

ลักษณะแอนไฮไดรต์ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง

ดร.دنุพล ตันนโยภาส

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กฤษณ์ พรหมตร

วิศวกรเหมืองแร่

บทคัดย่อ

แร่แอนไฮไดรต์ที่นำมาทดสอบจาก 2 แหล่ง ในภาคใต้คือ แหล่งในจังหวัด นครศรีธรรมราช และจังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลจากการทดสอบลักษณะพื้นฐานของ มวลรวมพบว่า แร่แอนไฮไดรต์มีค่าความพรุนอยู่ในช่วง 0.38–0.39% ค่าการดูด ซึมน้ำอยู่ในช่วง 0.13–0.14% และค่าความถ่วงจำเพาะสภาวะแห้ง 2.87

ส่วนสมบัติด้านมวลรวม พบว่าค่าการสึกกร่อนแบบลอสแอนเจลิส มีค่าอยู่ ระหว่าง 39.30–41.63% ค่าตัวประกอบความสม่ำเสมอ 0.25–0.27 ค่าเฉลี่ย กำลังแรงกดจุดมีค่าอยู่ระหว่าง 4.34–4.80 MPa ค่าความคงทนกลิ้งมีค่าอยู่ ระหว่าง 98.2–98.3% ค่าความคงตัวอยู่ในช่วง 11.62–14.41% และค่า กระแทกเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 31.24–35.31%

อย่างไรก็ตามแม้ว่าแร่แอนไฮไดรต์ไม่เหมาะสมกับงานก่อสร้างโครงสร้าง ผิว ถนน และลานสนามบิน แต่ก็สามารถนำไปใช้ในงานมวลรวมผสมคอนกรีตทั่วไปได้

Anhydrite characteristics Used as Construction Materials

Dr. Danupon Tonnayopas

Assistant Professor

Department of Mining and Materials Engineering

Faculty of Engineering Prince of Songkla University

Krit Ploamson

Mining Engineer

Asokelime Co.Ltd., Pakchong

Abstract

The anhydrite samples were collected from Nakhonsri Thammarat and Surat Thani provinces. The experimental investigation was carried out in basic characteristic of aggregate, 0.38–0.39% porosity, 0.13–0.14% of water absorption and 2.87 dried specific gravity.

The aggregate properties composed 39.30–41.63% of wear, 0.25–0.27 uniformity factor, 4.34–4.80 MPa point load strength, 98.2–98.3% retained of the second durability cycle, 11.62–14.41% soundness values and 31.24–35.31% impact values.

Therefore, the anhydrite does not appropriate neither structural construction nor bases or subbases for highways or airports but it is also available for concrete aggregate.

บทนำ

แร่แอนไฮไดรต์ (anhydrite หรือ rock anhydrite) พบอยู่ร่วมกับแหล่งแร่ยิปซัมของทุกภาค รวมถึงในแหล่งเกลือหิน (rock salt) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย แร่แอนไฮไดรต์เป็นส่วนใหญ่ จนบางครั้งอาจถือว่าเป็นแร่ได้เช่นกัน แร่ชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มหินสินสาค (evaporite) มีประโยชน์นำมาใช้ทำการดก้ามะถัน ซีเมนต์ แกะสลักต่างๆ และปูนพลาสเตอร์ แต่ก็เป็นเพียงปริมาณเล็กน้อย จึงมีความคิดที่จะนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์สูงสุดขึ้น โดยเฉพาะในงานวิศวกรรมก่อสร้างต่างๆ

สำหรับในภาคใต้แหล่งหินดังกล่าวจะกระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราชเป็นจำนวนมาก และด้วยลักษณะก้อนหินที่มีความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง รูปร่างลักษณะของผิว สารไม่พึงประสงค์ ที่ผ่านการทดสอบสามารถนำมาใช้งานก่อสร้างถนน[1] แต่หากว่ามีการเปลี่ยนสภาพไปเป็นยิปซัมในสภาวะเอื้ออำนวย หินดังกล่าวก็จะขาดคุณลักษณะไป ดังนั้น การศึกษานี้จึงเน้นถึงการผู้พ้งที่มีอิทธิพลต่อการนำไปใช้งานทางวิศวกรรมทั่วไป เพื่อก่อให้เกิดการคำนึงถึงผลกระทบต่องานวิศวกรรม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ก้อนตัวอย่างแอนไฮไดรต์ ที่เก็บมาใช้ทดสอบจะมาจากแหล่งเหมืองผลิตยิปซัม ซึ่งถือเป็นส่วนของเสียจากการทำเหมืองในจังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช ก้อนตัวอย่างที่นำมาจะมีขนาดอยู่ระหว่างก้อนหินมนใหญ่ (boulder) ไปจนถึงก้อนหินมนเล็ก (cobble) หลังจากนั้นนำไปทุบให้แตกและบดย่อยให้ได้ขนาดตามการทดสอบลักษณะมวลรวมต่อไป โดยมีอุปกรณ์ในการทดสอบที่สำคัญดังนี้

