

บทที่ 4

การทดสอบความคงทนต่อการผุกร่อนด้วยเครื่องจำลองขนาดใหญ่

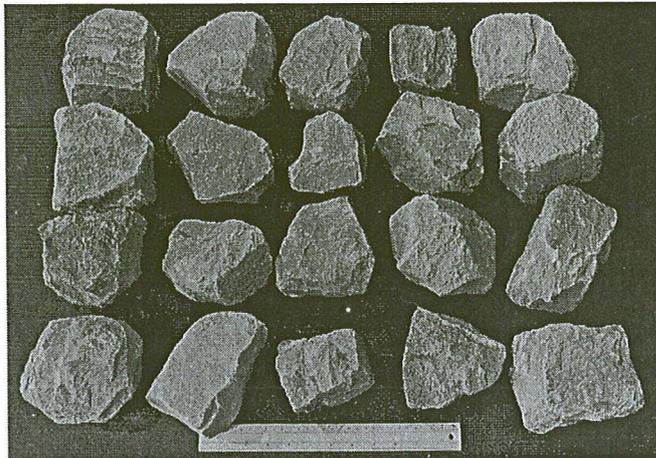
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบความคงทนต่อการผุกร่อนมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความคงทนต่อการผุกร่อนของตัวอย่างหินทรายทั้งสามชนิดภายใต้เครื่องจำลองการผุกร่อนที่ประดิษฐ์ในงานวิจัยนี้ เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อน (Slake durability index test) และการทดสอบในสภาวะแห้ง (Modified slake durability index test, MSDI) เพื่อศึกษาผลกระทบของน้ำต่อค่าความคงทนต่อการผุกร่อนและผลกระทบด้านขนาดของตัวอย่างหิน

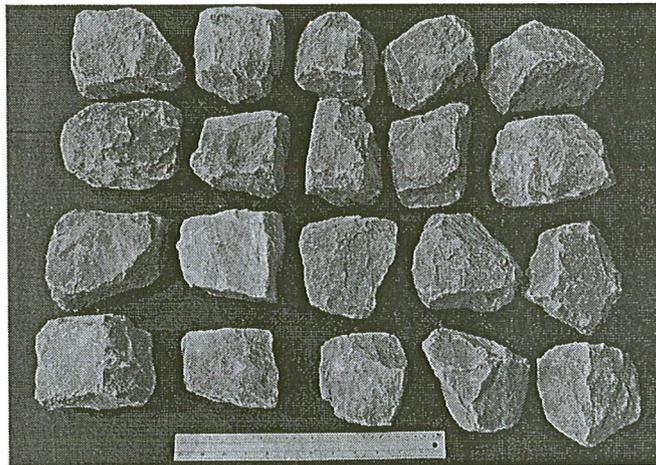
4.2 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน

ตัวอย่างหินที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่หินที่มีความอ่อนไหวต่อการผุกร่อน คือ หินทรายชุดโคกกรวด หินทรายชุดภูกระดึง และหินทรายชุดพระวิหารที่มีขนาด 4-5 นิ้ว จำนวน 10 ก้อน โดยตัวอย่างหินแต่ละก้อนของการทดสอบแต่ละชุดจะมีน้ำหนักประมาณ 1-2 กิโลกรัม รูปที่ 4.1 แสดงหินทั้งสามชนิดที่จัดเตรียมสำหรับงานวิจัยนี้ซึ่งพบอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การผุกร่อนของหินเหล่านี้มักมีผลกระทบต่อโครงสร้างทางวิศวกรรมธรณี เช่น อ่างเก็บน้ำ อุโมงค์ สุสานราก เขื่อน และความลาดชันของมวลหิน เกณฑ์ที่ใช้คัดเลือกตัวอย่างหินได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งตัวอย่างหิน และแหล่งที่มาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และแนวคิดของงานวิจัยนี้ เกณฑ์ดังกล่าวประกอบด้วย

