



ผลของการทดลองตัวอย่างดินแกรนิต ๓ ชนิด และการวิจารณ์ผลที่ได้จากการทดลองนี้ จะกล่าวเป็นหัวข้อดังรายละเอียดต่อไปนี้ :-

๔.๑ ผลการทดสอบคุณสมบัติทั่วไป

๔.๑.๑ คุณสมบัติทางฟิสิกส์

๔.๑.๑.๑ ค่าความถ่วงจำเพาะ

จากตารางที่ ๔.๑ แสดงผลของค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างดินแกรนิตอยู่ระหว่าง ๒.๖๑๕ ถึง ๒.๖๗๖ และจากค่าส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินแกรนิตแสดงว่า สารอินทรีย์มีอยู่ประมาณ ๑๐ % นอกนั้นเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่มากกว่า ๙๐ % ของตัวอย่างดินแกรนิต ฉะนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างดินแกรนิตจึงเป็นค่าความถ่วงจำเพาะของแร่อนินทรีย์ ซึ่งเป็นพวกแรควอทซ์ (ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ ๒.๖๕) เสียเป็นส่วนใหญ่และแร่เฟลด์สปาร์ (ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ ๒.๕๕) ในตัวอย่างดินแกรนิต ที่มีแร่ไมกาเป็นส่วนใหญ่ (ค่าความถ่วงจำเพาะของไมกาเท่ากับ ๒.๖ ถึง ๓.๐) จึงทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างนี้สูงขึ้น

๔.๑.๑.๒ ค่า Atterberg Limits และผลการวิเคราะห์ขนาดคละของเม็ดดินแกรนิต ดังแสดงผลทดสอบในตารางที่ ๔.๑ และรูปที่ ๔.๑, ๔.๒ และ ๔.๓ ตามลำดับ นำผลทดสอบเหล่านี้ไปใช้ในการจำแนกประเภทของดินตามวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

(๑) ระบบ unified soil classification สามารถจำแนกประเภทของตัวอย่างดินแกรนิตได้ คือ

ตัวอย่าง  $S_1$  จำแนกอยู่ในประเภทดินทราย (sw) ซึ่งเป็น well-graded sands ที่มีดินส่วนละเอียด ( fines ) ปนอยู่เล็กน้อย

ตัวอย่าง S<sub>2</sub> จำแนกอยู่ในประเภทดินทราย ( SW - SC ) ซึ่งเป็น well-graded clayey sands

ตัวอย่าง S<sub>3</sub> จำแนกอยู่ในประเภทดินทราย ( SW ) ซึ่งเป็น well-graded sands ที่มีดินส่วนละเอียดปนอยู่เล็กน้อย

(๒) ระบบของ AASHTO

ตัวอย่าง S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> และ S<sub>3</sub> จัดอยู่ในกรุป A-2-7(0), A-2-6(0) และ A-3 (0) ซึ่งจำแนกดินอยู่ในประเภททรายปนควยทรายเม็ดป่นหรือดินเหนียว ( silty or clayey sand ) สำหรับ ๒ ตัวอย่างแรกและประเภททรายละเอียด ( fine sand ) ตามลำดับ โดยที่ตัวอย่างดินแกรนิตเหล่านี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุ subgrade ได้อย่างดี

(๓) ระบบของ U.S. Bureau of soils

ตัวอย่าง S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> และ S<sub>3</sub> จำแนกอยู่ในประเภทดินทราย ( sand ) สำหรับ ๒ ตัวอย่างแรกและ sandy loam ตามลำดับ