1. เครื่องมือทดสอบค่าแรงกระแทก (aggregate impact value apparatus) ตามมาตรฐานของ BS 812[2]
2. เครื่องทดสอบการสึกกร่อนแบบลอสแอนเจลิส (Los Angeles abrasion machine) ตามมาตรฐานของ ASTM C 131[3]

3. เครื่องมือทดสอบแรงกดจุด (point load test apparatus) ตามมาตรฐานของ ISRM (1985)[4]
4. เครื่องทดสอบภาวะคงทนกลั่นน้ำ (slake durability apparatus) ตามมาตรฐานของ ISRM (1981)[5]

ขอบเขตของการศึกษานี้จะเน้นสมบัติของแร่แอนไฮโดรต์ด้านพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของวัสดุหินก่อสร้างทั่วไป โดยมุ่งประเด็นไปที่การทดสอบสมบัติทางกายภาพพื้นฐานได้แก่ การดูดซึมน้ำ ความพรุน ความถ่วงจำเพาะสภาวะแห้ง โดยยึดถือวิธีการทดสอบของ ISRM (1981)[5] ส่วนสมบัติด้านมวลรวมได้แก่ กำลังแรงกดจุด ตามวิธีของ ISRM (1985)[4] การสึกกร่อนแบบลอสมองเจลิส ตามวิธีของ ASTM C 131[3] โดยเลือกจำนวนตัวอย่างแบบ A ค่ากระแทก ตามวิธีของ BS 812[2] และความคงตัว ตามวิธีทดสอบของ ASTM C 88[6] นำค่าทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ของสมบัติต่างๆ ดังกล่าว โดยใช้การหาความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นระดับ 1

ผลการศึกษา

สมบัติทางกายภาพ

1. ลักษณะแร่แอนไฮโดรต์

แร่แอนไฮโดรต์ ประกอบด้วยแคลเซียมซิลเฟตในรูป CaO 41.2% และ SO_3 58.8% มีสมบัติทั่วไปดังนี้คือ ความแข็ง 3–3.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.89–2.98 การยึดเกาะสมานแน่นทำให้มีขนาดคล้อยที่เหมาะสม ไม่มีรูพรุนในเนื้อหินทำให้การดูดซึมน้ำต่ำ มีความบริสุทธิ์และมีสารที่ไม่พึงประสงค์ต่ำ

แร่แอนไฮโดรต์จัดอยู่ในกลุ่มหินหินสาคกร ซึ่งหินจากทั้งสองแหล่งจะมีลักษณะสีเทาอ่อน บางส่วนมีลายดำพาดเป็นแถบจนถึงชั้นบาง (lamination) เนื้อสมานแน่น (massive) ความโปร่งใส (translucent) มีความวาวแบบมุก (รูปที่ 1) รอยแตกเรียบ (even fracture) และเมื่อแตกออกจะเป็นผงร่วนแบบเกล็ดน้ำตาลสีขาว บางก้อนมีลักษณะเป็นแผ่นตามระนาบชั้นการวางตัว (bedding plane)



รูปที่ 1 ลักษณะแร่แอนไฮไดรต์ที่เตรียมเป็นก้อนตัวอย่างในการทดสอบ

2. ความถ่วงจำเพาะสภาวะแห้ง ($S.G_d$)

ค่าความถ่วงจำเพาะสภาวะแห้งของก้อนตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบของทั้งสองแหล่ง จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 1) ก้อนตัวอย่างของแหล่งนครศรีธรรมราช พบว่า มีค่าความถ่วงจำเพาะสภาวะแห้งสูงสุดเท่ากับ 2.89 ส่วนก้อนตัวอย่างของแหล่งสุราษฎร์ธานี มีค่าความถ่วงจำเพาะสภาวะแห้งสูงสุดเท่ากับ 2.88 สำหรับค่าต่ำสุดและค่าเฉลี่ยทั้งสองแหล่งจะเท่ากันคือ 2.85 และอยู่ที่ 2.87 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์อาจจะกล่าวได้ว่าหินทั้งสองแหล่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากัน และหากจำแนกประเภทตาม IABG (1981) ก็จะพบว่าเป็นหินที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงมาก[7]

