีผลลัพธ์เป็นกราฟการพยากรณ์ความต้องการใช้หินอุตสาหกรรมในระยะยาว 2 เส้นกราฟ ผู้เขียนได้ปรับปรุงกราฟดังกล่าวจากรายงานวิจัยเดิมเพื่อใช้แสดงความต้องการใช้หินในช่วงระยะ 15 ปี เริ่มจากปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) จนถึงปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) กราฟที่ปรับปรุงใหม่คือรูปที่ 2 ถ้าทำการคำนวณหาค่าตัวเลขอัตราการใช้หินอุตสาหกรรม (หินย่อย) ต่อประชากรของประเทศ 1 คนต่อปี ซึ่งจากข้อมูลของสถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเมินประชากรไทยในปี 2547 (ค.ศ. 2004) มีจำนวน 64.5 ล้านคน ทำให้ได้ตัวเลขค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการใช้หินต่อคนต่อปีของประเทศไทย เท่ากับ 2.9 ตัน อัตราส่วนนี้จัดได้ว่ามีการใช้หินสูงกว่าประเทศญี่ปุ่นกับประเทศเกาหลีใต้ (สาธารณรัฐเกาหลี) แต่ใกล้เคียงกับประเทศแคนาดาและประเทศเยอรมัน



รูปที่ 2 กราฟการพยากรณ์ 2 รูปแบบเพื่อแสดงความต้องการใช้หินย่อยในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง

หลักการของกระทรวงอุตสาหกรรมเน้นว่า ในแต่ละพื้นที่หรือกลุ่มจังหวัดปริมาณสำรองหินต้องเพียงพอ ก่อน เมื่อพิจารณาผลของการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ ทั้งในเรื่องการใช้หินกับความสามารถในการผลิตพบว่าปริมาณ ของหินอุตสาหกรรมไม่ได้ขาดแคลน แต่ในพื้นที่บางจังหวัด (หรือในระดับอำเภอ) อาจจำเป็นต้องใช้หินชนิดอื่นที่ไม่ใช่หินปูนเป็นหินทดแทนในงานก่อสร้าง ถ้าหากมีการสนับสนุนทางการเงินเพียงพอการพิจารณาเพื่อสร้างโรงโม่หินขึ้นมาใหม่เพื่อทดแทนหรือเสริมกำลังการผลิต เมื่อมีความต้องการใช้หินสูงเป็นสิ่งที่ทำได้ไม่ยาก

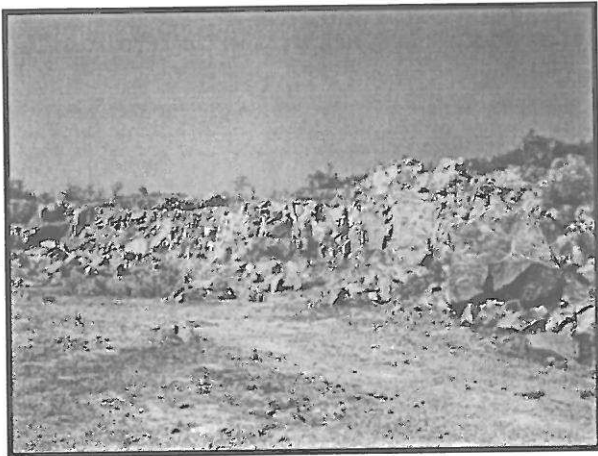
4. แนวทางการประเมินแหล่งทรัพยากรหิน

คณะผู้วิจัยโครงการแผนการจัดการแหล่งทรัพยากรหิน ได้นำเสนอแนวทางการประเมิน ที่เป็นเทคนิคเชิงตัวเลขสำหรับการคัดเลือกแหล่งที่เหมาะสมในเชิงปริมาณสำรองของแหล่งทรัพยากรหิน ที่ใช้ในงานก่อสร้าง กับการหาความเหมาะสมของแหล่งทางด้านที่ตั้งทางธรรมชาติของแหล่ง รวมทั้งคำนึงถึงทางด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม กับการจำเป็นที่ในพื้นที่นั้นควรจะต้องตั้งโรงโม่หินอีกด้วย