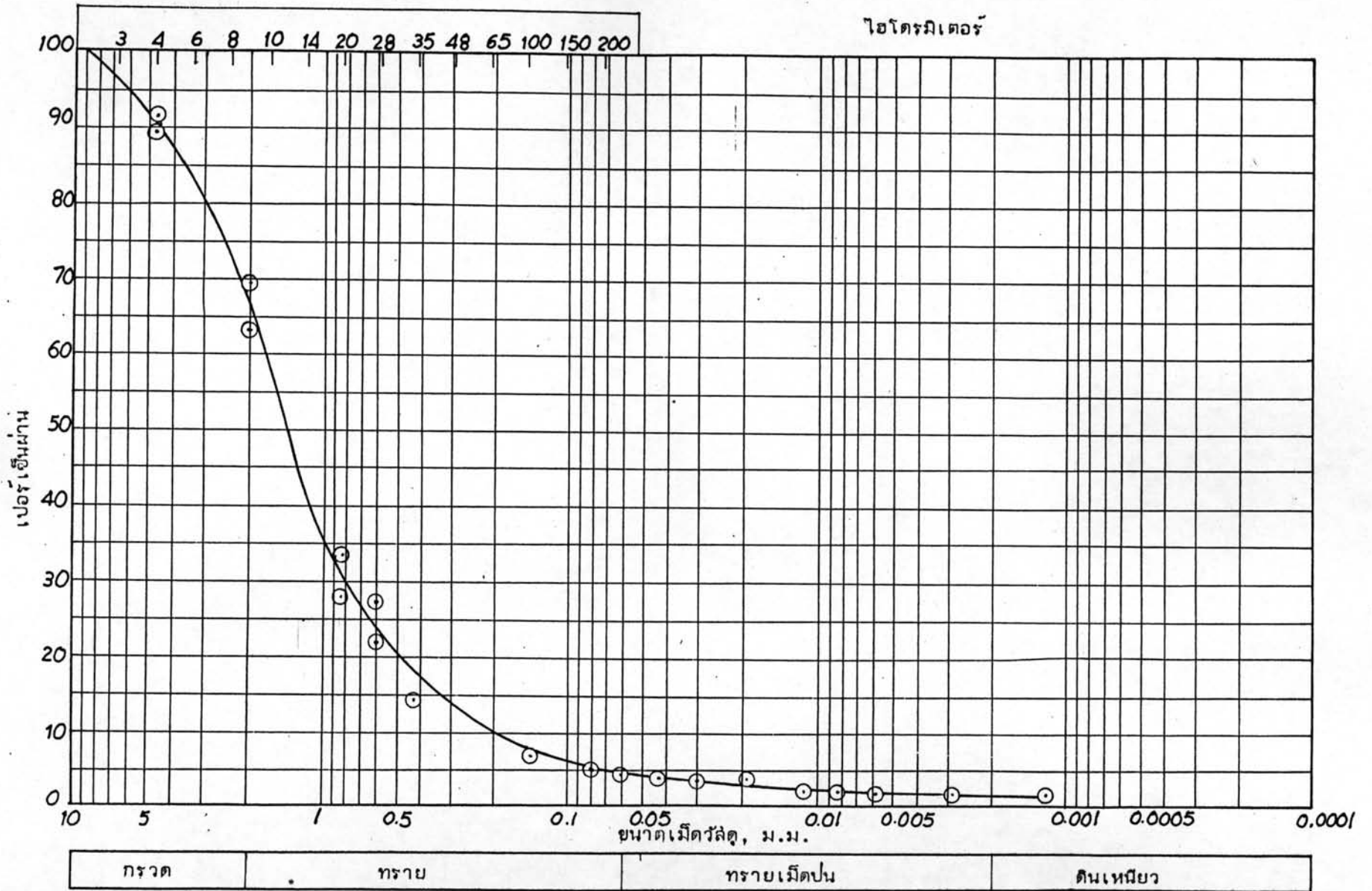
(๔) ค่า activity ของตัวอย่างดินแกรนิต สามารถหาได้จากค่า Atterberg Limits และผลการวิเคราะห์ขนาดกละของเม็ดดิน ค่า activity นี้เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Atterberg limits สำหรับดินและปริมาณน้ำที่ผิวของเม็ดดินถูกไว้ ถ้าขนาดเม็ดวัสดุกละจะทำให้พื้นที่ผิวต่อมวลเพิ่มมากขึ้น และปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับเข้าไปจะเพิ่มขึ้นด้วย ฉะนั้นปริมาณดินเหนียวซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดจะยังสามารถดูดซับน้ำได้มากที่สุด จากเหตุผลนี้เอง Skempton (๑๙๕๓) จึงได้เรียกปริมาณดินเหนียวนี้ว่า activity ของดินเหนียว ( Activity of a clay )

$$\text{Activity of a clay} = \frac{\text{plasticity index}}{\text{เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ละเอียดกว่า ๒ ไมครอน}}$$

จากตารางที่ ๔.๑ พบว่า ปริมาณดินเหนียวของตัวอย่างดินแกรนิตมีอยู่น้อยมาก ค่า activity ของดินเหนียวจึงมีผลต่อการคูดำน้อยไปค้วย