3. การดูดซึมน้ำ (A)

ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบของแหล่งจังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.19% ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.10% และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.13% ส่วนก้อนตัวอย่างของ

แหล่งสุราษฎร์ธานี มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดเท่ากับของนครศรีธรรมราช ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.08% และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.14% (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1
ค่าสมบัติพื้นฐานของมวลรวมของแร่แอนไฮไดรต์

รายการทดสอบ		$S.G_d$	A	n	I_{S50}
นครศรีธรรมราช	จำนวน	5	5	5	20
	ค่าสูงสุด	2.89	0.19	0.55	5.86
	ค่าต่ำสุด	2.85	0.10	0.29	2.36
	ค่าเฉลี่ย	2.87	0.13	0.38	4.34
	การเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01	0.04	0.10	0.99
สุราษฎร์ธานี	จำนวน	5	5	5	20
	ค่าสูงสุด	2.88	0.19	0.55	6.59
	ค่าต่ำสุด	2.85	0.08	0.23	3.05
	ค่าเฉลี่ย	2.87	0.14	0.39	4.80
	การเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01	0.05	0.15	0.96

4. ความพรุน (n)

ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบของแหล่งจังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าความพรุนสูงสุดเท่ากับ 0.55% ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.29% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.38% ส่วนก้อนตัวอย่างของแหล่งที่ได้จากสุราษฎร์ธานี มีค่าความพรุนสูงสุดเท่ากับของนครศรีธรรมราช ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.23% และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.39% (ตารางที่ 1) ซึ่งก็ถือว่าค่าทั้งสองไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ของ IAEG (1981) จัดว่าเป็นก้อนตัวอย่างดังกล่าวเป็นวัสดุที่มีความพรุนน้อยมากหรือเนื้อตันนั่นเอง[7]

สมบัติของมวลรวม

1. กำลังแรงกดจุด (I_{S50})

ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบของแหล่งจังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่ากำลังแรงกดจุด (point load strength) สูงสุดเท่ากับ 5.86 MPa ค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.36 MPa ค่าเฉลี่ยอยู่ที่

4.34 MPa ส่วนก้อนตัวอย่างของแหล่งสุราษฎร์ธานี มีค่ากำลังแรงกดจุดสูงสุดเท่ากับ 6.59 MPa ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.05 MPa ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80 MPa (ตารางที่ 1) โดยค่าเฉลี่ยของหินทั้งสองแหล่งจัดว่าเป็นหินที่มีกำลังสูงมาก[3]

2. ความทนทานต่อการสึกกร่อนแบบลอสแอนเจลิส

ค่าการสึกกร่อนของทั้งสองแหล่งค่อนข้างสูงเฉลี่ย 39.54 – 40.61% มีค่าตัวประกอบความสม่ำเสมอ (uniformity factor) อยู่ในช่วง 0.25 – 0.27 ดังมีรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

การสึกกร่อนแบบลอสแอนเจลิสของแร่แอนไฮไดรต์

แหล่งตัวอย่าง	จำนวนชุดตัวอย่าง	% ความสึกกร่อน	ตัวประกอบความสม่ำเสมอ
นครศรีธรรมราช	2	39.30-39.78	0.22-0.28
สุราษฎร์ธานี	2	39.60-41.63	0.25-0.30

ตารางที่ 3

ค่ากระแทกของมวลรวมแร่แอนไฮไดรต์

แหล่งตัวอย่าง	เวลาแช่น้ำ (สัปดาห์)	ค่ากระแทกชุด 1 %	ค่ากระแทกชุด 2 %
นครศรีธรรมราช	0	27.74	29.71
	1	31.54	32.09
	3	33.85	32.50
	เฉลี่ย	31.24	
สุราษฎร์ธานี	0	32.58	-
	1	36.43	-
	3	36.09	36.15
	เฉลี่ย	35.31	

3. ค่ากระแทกของมวลรวม (AIV)

ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบหาค่ากระแทกของมวลรวมนั้น ได้จัดทำไว้ใน 3 สภาวะคือ ไม่แช่น้ำ แช่น้ำ 1 สัปดาห์และ 3 สัปดาห์ พบว่า ค่ากระแทกตามสภาวะดังกล่าวนั้น ค่าของตัวอย่างไม่แช่น้ำมีความแตกต่างจากตัวอย่างที่แช่น้ำประมาณ 3% แต่ค่าที่แช่น้ำช่วงเวลาดังกัน

นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 31.24 – 35.31% ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

4. ความคงทนการกลั่นน้ำ (I_{d2})

การทดสอบการกลั่นน้ำของตัวอย่างทั้งสองแหล่ง จำนวน 2 รอบ พบว่า มีค่าดัชนีการกลั่นน้ำรอบที่ 2 I_{d2} มีค่า 98.2 – 98.3% (ตารางที่ 4) เนื่องจากหินมีองค์ประกอบของแร่ดิน (clay minerals) น้อยมาก การทดสอบนี้จึงไม่สามารถบอกลำดับความสำคัญต่อการใช้งานมวลรวมก่อสร้างได้ แต่หากจัดตามด้านธรณีกลศาสตร์ (geomechanics) ก็ได้ว่า หินนี้มีสภาพความคงทนต่อการผุพังสูงมาก[8]

5. การคงตัว (SS)

ก่อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบของแหล่งจังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าความสูญเสียจากการแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต 14.41% สำหรับก่อนตัวอย่างของแหล่งสุราษฎร์ธานี มีความสูญเสีย 11.62% (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4

ความคงทนการกลั่นน้ำและการคงตัวของแร่แอนไฮโดรต์

แหล่งตัวอย่าง	จำนวนชุดตัวอย่าง	I_{d2} (%)	ความสูญเสีย (%)
นครศรีธรรมราช	1	98.2	14.41
สุราษฎร์ธานี	1	98.3	11.62

6. ดัชนีคงทนหินผุพัง

จากผลการทดสอบบรรดาสัมบัติค่าความถ่วงจำเพาะ การสึกกร่อนแบบลอสมองเจลิส กระแทก การคงตัว และกำลังแรงกดจุด ได้นำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ตาม Fookes et al. (1988) ได้เสนอไว้ดังสมการที่ (1) และ (2) ซึ่งเรียกว่า ดัชนีสภาพความคงทนแบบสถิติ (RDI_s) และดัชนีสภาพความคงทนแบบจลน์ (RDI_d)

$$RDI_s = \frac{1}{S.G.} [I_{s50} - 0.1(SS + 5A)] \quad (1)$$

$$RDI_d = \frac{1}{S.G.} [0.1(AIV + 5A)] \quad (2)$$

$$n = 0.34A + 0.003 \quad (3)$$

2. ค่ากระแทกกับการดูดซึมน้ำ

พบว่ามีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญดี โดยมีค่า $R^2 = 0.68$ สัมพันธ์แบบแปรผันตรง (รูปที่ 3) สามารถเขียนเป็นรูปสมการอย่างง่ายได้คือ

$$A = 0.01(I.V.) - 0.31 \quad (4)$$

3. ค่ากระแทกกับความพรุน

ค่าค่ากระแทกกับความพรุนพบว่า มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญดี โดยมีค่า $R^2 = 0.62$ สัมพันธ์แบบแปรผันตรง (รูปที่ 4) สามารถเขียนในรูปสมการได้คือ

$$n = 0.04(I.V.) - 0.85 \quad (5)$$

สรุปผลและวิจารณ์

แร่แอนไฮไดรต์ของแหล่งทั้งสองในภาคใต้ มีลักษณะสมบัติทางธรณีเทคนิคค่อนข้างเหมือนกัน ซึ่งอาจจัดว่าเป็นตัวแทนของกลุ่มเดียวกันได้คือ เป็นหินเนื้อหยาบ มีการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 0.13% ความพรุนเฉลี่ย 0.38% จัดว่าเป็นหินเนื้อตัน มีค่าความถ่วงจำเพาะแห้ง 2.87 มีน้ำหนักมาก กำลังแรงกดจุดของก้อนตัวอย่างเฉลี่ย 4.34–4.80 MPa จัดเป็นหินที่มีกำลังสูง

ผลการทดสอบการสึกกร่อนแบบลอสเองเจลิสพบว่า ตัวอย่างจากทั้งสองแหล่งไม่มีความเหมาะสมกับงานก่อสร้างที่มีมวลขนาดใหญ่ งานปูพื้นถนนก็เช่นกัน เพราะมีค่าการสึกกร่อนแบบลอสเองเจลิสอยู่ในช่วงประมาณ 39.54–40.61% คาบเกี่ยวและเกินกว่ามาตรฐานของ มอก. ที่ระบุไว้ที่ 40% ดังนั้น แร่แอนไฮไดรต์จึงไม่น่ามีความเหมาะสม