กระบวนการประเมินแบ่งตัวเลขย่อยออกเป็น 3 กลุ่ม/ประเภท กลุ่มที่หนึ่ง ได้แก่ ลักษณะของแหล่งหิน (rock characteristics) กลุ่มที่สองเป็นความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของแหล่ง (resource economics) กลุ่มที่สามเป็นความเหมาะสมที่สุดในการเปิดหน้างาน (optimal excavation) ผลลัพธ์ตัวเลขย่อยแต่ละกลุ่มจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 4 (จัดเป็นค่าตัวเลขที่แสดงความเหมาะสมที่สุด สำหรับตัวประกอบหลายชนิดในกลุ่มนั้น) และมีความต่ำสุดไม่ต่ำกว่า 1 (จัดเป็นค่าตัวเลขที่แสดงความไม่เหมาะสมมากที่สุดในกลุ่มนั้น) ส่วนค่าตัวเลขเทคนิคของแต่ละกลุ่ม กำหนดให้มีค่าที่ 0.5 นอกนั้นจะเป็นเลขจำนวนเต็ม เมื่อทำการรวมผลของเลขย่อยที่ได้จากการประเมินแต่ละกลุ่มทั้ง 3 กลุ่มมารวมกัน จะเป็นตัวเลขการประเมินผลลัพธ์สุดท้าย สำหรับแหล่งทรัพยากรหินในบริเวณนั้น

ตัวอย่างที่แสดงแนวทางการประเมินแหล่งเชิงตัวเลขนี้ ใช้เหมืองหินแกรนิต ของบริษัท ศิลาสมบูรณ์ทรัพย์ จำกัด (รูปที่ 3) ตั้งอยู่ที่ตำบลพังตรุ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีการผลิตหินแกรนิตเป็นหินประดับ และหินแกรนิตเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง การทำเหมืองหินแกรนิต เป็นการทำเหมืองร่วมกันกับแปลงสัมปทานอื่นของบริษัทที่เป็นการทำเหมืองหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง (อยู่ในรัศมีระยะ 5 กิโลเมตร) มีการใช้เครื่องจักรกลในการปฏิบัติงานหน้าเหมืองสลับกัน และส่งหินระเบิดไปยังโรงโม่หินเดียวกัน แต่สลับเวลาการป้อนหินที่ปอกไม่ให้แตกต่างกัน การประเมินแหล่งหินแกรนิตนี้ใช้วิธีแบ่งออกเป็น 3

กลุ่ม ผลการประเมินแสดงไว้ในตารางที่ 1 ค่าตัวเลขผลรวมของทั้ง 3 กลุ่ม เท่ากับ 8.5 จากค่าทั้งหมด 12 จัดว่ามีความเหมาะสมในระดับพอสมควรที่จะพัฒนาหน้าเหมือง ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายสุทธิในการบดขยี้หินแกรนิตจะสูงกว่าหินปูนประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนึงถึงสภาพตลาดซื้อขายหิน บุคลากร กับการใช้งานเครื่องจักรกล จุดคุ้มทุนอาจต่ำ แต่วิเคราะห์มูลค่าสุทธิตลอดทั้งปียังสามารถพัฒนาหน้าเหมืองหินแกรนิตกับเหมืองหินปูนและโรงโม่หินของบริษัทต่อไปได้



รูปที่ 3 หน้าเหมืองหินแกรนิตที่ถ่ายภาพไว้ในปี 2547
ของบริษัทศิลาสมบุรณ์ทรัพย์ กาญจนบุรี

สิ่งที่เป็นข้อเด่นในเรื่องการประเมินเชิงตัวเลข นั่นคือ วิธีการแบบนี้สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ถ้ามีข้อมูลตัวเลขผลลัพธ์เป็นจำนวนหลายแหล่ง สามารถแบ่งกลุ่มพิสัย (range group) ของตัวเลขได้หลายกลุ่ม แล้วใช้สรีระบาบนแผนที่เพื่อแสดงบริเวณที่ตั้งแหล่งทรัพยากรหินของตัวเลขในกลุ่มพิสัยเดียวกัน ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบเพิ่มเติม หรือใช้ตัวเลขผลลัพธ์สุดท้ายเป็นข้อมูลพื้นฐานจัดทำเป็นแผนที่แบบดิจิทัล (digital map) ในภายหลัง