เบอร์ตะแกรงมาตรฐานของ TYLER

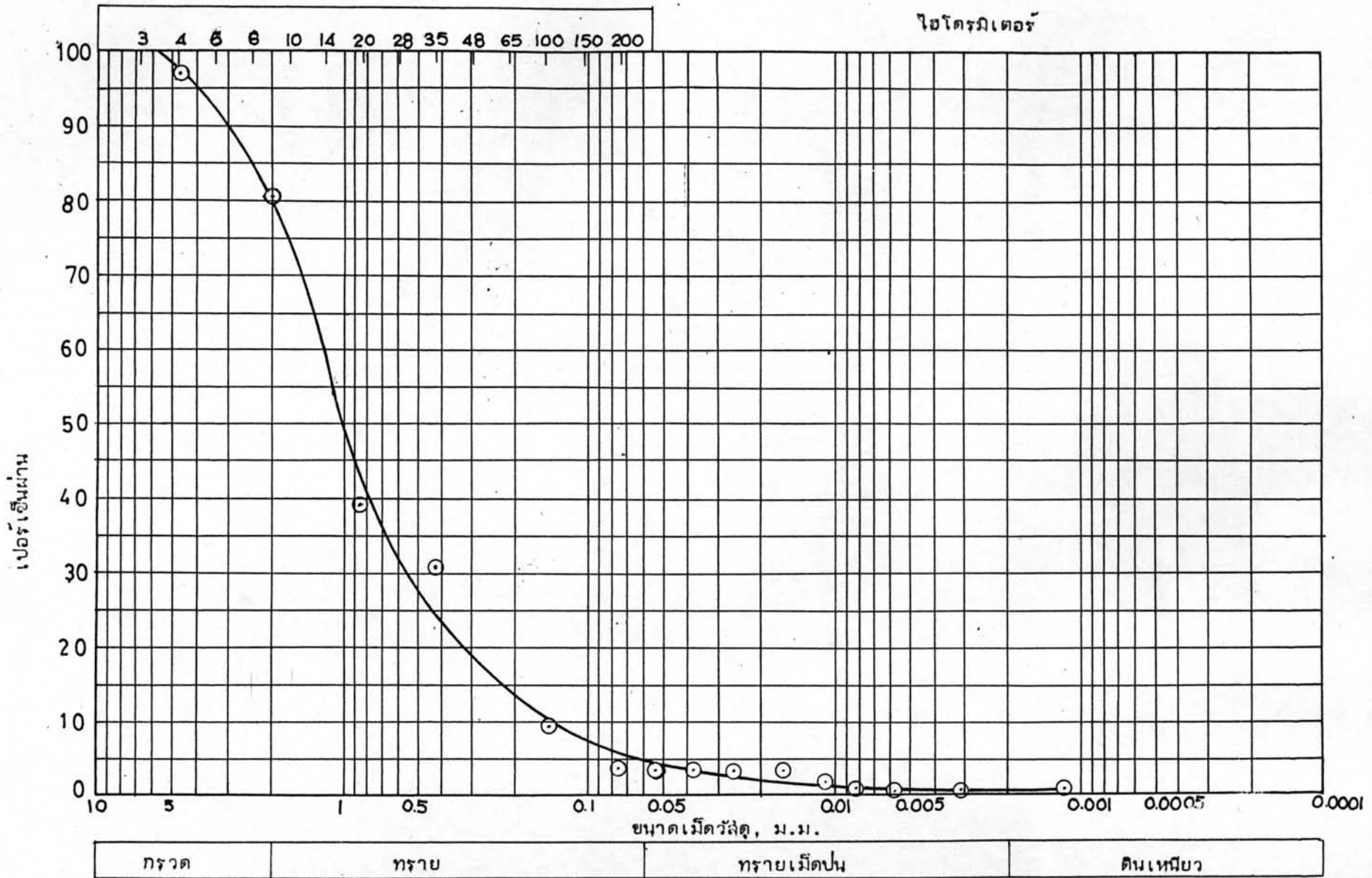
ไฮโดรมิเตอร์



การจำแนกขนาดมาตรฐานของเม็ดดินตามระบบ MIT  
รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์หัยขนาดคละของเม็ดดินตัวอย่าง S<sub>1</sub>