นอกจากนี้ค่ากระแทกอยู่ราว 31.24–35.31% ซึ่งค่อนข้างไม่เหมาะสมในการนำมาทำผิวถนน เนื่องจากเกินค่าที่กำหนด 30% ตามเกณฑ์มาตรฐานของอินเดีย (IS)[10] แต่สามารถใช้งานคอนกรีตซีเมนต์ก่อสร้างทั่วไปได้เพราะค่าไม่เกิน 45% [7] และค่าการคงตัวจะอยู่ระหว่าง 11.62–14.41% ค่อนข้างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยยึดถือว่าค่านี้ไม่ควรให้เกิน 12% ในงานก่อสร้างทั่วไป ตามกำหนดมาตรฐานของอังกฤษ (BS)[11] ซึ่งบรรดาค่าเหล่านี้ที่

ได้ทดสอบมาพบออกเป็นนัยได้ว่า การใช้ในงานก่อสร้างทางโครงสร้างนั้นแร่แอนไฮไดรต์นั้นมีความไม่เหมาะสมสูง หรือแม้แต่ในงานรับการกระแทกและขัดสีเช่น ชั้นพื้นทาง (bases) หรือชั้นรองพื้นทาง (subbases) สำหรับถนนและลานสนามบิน แต่หากคำนึงในงานผสมคอนกรีตนั้นอาจช่วยในการหล่อแข็งตัวของปูนได้ โดยทดแทนกับเรยิปซัมที่ใส่อยู่ในปูนซีเมนต์ อันเป็นการลดการใช้ปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสมเรยิปซัมบางชนิดลงได้และค่าใช้จ่ายดังกล่าวด้วย

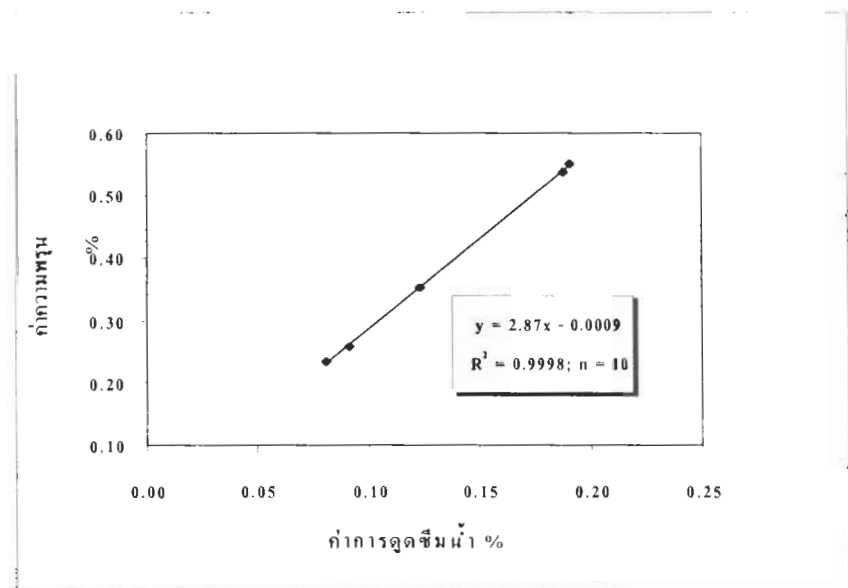
กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณภาคีวิชาชีพวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ และเจ้าของเหมืองยิปซัมในจังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช ตลอดจนภาคีวิศวกรรมโยธา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้อุปกรณ์บางอย่างและสถานที่ ขอขอบคุณเป็นพิเศษแก่คุณชิตพล เอียดปาน ได้ช่วยเหลือในการเตรียมตัวอย่างและจัดหาอุปกรณ์