5. การพัฒนาหน้างานระเบิดหินอย่างเหมาะสม

งานวิจัยที่ทำคู่ขนานกันเป็นโครงการออกแบบระเบิดหิน เพื่อให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการั่นสะเทือน เสียงดัง และหินที่ปลิวกระเด็น นั่นคือควบคุมงานระเบิดแบบตื้นชั้นตะพัก (bench blasting) ให้อยู่ในสถานะที่เป็นเกณฑ์มาตรฐานและยอมรับกันทั่วไป

ในงานระเบิดหินของประเทศไทย วัตถุระเบิดหลักและใช้เป็น blasting agent คือ Ammonium Nitrate – Fuel Oil (AN-FO) ส่วน primer ที่ใช้เป็นแท่งโค่นาไมต์มีหลายแบบ เช่น semigelatin dynamite และ

ตารางที่ 1 การประเมินแหล่งทรัพยากรหินที่ใช้เทคนิคเชิงตัวเลข แบ่งตัวประกอบของการประเมินออกเป็น 3 กลุ่ม
ผลรวมตัวเลขทั้งหมดเป็นค่าผลลัพธ์สุดท้าย

ชื่อแหล่ง/เหมืองหิน	กลุ่มลำดับที่	ชื่อเรียกกลุ่มที่ประเมิน	ตัวประกอบย่อยในการจัดอันดับ	ตัวเลขย่อยของการประเมิน	ผลรวมค่าตัวเลขของแหล่ง
เหมืองแกรนิต บริษัท ศิลาสมบุรณ์ทรัพย์ อำเภอท่าม่วง กาญจนบุรี	1	ลักษณะของแหล่งหิน	ภูมิประเทศ ธรณีวิทยาทั่วไป การใช้ประโยชน์ที่ดิน การเกษตรกรรม ภูมิศาสตร์ชีวภาพ	2.5	8.5
	2	เศรษฐศาสตร์ของแหล่งหิน	ปริมาณสำรองหิน คุณภาพของหิน ความเหมาะสมของที่ตั้ง ความต้องการใช้หิน ราคาในตลาดซื้อขาย	3.0	
	3	ความเหมาะสมเมื่อเปิดหน้างาน	ความเหมาะสมหน้างาน ค่าใช้จ่ายชุดเจาะโดยรวม การออกแบบพัฒนาเหมือง	3.0	

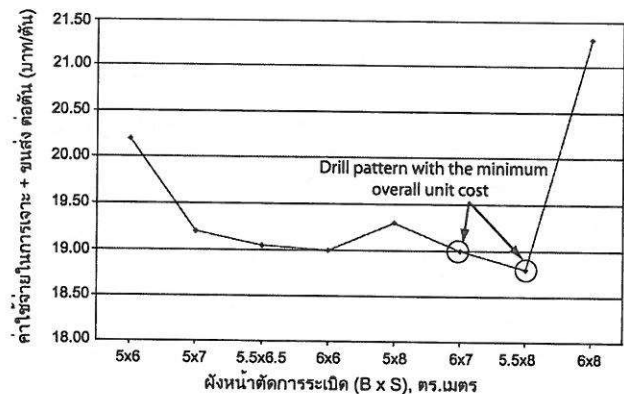
nitroglycerin เป็นต้น แก้วระเบิดที่ใช้ในเหมืองขนาดเล็กจะเป็น plain detonator แต่ในเหมืองขนาดใหญ่จะเป็น electric detonator หรือ electric delay detonator ดังนั้นข้อมูลของวัตถุระเบิดและอุปกรณ์ประกอบดังกล่าวถูกนำมาวิเคราะห์ คำนวณหาผลลัพธ์และเขียนเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อให้สะดวกในการคัดเลือกรูปแบบการระเบิดที่เป็นแพทเทิร์นเฉพาะและง่ายต่อการใช้งาน ในส่วนของการหาผลลัพธ์ ปริมาตรกับขนาดของหินที่แตกหัก มีการตรวจวัดในภาคสนามร่วมกับการนับจำนวนรถบรรทุก ที่ชนหินหน้างานระเบิดไปส่งป้อนยังโรงโม่เป็นช่วง ๆ