เบอร์ตะแกรงมาตรฐานของ TYLER

ไฮโดรมิเตอร์

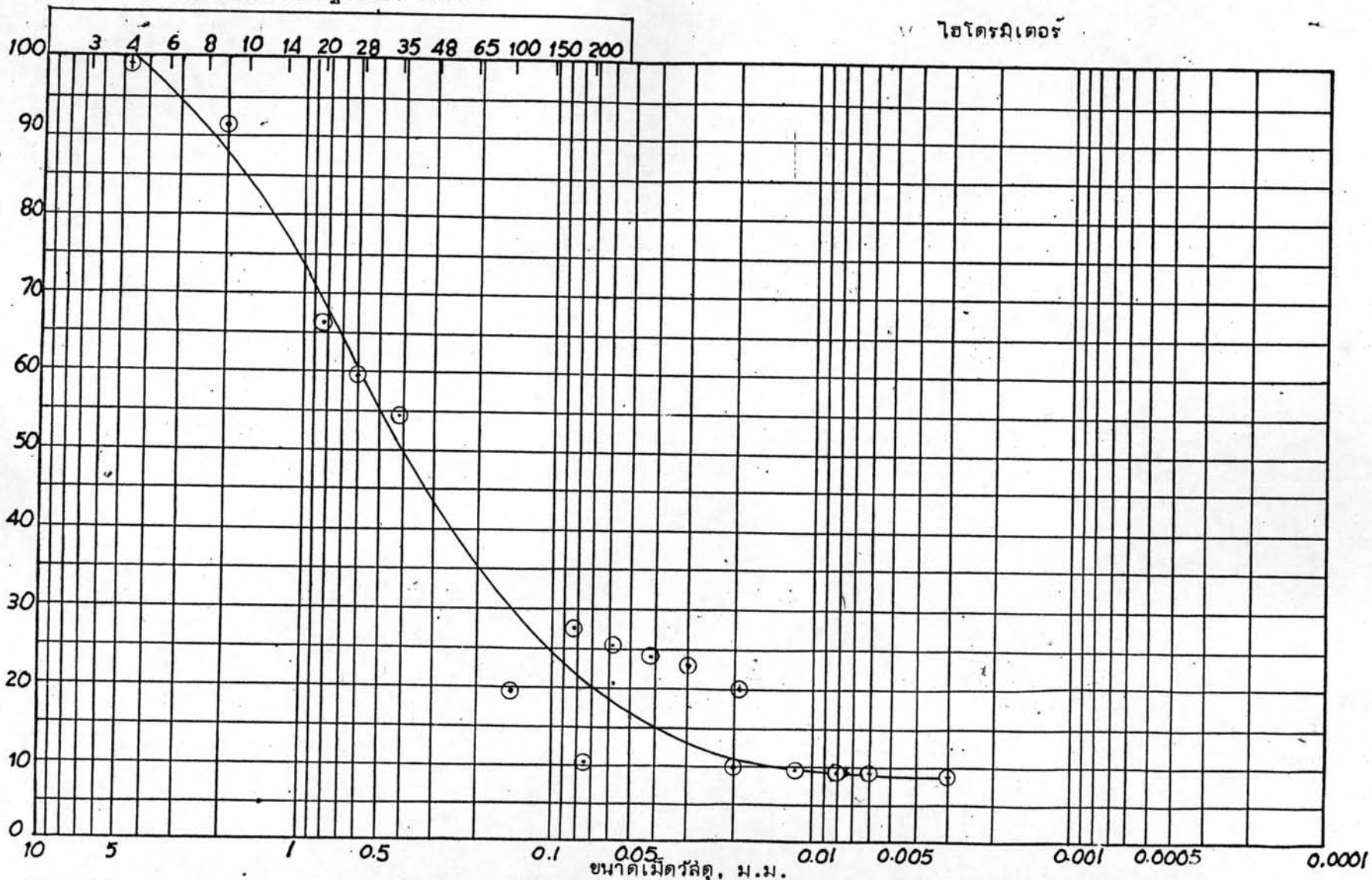


การจำแนกขนาดมาตรฐานของเม็ดดินตามระบบ MIT,  
รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ขนาดคละของเม็ดดินตัวอย่าง S<sub>2</sub>