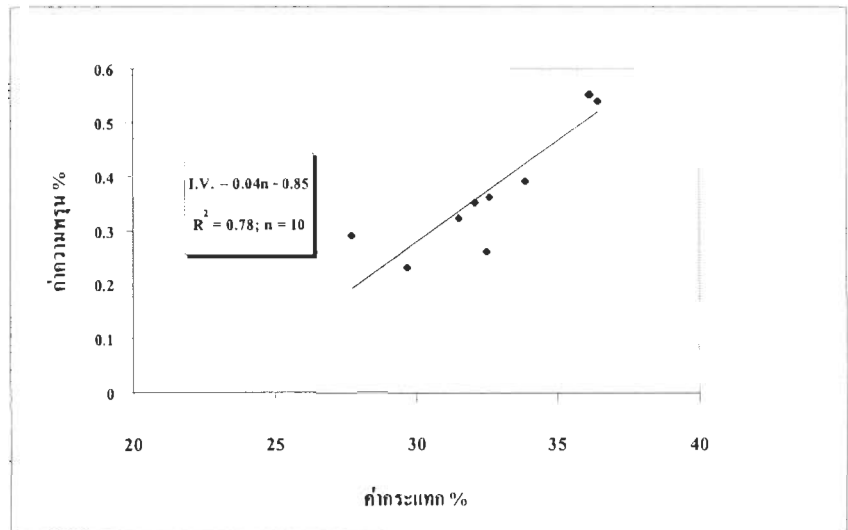
เอกสารอ้างอิง

- [1] พัทธ์ชัย รัตนจารุรักษ์ "ความเหมาะสมในการนำแร่แอนไฮไดรต์มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการก่อสร้างทางหลวง" Symp. Min. Energy, and Water resources of Thailand: Toward the year 2000, Oct 28-29 1999, Bangkok, Thailand, 2542.
- [2] .BS 812 Method for sampling and testing of mineral aggregates and fillers, 1975.
- [3] ASTM C131-81, Test for resistance to abrasion of small size coarse aggregate by use of Los Angeles machine, 1981
- [4] Anon, "Suggested methods for determining point-load strength", Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol. 22, no. 2, pp. 51-60, 1985.
- [5] Anon, "Rock characterization testing & monitoring", Brown ET. (ed.) Pergamon Press, New York, pp. 84-85, 92-94, 1981.

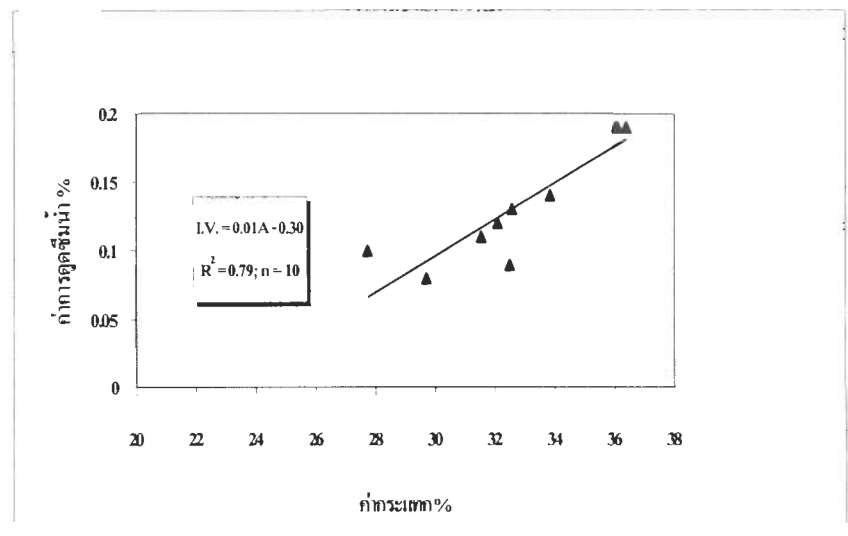
- [6] ASTM C88-83, *Test for soundness of aggregate by use of sodium sulfate or magnesium sulfate*, 1983.
- [7] Anon, "Rock and soil description and classification for engineering geological mapping", Bull. IAEG, No. 24, pp. 235-274, 1981.
- [8] Gamble, J.C., "Durability plasticity classification of shales and other argillaceous rocks", Ph.D. thesis, University of Illinois, 1971.
- [9] Fookes, P.G., Gourley, C.S. and Ohikere, C. "Rock weathering in engineering time", QJ Engng. Geol., vol. 21, pp. 33-57, 1988.
- [10] Gokhale, K.V.G.K. and Rao, D.M., "Experiments in engineering geology", Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 65-67, 1981.
- [11] Wood, K.B., "Highway engineering handbook", 1st ed., McGraw-Hill Book Co. Ltd., London, pp. 11-50, 1960.



รูปที่ 2 สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความพรุนกับค่าการดูดซึมน้ำของแร่แอนไฮไดรต์



รูปที่ 3 สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความพรุนกับค่ากระเทกของแร่แอนไฮไดรต์



รูปที่ 4 สหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับค่ากระเทกของแร่แอนไฮไดรต์