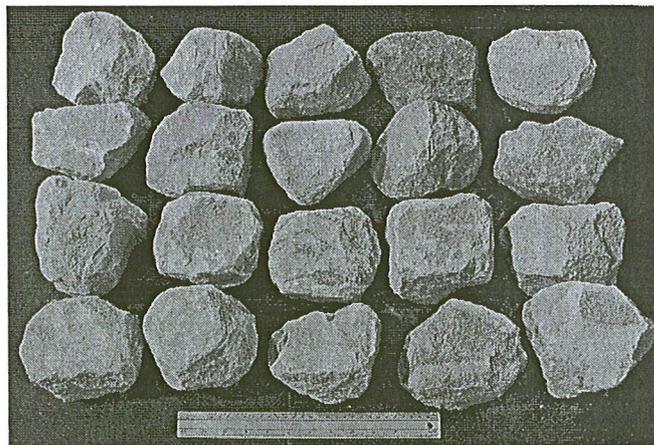
- 1) ตัวอย่างหินจะต้องมีความอ่อนไหวต่อการผุกร่อน ชนิดของหินดังกล่าวอาจประกอบด้วย กลุ่มหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินภูเขาไฟ อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างหินไม่ควรอ่อนเกินไปจนไม่สามารถจัดเตรียมได้
- 2) ตัวอย่างหินจากแต่ละแหล่งหรือแต่ละพื้นที่จัดเก็บจะต้องมีความสม่ำเสมอในเชิงกายภาพและกลศาสตร์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งจะต้องมีความแปรปรวนภายในตัวอย่างหินน้อย
- 3) พื้นที่หรือแหล่งที่มาของตัวอย่างหินและชนิดของหินจะต้องมีมากพอเพื่อให้สามารถจัดเก็บเพิ่มเติมได้ในกรณีที่จำเป็นต้องมีการทดสอบใหม่เพื่อยืนยันผลการทดสอบ
- 4) ควรเป็นหินที่พบกระจายอยู่ทั่วไป และเป็นหินที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างเชิงวิศวกรรมธรณี เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



(หินทรายชุดโคกกรวด)



(หินทรายชุดภูกระดึง)



(หินทรายชุดพระวิหาร)

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างหินทราย 3 ชนิด ที่นำมาทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่..... 16 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 244883
เลขเรียกหนังสือ.....

ได้มีการศึกษาแร่องค์ประกอบหินทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี Petrographic Analysis ซึ่งผลที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.1

4.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนได้ทำการทดสอบ 10 วัฏจักร โดยใช้อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นในงานวิจัยนี้ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดมาตรฐานของ ASTM โดยมีสองชุดการทดสอบคือ การทดสอบตามแบบมาตรฐาน ASTM D4644 (Standard slake durability index test, SSDI) ซึ่งอยู่ในสภาวะเปียก ส่วนการทดสอบที่อยู่ในสภาวะแห้งจะไม่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อศึกษาผลกระทบของน้ำต่อค่าความคงทนต่อการผุกร่อน ในการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนมีวิธีการทดสอบดังนี้

- 1) นำตัวอย่างหินแต่ละชนิดขนาด 4-5 นิ้ว จำนวน 10 ก้อน ใส่ในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 2) นำตัวอย่างหินที่อบได้จากเตาอบมาชั่งน้ำหนัก
- 3) นำตัวอย่างหินใส่เครื่องจำลองการผุกร่อน ซึ่งวงล้อที่บรรจุหินต้องจมอยู่ในน้ำ ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความสูงวงล้อ
- 4) หมุนวงล้อที่มีตัวอย่างหิน 200 รอบ ในเวลา 10 นาที
- 5) นำตัวอย่างหินออกจากเครื่องทดสอบมาชั่งน้ำหนัก
- 6) นำเข้าเตาอบเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