เบอร์ตะแกงมาตรฐานของ TYPER

ไฮโดรมิเตอร์



กรวด	ทราย	ทรายเม็ดป่น	ดินเหนียว
------	------	-------------	-----------

การจำแนกขนาดมาตรฐานของเม็ดดินตามระบบ MIT  
รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ขนาดคละของเม็ดดินตัวอย่าง S<sub>3</sub>

ตารางที่ ๔.๑ คุณสมบัติทั่วไป ของตัวอย่างดินแกรนิต

คุณสมบัติทั่วไป / ตัวอย่าง	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
การวิเคราะห์ขนาดคละของเม็ดดิน :			
กรวด > ๒ ๐๐ มม. %	34.0	19.0	12.5
ทราย ๐.๐๗๕ - ๒ ๐๐ มม. %	61.0	75.0	67.0
ทรายเม็ดป่น ๐.๐๐๕ - ๐.๐๗๕ มม. %	3.0	5.0	11.5
ดินเหนียว ๐.๐๐๒ - ๐.๐๐๕ มม. %	0.5	0.7	1.0
ดินเหนียว ๐.๐๐๒ มม. %	1.5	0.3	8.0
การแบ่งประเภทดินตามวิธี:			
Unified	SW	SW-SC	SW
AASHTO	A-2-7 (0)	A-2-6 (0)	A - 3 (0)
U.S. Bureau of soils	Sand	Sand	Sandy Loam
คุณสมบัติทางฟิสิกส์:			
ความถ่วงจำเพาะ:			
	2.615	2.636	2.676
Liquid Limit, %	41.10	36.10	-
Plastic Limit, %	27.84	20.05	-
Plasticity Index, %	13.26	16.05	N.P.
Surface Activity	8.84	53.50	-
คุณสมบัติทางเคมี			
pH	6.73	4.09	4.19
Organic Matter, %	9.91	9.87	9.87
Calcium oxide, %	0.36	0.29	0.16
Silica, %	54.14	51.14	53.38
Alumina, %	29.26	31.87	37.37

ตารางที่ ๔.๑ คุณสมบัติทั่วไปของตัวอย่างดินแกรนิต

คุณสมบัติทั่วไป ตัวอย่าง	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Ferric oxide, %	6.77	5.29	2.92
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.85	1.60	1.43
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50	1.38	1.32
Sulfate content, %	0.0025	0.0014	0.0023



๔.๑.๒ คุณสมบัติทางเคมี

Grant, ๑๙๖๒ ได้กล่าวถึงลักษณะของดินลูกรังที่แท้จริง ( true laterite ) สำหรับวัสดุเมคทายาบจะต้องมีอัตราส่วนของซิลิกาต่อ metallic sesquioxides (  $SiO_2/R_2O_3$  ) หรือ ซิลิกาต่ออลูมินา (  $SiO_2 / Al_2O_3$  ) น้อยกว่า ประมาณ ๑.๓๓ บางครั้งค่าอัตราส่วนที่อยู่ระหว่าง ๑.๑ และ ๒.๐ อาจยอมรับว่าเป็นดินลูกรังสำหรับวัสดุเมคทายาบ แต่ไม่ใช่ดินลูกรังที่แท้จริง และอัตราส่วนที่มีค่ามากกว่านี้ จะถือว่าไม่ใช่ดินลูกรังเลย

จากตารางที่ ๔.๑ แสดงผลทดสอบคุณสมบัติทางเคมี พบว่า ตัวอย่างดินแกรนิตเป็นดินลูกรังชนิดเมคทายาบ ซึ่งไม่ใช่ลักษณะดินลูกรังที่แท้จริง ( true laterite ) ซึ่งเป็นดินลูกรังชนิดเมคทายาบ และจากส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินแกรนิตมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ประมาณ ๑๐.๐๐ % หนักได้น้อยมาก นอกนั้นเป็นพวกแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์อยู่ประมาณ ๙๐.๐๐ เปอร์เซ็นต์

สภาพความเป็นกรดและด่าง ( pH - value ) ของตัวอย่างดินแกรนิต ในผลทดสอบทางเคมีแสดงว่า มีค่าความเป็นกรดอ่อน ๆ ทั้ง ๓ ตัวอย่าง ส่วนปริมาณแคลเซียมออกไซด์และซัลเฟตในตัวอย่างดินแกรนิต ซึ่งสามารถทำให้สารละลายเกิดมีฤทธิ์เป็นด่างหรือกรดได้ตามลำดับ เมื่อผสมกับน้ำ จากตารางที่ ๔.๑ พบว่า ค่าปริมาณแคลเซียมออกไซด์และซัลเฟตมีอยู่น้อยมาก