การปฏิบัติงานหน้าระเบิด มีการบันทึกข้อมูลของค่าใช้จ่ายจำนวนหลายหมวด นับตั้งแต่ หมวดค่าใช้จ่ายหน้างานระเบิดกับส่วนของค่าขนส่งเครื่องจักรอุปกรณ์ จำนวนบุคลากรค่าจ้าง ดังนั้นค่าใช้จ่ายผันแปรโดยรวมจึงเป็นค่าใช้จ่ายทั้งในส่วนการระเบิด ตัก และขน ทั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายกับรูปแบบเชิงราคาคณิต (ผ้งหน้าตัด) ของแต่ละหน้างานเจาะระเบิด เพื่อหาจุดต่ำสุดในกราฟการคาดคะเนที่เป็นค่าใช้จ่ายโดยรวมต่อหน่วยของหินระเบิดที่ผลิตหน้าเหมือง ตัวอย่างในรูปที่ 4 กับรูปที่ 5 เป็นกราฟการคำนวณเพื่อหาจุดเหมาะที่สุดของแพทเทิร์นหน้าระเบิดที่คงที่แบบหนึ่ง (แต่ผ้งหน้าตัดที่เป็นค่าระยะ burden กับ spacing แปรเปลี่ยนไป) ค่าใช้จ่ายที่ระบุในรูปทั้งสองเป็นค่าตัวเลขในปี 2543 อนึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมต่อหน่วยหินที่ระเบิดมีความแตกต่างกัน ระหว่างหน้าเหมืองขนาดใหญ่ที่ใช้หลุมเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 180 มม. กับเหมืองขนาดเล็กที่ใช้หลุมเจาะขนาด 75 มม. จะสังเกตได้ว่า ในบางกรณีจุดที่เหมาะสมที่สุด (optimum point) บนกราฟการคาดคะเนมีผ้งระเบิดมากกว่าหนึ่งผ้งหน้าตัดสำหรับรูปแบบแพทเทิร์นชนิดหนึ่ง

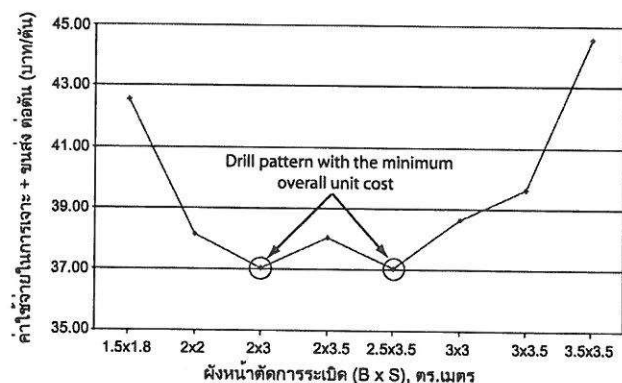
ในภาคสนาม ถ้าวิศวกรหน้างานระเบิดทำการบันทึกข้อมูลไว้ตลอดเวลาจะสามารถวิเคราะห์หาผลลัพธ์โดยการคำนวณหรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้สามารถเลือกแพทเทิร์นหน้างานระเบิดได้หลายรูปแบบ อย่างสะดวกและรวดเร็ว ทั้งที่เป็นแพทเทิร์นหน้าระเบิดแบบหน้าอิสระ 1 หน้าหรือหน้าอิสระ 2 หน้า แบบจุดระเบิดพร้อมกันในแถวแนวเดียวกันหรือจุดระเบิดถ่วงจังหวะให้หินมากองตรงกลาง เป็นต้น จากนั้นจึงนำมาหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดโดยการเลือกผ้งหน้าตัดที่เหมาะสมสำหรับแพทเทิร์นชนิดนั้น

การศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้วัตถุระเบิด เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่หน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง และผู้ประกอบการควรมีความเข้าใจในปัญหาที่ตรงกัน แนวทางการศึกษาวิจัยจะเน้นในเรื่องการสั่นสะเทือนของพื้นผิวดิน (ground vibration) เป็นหลัก แต่ก็มีผลกระทบต่อผลในเรื่องของเสียงดังจากการระเบิด และหินที่ปลิวกระเด็นจากหน้างานระเบิดประกอบการ

ศึกษาวิจัยอีกด้วย วิธีการของสเกลระยะทางด้วยรากกำลังสอง (square-root scaled distance) ถูกนำมาใช้ และในระหว่างทำการคำนวณให้ค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดที่กำหนดไว้ที่เกณฑ์ปกติไม่เกิน 0.025 เมตรต่อวินาที จะได้ค่าผลลัพธ์ของน้ำหนักวัตถุระเบิด (AN-FO) ต่อระยะทางที่ปลอดภัย (safe distance) ที่สมมติไว้ ตัวอย่างการคำนวณค่าที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 เป็นการตรวจวัดและประเมินผลการระเบิดในเหมืองหินปูนขนาดใหญ่จำนวน 7 เหมืองหิน



รูปที่ 4 ผลลัพธ์เชิงค่าใช้จ่ายของการเจาะระเบิด
ในเหมืองหินปูนขนาดใหญ่



รูปที่ 5 ผลลัพธ์เชิงค่าใช้จ่ายของการเจาะระเบิด
ในเหมืองหินปูนขนาดเล็ก

การประเมินผลกระทบโดยรวม ควรมีการแบ่งกลุ่มของการควบคุมผลกระทบจากการระเบิดหินออกเป็น 3 กรณีซึ่งขึ้นอยู่กับสถานการณ์หน้างานระเบิดที่แตกต่างกัน กลุ่มแรก เป็นการระเบิดหินกรณีปกติ (normal case) ตำแหน่งหน้างานระเบิดอยู่ห่างจากชุมชนค่อนข้างมาก ระยะปลอดภัยสามารถคำนวณได้โดยตรงจากน้ำหนักวัตถุระเบิดที่ใช้ เพียงแต่กำหนดให้ความเร็วอนุภาคสูงสุดที่จุดวัดผลกระทบไม่เกิน 0.025 เมตรต่อวินาที กลุ่มที่สอง เป็นการระเบิดหินกรณีที่ควรระมัดระวัง (awareness

case) ตำแหน่งหน้างานระเบิดควรอยู่ห่างจากชุมชนในระหว่าง 150-500 เมตร และต้องควบคุมให้มีค่าความเร็วอนุภาคต่ำกว่าเดิม เหลือเพียง 0.012 เมตรต่อวินาที กรณีที่ควรเฝ้าระวังนี้ค่าตัวเลขของการสเกลระยะทาง กำหนดให้เป็น 16 เมตรต่อ(กิโลกรัมของวัตถุระเบิด)^{0.5} กลุ่มที่สาม เป็นการระเบิดหินที่ใกล้กับอุทยานแห่งชาติ หรือใกล้กับที่ตั้งโครงสร้างทางประวัติศาสตร์ (historic structure case) สมควรหลีกเลี่ยงการระเบิดหิน ยกเว้นกรณีที่จำเป็นจริง ๆ ต้องให้มีหน้างานระเบิดมีระยะห่างเกิน 150 เมตรและความเร็วอนุภาคสูงสุดควบคุมไว้ไม่เกิน 0.004 เมตรต่อวินาที ในกรณีที่ต้องระวังอย่างยั้งยั้งนี้ ผู้ทำหน้าที่ระเบิดหินอาจเลือกออกแบบเป็นการระเบิดเพื่อควบคุมเฉพาะงาน เช่น การระเบิดตัดหน้าเรียบ การเจาะหลุมเปล่าเพื่อลดผลกระทบ เป็นต้น