จากขั้นตอนที่กล่าวข้างต้นถือเป็นการทดสอบ 1 รอบวัฏจักร ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบทั้งหมด 10 รอบวัฏจักรในแต่ละตัวอย่างหิน ส่วนการทดสอบในสภาวะแห้งจะไม่มีน้ำในการทดสอบเหมือนกับการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนในขั้นตอนที่ 3 รูปที่ 4.2 แสดงการทดสอบความคงทนต่อการผุกร่อน

4.4 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการมีค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนซึ่งได้ทำการตรวจวัดทุกรอบวัฏจักรทดสอบมีทั้งหมด 10 รอบวัฏจักร ทั้งในสภาวะเปียกและสภาวะแห้งโดยใช้อุปกรณ์ทดสอบความคงทนต่อการผุกร่อนที่ประดิษฐ์ขึ้นในงานวิจัย ซึ่งสภาวะในการทดสอบมีความใกล้เคียงกับสภาวะจริงในภาคสนาม รูปที่ 4.3 ได้แสดงตัวอย่างหินที่ทำการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนตามแบบมาตรฐานในสภาวะเปียกและในสภาวะแห้งของหินทรายชุด

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดสอบหาองค์ประกอบของหินโดยวิธี Petrographic analysis

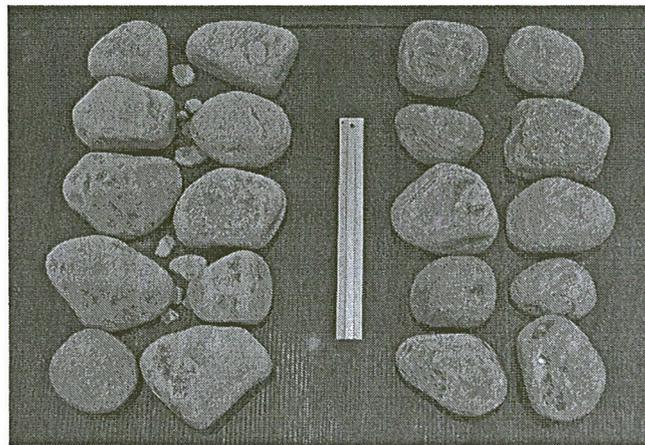
Rock Descriptions	Rock Names		
	Khok Kruat Sandstone	Phu Kradung Sandstone	Phra Wihan Sandstone
Density (g/cc)	2.62	2.59	2.35
Quartz (%)	58.41	90.00	97.00
Mica (%)	3.00	2.00	-
Feldspar (%)	5.00	5.00	-
Kaolinite (%)	-	-	-
Calcite (%)	-	-	-
Halite (%)	-	-	-
Other (%)	20.00	3.00	3.00
Cementing	Calcite	Hematite	Silica
Contact	Grain contact	Grain	Grain contact
Grain size (mm)	0.1-1.5	0.1-1.0	2.00
Grain Shape	angular	angular	angular
Sorting	Poorly	moderate	Well
Color	Brownish Red	Brownish	Yellow



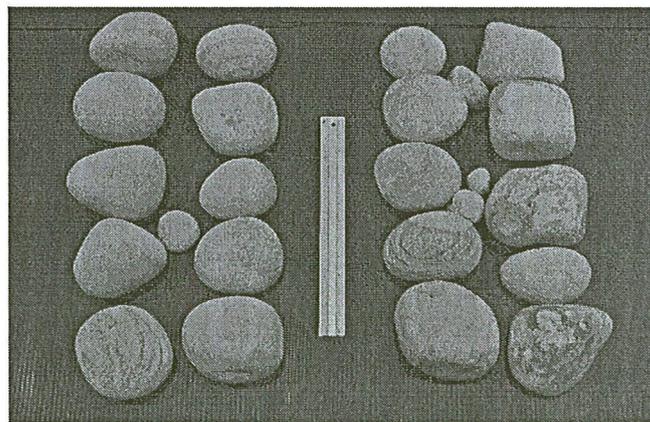
รูปที่ 4.2 การทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผูกร้อน



(หินทรายชุดโคกกรวด)