๔.๑.๓ ส่วนประกอบแร่ต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิต

Eades และ Grim, (๑๙๖๐) ได้ตรวจสอบปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างปูนขาวกับแร่ดินเหนียววิสุทธ์บางชนิด ปรากฏว่ามีปฏิกิริยาทางเคมีเหล่านี้เกิดขึ้นจริงระหว่างปูนขาวกับแร่ดินเหนียวต่าง ๆ ดังนี้ คือ Kaolinite, illite montmorillonite และ แร่ดินเหนียวหลาย ๆ ชนิดรวมกัน ผลของปฏิกิริยาทำให้มีกำลังเพิ่มขึ้นจากเดิม สำหรับแร่ดินเหนียว kaolinite เมื่อทำปฏิกิริยากับปูนขาวจะมีกำลังเพิ่มขึ้นทันทีทันใด และจะมีกำลังเพิ่มถึงจุดสูงสุดเมื่อใช้ปริมาณปูนขาวถึง ๔.๐ % โดยน้ำหนักของดินเหนียว ส่วนแร่ดินเหนียว illite และ montmorillonite จะมีกำลังเพิ่มขึ้นเพียง



เล็กน้อยในระยะแรก จนกระทั่งดินเหนียวอิมกัวด้วยปูนขาวแล้วแรดินเหนียวเหล่านี้จะเริ่มถูกทำลายและมีกำลังเพิ่มมากขึ้น ปริมาณปูนขาวที่มากที่สุดซึ่งจะทำให้กำลังของแรดินเหนียว illite และ montmorillonite เพิ่มขึ้นสูงสุดต้องใช้ถึง ๘.๐ % โดยน้ำหนัก

Moh (๑๙๖๕) ได้สรุปผลทดสอบปฏิกิริยาเคมีระหว่างแรดินเหนียวบริสุทธิ์กับปูนขาวชนิด hydrated lime ว่า แรดินเหนียว kaolinite มีปฏิกิริยาน้อยกว่า montmorillonite ส่วนแรธาตุในดินที่เนื่องต่อการทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนขาว คือ แร nontronite แร nontronite เป็นแรดินเหนียวชนิดหนึ่งในกลุ่มของแร montmorillonite โดยมีประจุ  $Fe^{+3}$  เข้าไปแทนที่ประจุ  $Al^{+3}$  ในแรดินเหนียว montmorillonite เมื่อแรดินเหนียว nontronite ทำปฏิกิริยากับปูนขาว ผลของปฏิกิริยาที่ได้ออกมาจะไม่เป็น calcium aluminate hydrates และผลของปฏิกิริยานี้ จะไม่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสานอยู่เลย

ส่วนผลของการวิเคราะห์แรต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิต โดยวิธี x-ray diffraction ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก. โดยมีผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งที่มีขนาดใหญ่กว่า ๒ ไมครอนและเล็กกว่า ๒ ไมครอน

ตารางที่ ๕.๒ ชนิดและปริมาณของแรดินเหนียวในตัวอย่างที่มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่า ๒ ไมครอน

ตัวอย่าง	ปริมาณแรดินเหนียว ( % )		
	Montmorillonite	Kaolinite	Illite
S <sub>1</sub>	80 - 9๐	10 - 15	5 - 10
S <sub>2</sub>	70 - 90	10 - 15	5 - 10
S <sub>3</sub>	-	60 - 70	5 - 15

ตารางที่ ๔.๓ ส่วนประกอบของแร่ต่าง ๆ ในตัวอย่างที่มีขนาดเม็ดดินอยู่ระหว่าง ๒ และ ๕๓ ไมครอน (ตะแกรงเบอร์ ๓๐๐)

ตัวอย่าง	ส่วนประกอบของแร่
S <sub>1</sub>	montmorillonite + kaolinite + mica + quartz + feldspar
S <sub>2</sub>	montmorillonite + kaolinite + mica + quartz + feldspar
S <sub>3</sub>	kaolinite + mica + quartz + feldspar