ตารางที่ 2 น้ำหนักวัตถุระเบิดที่ควรใช้ต่อการระเบิดถ่วงจังหวัดหนึ่งครั้ง ตามค่าที่กำหนดของระยะทางจากตำแหน่งหน้าระเบิดถึงตำแหน่งตรวจวัดการสั่นสะเทือน

Distance, m	Quarry 1, kg	Quarry 2, kg	Quarry 3, kg	Quarry 4, kg	Quarry 5, kg	Quarry 6, kg	Quarry 7, kg
150	117.41	75.71	66.98	130.64	64.31	133.73	160.85
175	159.81	103.05	91.16	177.82	87.53	182.02	218.93
200	208.73	134.59	119.27	232.55	114.32	237.74	285.95
225	264.18	170.34	150.70	293.95	144.69	300.89	361.91
250	326.14	210.30	186.05	362.90	178.63	371.47	446.80
275	394.63	254.47	225.12	439.10	216.14	449.47	540.63
300	469.65	302.83	267.91	525.57	257.23	534.91	643.40

6. ผลสรุปการประเมินผลและพัฒนาหน้างานระเบิดหิน

การประเมินแหล่งทรัพยากรหินมีเป้าหมายหลัก เพื่อใช้ในการวางแผนจัดการแหล่งหิน/เหมืองหิน องค์ประกอบหลักในการประเมินผลคือ ปริมาณสำรองหินที่เพียงพอ การปฏิบัติหน้างานจุดเจาะที่ปลอดภัยและประหยัด จากผลการสำรวจแหล่งในภาคสนามพบว่า หินแข็งที่เหมาะสมนำมาใช้เป็นหินมวลรวมในงานก่อสร้างมี 3 ชนิด นั่นคือ หินปูน หินแกรนิต และหินบะซอลต์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีหินทรายเกือบทุกพื้นที่ แต่หินทรายดังกล่าวยังมีคุณสมบัติไม่ถึงเกณฑ์ที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างได้

เนื่องจากการก่อสร้างในประเทศไทย มีการกระจายกระจายในหลายพื้นที่ บางบริเวณหินปูนที่เป็นหินอ่อนที่นิยม ในงานก่อสร้างอาจเป็นหินปูนที่มีคุณสมบัติสูงเกิน หินปูนดังกล่าวควรที่จะใช้เป็นตัวอุกฉกในการผลิตปูนซีเมนต์แทนที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างทำเป็นหินมวลรวมถนนหรือผสมเป็นหินมวลรวมในโครงสร้างคอนกรีต ในทางกลับกัน ในบางบริเวณจะหา

แหล่งหินปูนที่ตั้งอยู่ใกล้กับสถานที่ก่อสร้างได้ยาก หรือตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งหินปูนไม่เหมาะสม (เช่น ใกล้ชุมชนหรือวัด) ดังนั้น จึงควรมีการสำรวจหาแหล่งหินทดแทนหินปูนทั้งสองกรณี (หินปูนที่ใช้ในงานก่อสร้างมีคุณสมบัติเกินไปกับการขาดแคลนหินปูนในแหล่งก่อสร้าง) โดยใช้หินแกรนิตหรือหินบะซอลต์แทนหินปูน แหล่งหินดังกล่าวจำเป็นต้องมีการประเมินผลว่าเหมาะสมหรือไม่ที่ใช้เป็นแหล่งหินสำรอง เทคนิคเชิงตัวเลขที่นำเสนอในบทความนี้ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ยั่งยืนและสะดวกต่อการปฏิบัติ กับมีความรวดเร็วต่อการทราบผลลัพธ์

กรณีที่จะมีการพัฒนาหน้างานระเบิดเหมืองหิน ขั้นตอนสำคัญในการเปิดหน้างานแบบตัดขั้นตะพัก ควรมีการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลให้เพียงพอ ก่อนนำมาออกแบบแพตเทิร์นระเบิดหิน ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติงานภาคสนามอาจเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่เผยแพร่ไว้ในรายงานวิจัย ที่ผู้เขียนบทความนี้เป็นหัวหน้าโครงการ ประโยชน์ของการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยทำให้มีความสะดวกในการปรับเปลี่ยนรูปแบบแพตเทิร์น รวมทั้งสามารถช่วยในการคำนวณหาพลังงานที่ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่อหินระเบิดที่ผลิตได้มีค่าต่ำสุด ได้อย่างค่อนข้างรวดเร็ว