(หินทรายชุดภูกระดึง)



(หินทรายชุดพระวิหาร)

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างหินทราย 3 ชนิด หลังการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนตามแบบมาตรฐาน (ขวา) และสภาวะแห้ง (ซ้าย)

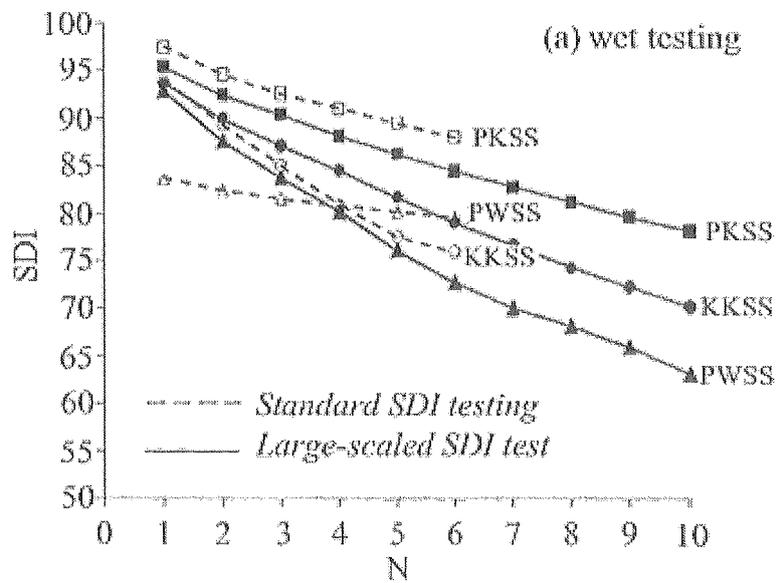
โคกกรวด ชุตภูกระดิ่ง และชุตพระวิหาร ผลการทดสอบความคงทนต่อการผุกร่อนได้แสดงในรูปแบบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อน โดยตารางที่ 4.2 แสดงค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนตามมาตรฐาน ASTM D4644 ซึ่งอยู่ในสภาวะเปียก ในตารางที่ 4.3 แสดงค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนของการทดสอบความคงทนต่อการผุกร่อนในสภาวะแห้ง ผลการทดสอบได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนกับวัฏจักรทดสอบไว้ในรูปที่ 4.4 สำหรับการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนในสภาวะเปียกซึ่งอุปกรณ์ทดสอบมีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานได้นำผลการทดสอบทั้ง 10 วัฏจักร มาเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนตามแบบมาตรฐาน 6 วัฏจักร (Sri-in and Fuenkajorn, 2007) ในหินทรายทั้งสามชนิด ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าในรอบวัฏจักรที่เท่ากันผลการทดสอบของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ให้ค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนที่ต่ำกว่าผลการทดสอบด้วยอุปกรณ์ขนาดมาตรฐาน รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนต่อรอบวัฏจักรของการทดสอบในสภาวะแห้งซึ่งผลการทดสอบที่ได้จากอุปกรณ์ในงานวิจัยนี้มีค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนที่ต่ำกว่าอุปกรณ์มาตรฐานเช่นกัน แต่มีค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนที่สูงกว่าในสภาวะเปียกสำหรับหินชุกโคกกรวดและหินชุกภูกระดิ่ง ส่วนหินชุกพระวิหารมีความแตกต่างของค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนไม่แตกต่างมากสำหรับทั้งสองสภาวะ รูปที่ 4.6 แสดงค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนในวัฏจักรที่ 10 ทั้งสภาวะเปียกและแห้งที่ได้จากอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ในสองสภาวะ (เปียกและแห้ง) หินทรายชุกโคกกรวดจะแสดงผลกระทบที่ได้จากน้ำมากที่สุด กล่าวคือค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนจะลดลงมากที่สุดเมื่อมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องในการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนตามมาตรฐาน ASTM D4644