จากตารางที่ ๔.๑ แสดงผลการวิเคราะห์ขนาดคละของเม็ดดิน โดยมีปริมาณดินเหนียวที่มีขนาดเล็กกว่า ๒ ไมครอนเท่ากับ ๑.๕, ๐.๓, ๕.๐ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของตัวอย่าง S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> และ S<sub>3</sub> ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณแร่ดินเหนียวที่มีขนาดเล็กกว่า ๒ ไมครอน เพื่อหาปริมาณที่แน่นอนของแร่ดินเหนียวของแต่ละตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ ๔.๔

ตารางที่ ๔.๔ ปริมาณแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิต

ตัวอย่าง	ปริมาณแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่าง (%)		
	Montmorillonite	Kaolinite	Illite
S <sub>1</sub>	1.2 - 1.35	0.15 - 0.225	0.075 - 0.15
S <sub>2</sub>	0.21 - 0.27	0.03 - 0.045	0.015 - 0.030
S <sub>3</sub>	-	4.8 - 5.6	0.04 - 1.20

ในตารางที่ ๔.๑ ตัวอย่างดินแกรนิตเป็นประเภทดินทรายประกอบด้วย ทราย, กรวด, ทรายเม็ดป่นผสมอยู่มากกว่า ๘๐ % โดยน้ำหนักและปริมาณดินเหนียวไม่เกิน ๑๐ % และจากตารางที่ ๔.๔ ปริมาณแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิตจะพบว่ามีอยู่น้อยมาก

#### ๔.๒ คุณสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินแกรนิตเมื่อผสมน้ำปูนใส

##### ๔.๒.๑ ผลทดสอบการบดอัด

จากทฤษฎีเคมีและฟิสิกส์ ของ Lambe (๑๙๖๒) ได้อธิบายถึง ปฏิกริยาระหว่างปูนขาวกับดินที่เกิดขึ้นทันทีที่มี ๓ ขั้นตอน คือ เกิดการแลกเปลี่ยนประจุของแคลเซียม, เพิ่มความเข้มข้นของประจุลบภายใน pore water ทำให้เกิดการอัดตัวของ double layer ของอนุภาคดินเหนียว, เมื่ออัดตัวมากขึ้น double layer ก็จะขยายตัวออก เนื่องจากความเป็นด่าง (pH) ของปูนขาวที่มีความเข้มข้นมากขึ้น