การวิเคราะห์ย้อนกลับ (back analysis) หากตัวเลขขนาดของชิ้นส่วนก้อนหินที่แตกหักจากการระเบิดตัดขั้นตะพัก จากการประเมินผลแนวทางป้องกันความเสียหายจากผลกระทบจากการใช้วัตถุระเบิด มีผลดีทั้งทางด้านความคุ้มทุนกับความปลอดภัย และสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนระหว่างผู้ประกอบการกับชุมชนที่ได้รับผลกระทบ การออกแบบงานระเบิดที่ดีทำให้เกิดการลดค่าใช้จ่ายในการผลิต มีความปลอดภัยจากการใช้วัตถุระเบิดสูง และชิ้นส่วนของก้อนหินที่แตกหักมีขนาดพอดีที่จะขนส่งและเหมาะสมกับการป้อนใส่ปากโมของโรงโม่หิน นอกจากนี้ยังลดเรื่องการร้องเรียนเนื่องจากการแตกร้าวของอาคารบ้านเรือน ในชุมชนที่ตั้งใกล้เคียง เสียงดังจากการระเบิด และหินที่ปลิวกระเด็นจากหน้างานมาทำ ความเสียหายต่อบ้านเรือน ก่อนออกแบบหน้างานระเบิดควรมีการแบ่งประเภทของกรณีที่ต้องควบคุมผลกระทบตามแนวทางที่ผู้เขียนบทความเสนอแนะ อย่างไรก็ตาม ไม่มีแผนการจัดการหน้างานผลิตใดที่สมบูรณ์แบบและใช้ได้กับทุกหน้างานผลิตหิน ผู้ที่ทำหน้าที่ระเบิดหินจำเป็นต้องพิจารณาประกอบการตัดสินใจเองว่ารูปแบบการระเบิดแพตเทิร์นใดจึงจะเหมาะสมกับหน้างานระเบิดในเหมืองหินนั้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยในหัวข้อนี้ มีเนื้อหาที่รวบรวมมาจากการวิจัยหลายโครงการ ที่ผู้เขียนเป็นหัวหน้าโครงการ ผลลัพธ์เชิงตัวเลขเป็นการนำข้อมูลเข้าที่ตรวจวัดในภาคสนามมาวิเคราะห์ ก่อนที่จะมีการนำเสนอในรูปแบบของกราฟการพยากรณ์ และเผยแพร่ในรูปแบบของรายงานวิจัยและบทความ

ผู้เขียนบทความขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง ต่อการสนับสนุนในด้านเงินทุนวิจัยและข้อมูลภาคสนามจากหน่วยราชการที่รับผิดชอบ โดยเฉพาะความอนุเคราะห์จากสำนักเหมืองแร่และสัมปทาน กระทรวงอุตสาหกรรมและการอนุมัติเงินทุนวิจัยเพิ่มเติมจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เงินทุนสนับสนุนทั้งสองแหล่งดังกล่าวทำให้ งานโครงการวิจัยมีความถูกต้อง สมบูรณ์และทันสมัยมากขึ้น

งานวิจัยจะไม่สามารถสำเร็จผลได้เลย ถ้าหากขาดความร่วมมือจากผู้ประกอบกิจการเหมืองหิน และเจ้าหน้าที่ประจำสำนักงานทรัพยากรท้องถิ่นในแต่ละพื้นที่ ที่ให้ความอนุเคราะห์แก่โครงการวิจัยหลายด้าน ทั้งการนำทีมงานวิจัยไปตรวจสอบภาคสนามในพื้นที่ อนุญาตให้คัดลอกข้อมูล และนำไปเผยแพร่ รวมทั้งให้ความสะดวกในการติดตั้งเครื่องมือบันทึกผล และเนื่องจากโครงการวิจัยมีหลายโครงการ จึงมีจำนวนหลายเหมือง หินกับหลายสำนักงานภูมิภาคทั่วทั้งประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง

สุดท้าย ขอขอบคุณต่อทีมงานวิจัยทุกท่านที่ร่วมกับผู้เขียนบทความ ทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ซึ่งในปัจจุบัน บุคลากรเหล่านี้ ได้ทำงานประจำในตำแหน่ง วิศวกร นักธรณีวิทยา และในตำแหน่งอื่น ถ้าหากขาดผู้ร่วมงานวิจัยเหล่านี้ การบันทึกผลภาคสนาม การวิเคราะห์ผลการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูป การจัดทำรายงานคงไม่สำเร็จลุล่วงได้

บรรณานุกรม

1. สง่า ตั้งขวาล, สุรพล ภู่วิจิตร, ภิญญ มิชานะ และสมศักดิ์ สายสินธุ์ชัย (2542) "ผลกระทบอันเนื่องมาจากการใช้วัตถุระเบิด ในงานเหมืองแร่ และเหมืองหิน" งานศึกษาโครงการวิจัย กองการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม จำนวน 176 หน้า พร้อมทั้งแผ่นโปรแกรมสำเร็จรูป
2. สง่า ตั้งขวาล, ชูเวช ชาญสง่าเวช, สุรพล ภู่วิจิตร, ภิญญ มิชานะ และสมศักดิ์ สายสินธุ์ชัย (2543) "โครงการจัดทำแผนการจัดการผลิต และใช้ หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง" งานศึกษาโครงการวิจัย กองการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม จำนวน 223 หน้า พร้อมทั้งแผ่นที่แหล่งหิน

3. สง่า ตั้งขวาล (2543) "ความน่าเชื่อถือในการออกแบบระเบิดหิน และควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม" โครงการวิจัยทุนงบประมาณแผ่นดิน เลขที่ 52G-MN-2541 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 189 หน้า พร้อมทั้งแผ่นโปรแกรมสำเร็จรูป
4. สง่า ตั้งขวาล (2543) "การวางแผนทั้งระบบในการเปิดหน้างานขุดเจาะโดยใช้วัตถุระเบิด" โครงการวิจัยทุนงบประมาณแผ่นดิน เลขที่ 57G-MN-2543 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 170 หน้า
5. สง่า ตั้งขวาล (2546) "บ่อเหมืองเปิดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับงานขุดเจาะในเหมืองแร่และเหมืองหิน" โครงการวิจัยทุนงบประมาณแผ่นดิน เลขที่ 62G-MN-2545 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 254 หน้า พร้อมทั้งแผ่นโปรแกรมสำเร็จรูป
6. สง่า ตั้งขวาล (2548) "การวางแผนเพื่อพัฒนาใช้หินแกรนิต ในงานถนนและอาคาร" โครงการวิจัยทุนงบประมาณแผ่นดิน เลขที่ 64G-MN-2547 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 233 หน้า พร้อมทั้งแผ่นซีดีแผ่นที่แหล่งหิน
7. Birch, W.J. and M. Pegden (2000). "Improved prediction of ground vibrations from blasting at quarries", Transactions of the I.M.M. (Section A: Mining Industry), London, Vol. 109, pp. A102-A106.
8. Konya, C.J. (1995) "Blast design", Intercontinental Development Corporation, Ohio, 230 p.
9. Tangchawal, S. (2002). "Improved stability evaluation and blast planning in quarries", AJSTD Journal, ASEAN Committee on Science and Technology, Vol. 19, No. 1, June 2002, pp. 17-28.
10. Tangchawal, S. (2004). "Proposed techniques for optimum blasting in quarries", IJSM Journal, Taylor & Francis, Vol. 18, No. 1, March 2004, pp. 30-41.
11. Wiss, J.F. and H.R. Nicholls (1974). "A study of damage to a residential structures from blast vibrations", The Research Council for Performance of Structures, ASCE, New York, 73 p.