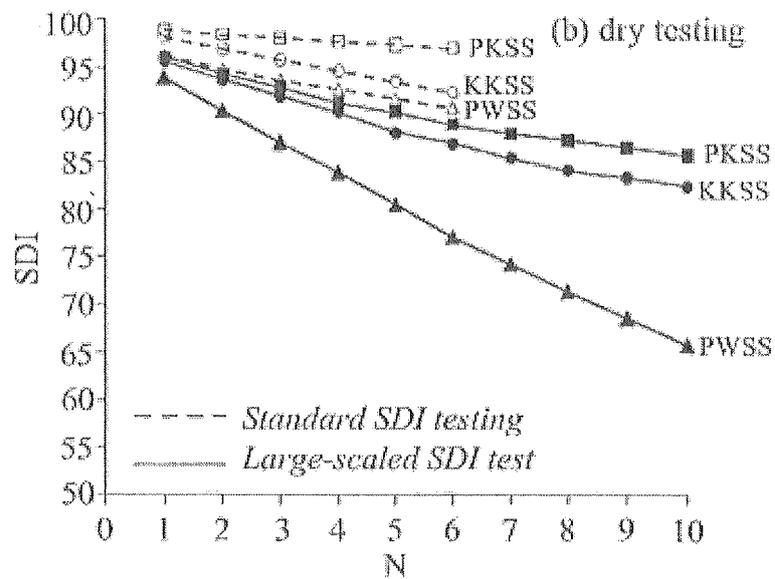
Rock Name	Slake Durability Index ,I _d (%)									
	Number of Cycles									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KKSS	93.68	89.98	87.13	84.54	81.72	79.07	76.70	74.29	72.28	70.22
PKSS	95.42	92.44	90.39	88.16	86.30	84.49	82.79	81.21	79.63	78.15
PWSS	92.84	87.57	83.77	80.14	76.17	72.76	70.10	68.18	65.96	63.14

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนในสภาวะแห้ง

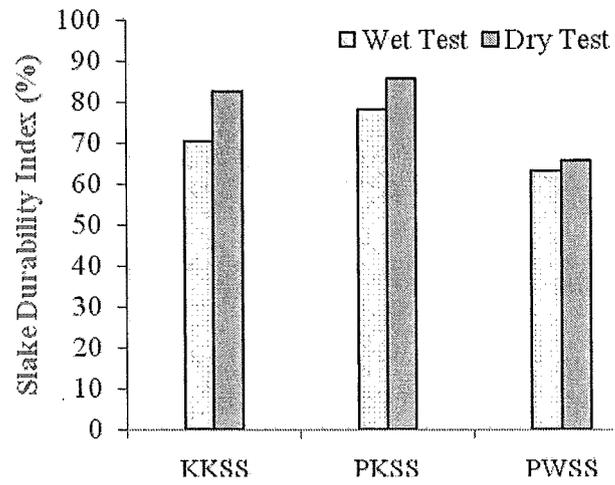
Rock Name	Slake Durability Index ,I _d (%)									
	Number of Cycles									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KKSS	95.60	93.67	91.92	90.23	88.10	86.94	85.41	84.11	83.31	82.39
PKSS	96.01	94.27	92.89	91.20	90.23	88.93	87.94	87.28	86.49	85.68
PWSS	93.87	90.38	87.05	83.88	80.49	77.08	74.23	71.36	68.55	65.70



รูปที่ 4.4 ดัชนีความคงทนต่อการฟุ้งกร่อนตามมาตรฐาน ASTM D4644 เปรียบเทียบกับการทดสอบขนาดใหญ่



รูปที่ 4.5 ดัชนีความคงทนต่อการฟุ้งกร่อนในสภาวะแห้งเปรียบเทียบระหว่างขนาดมาตรฐานและขนาดใหญ่



รูปที่ 4.6 ดัชนีความคงทนต่อการฟุ้งร่อนของดินทั้ง 3 ชนิด ในวัฏจักรที่ 10 ทั้งสภาวะเปียกและแห้ง