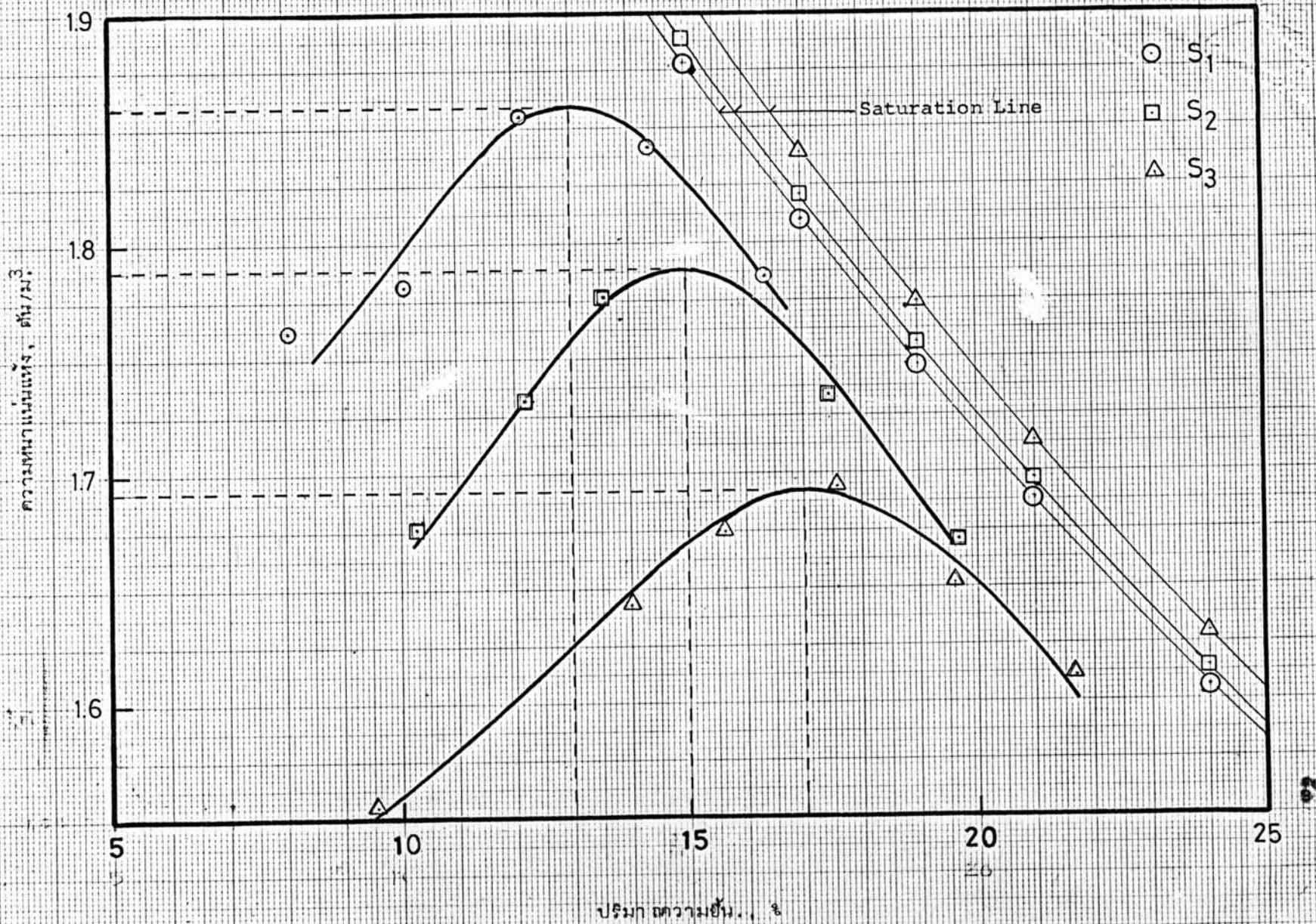
ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นของตัวอย่างดินเหนียวเมื่อบดอัดตามแบบมาตรฐาน (Standard Proctor Compaction) โดยบดอัดตัวอย่างดินเหนียวที่พลังงานเท่ากัน ปริมาณความชื้นสูงขึ้น ความหนาแน่นแห้งจะสูงขึ้น จนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งความหนาแน่นจะสูงสุด ซึ่งเรียกปริมาณความชื้นนี้ว่า "ปริมาณความชื้น Optimum" เมื่อปริมาณความชื้นสูงกว่านั้น ความหนาแน่นแห้งจะลดลงเรื่อย ๆ ที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า ที่ปริมาณความชื้นต่ำ ๆ จะมีน้ำใน double layer น้อยจึงมีความเข้มข้นของสารละลายสูง ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคมาก เมื่อถูกบดอัดอนุภาคดินจะยังไม่จัดเรียงตัวมากนัก โครงสร้างดินยังคงอยู่กับแบบ flocculate จึงทำให้ดินมีช่องว่างมากและมีความหนาแน่นแห้งต่ำ เมื่อปริมาณความชื้นสูงขึ้น double layer จะขยายตัวแรงผลักดันระหว่างอนุภาคดินมากขึ้นและแรงดึงดูดลดลง เมื่อบดอัดดินจะจัดเรียงตัวกันดีขึ้น ทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงปริมาณความชื้น optimum ที่มีความหนาแน่นแห้งสูงสุด ถ้าเพิ่มปริมาณน้ำเข้าไปอีก น้ำส่วนนี้จะเข้าไปแทนที่เนื้อดิน ทำให้ความหนาแน่นแห้งลดลง

จากรูปที่ ๔.๔ ถึง ๔.๗ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับ ปริมาณความชื้น พบว่า ตัวอย่างที่มีเม็ดดินละเอียดเล็กกว่า จะมีความหนาแน่นแห้งสูงสุด น้อยกว่า และมีปริมาณความชื้น optimum มากกว่าและต้องการปริมาณน้ำที่เข้าไปใน double layer มากกว่าด้วย ปริมาณน้ำที่ใส่เพิ่มขึ้นจะเข้าไปแทนที่ปริมาตรดิน และทำให้ตัวอย่างที่มีเม็ดละเอียดกว่ามีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยลง และปริมาณความชื้น optimum สูงกว่า จากตัวอย่าง  $S_1$ ,  $S_2$  และ  $S_3$  ซึ่งมีความละเอียดของเม็ดดินจาก น้อยไปหามาก จึงมีความหนาแน่นแห้งสูงสุดจากมากไปหาน้อย ตามลำดับ

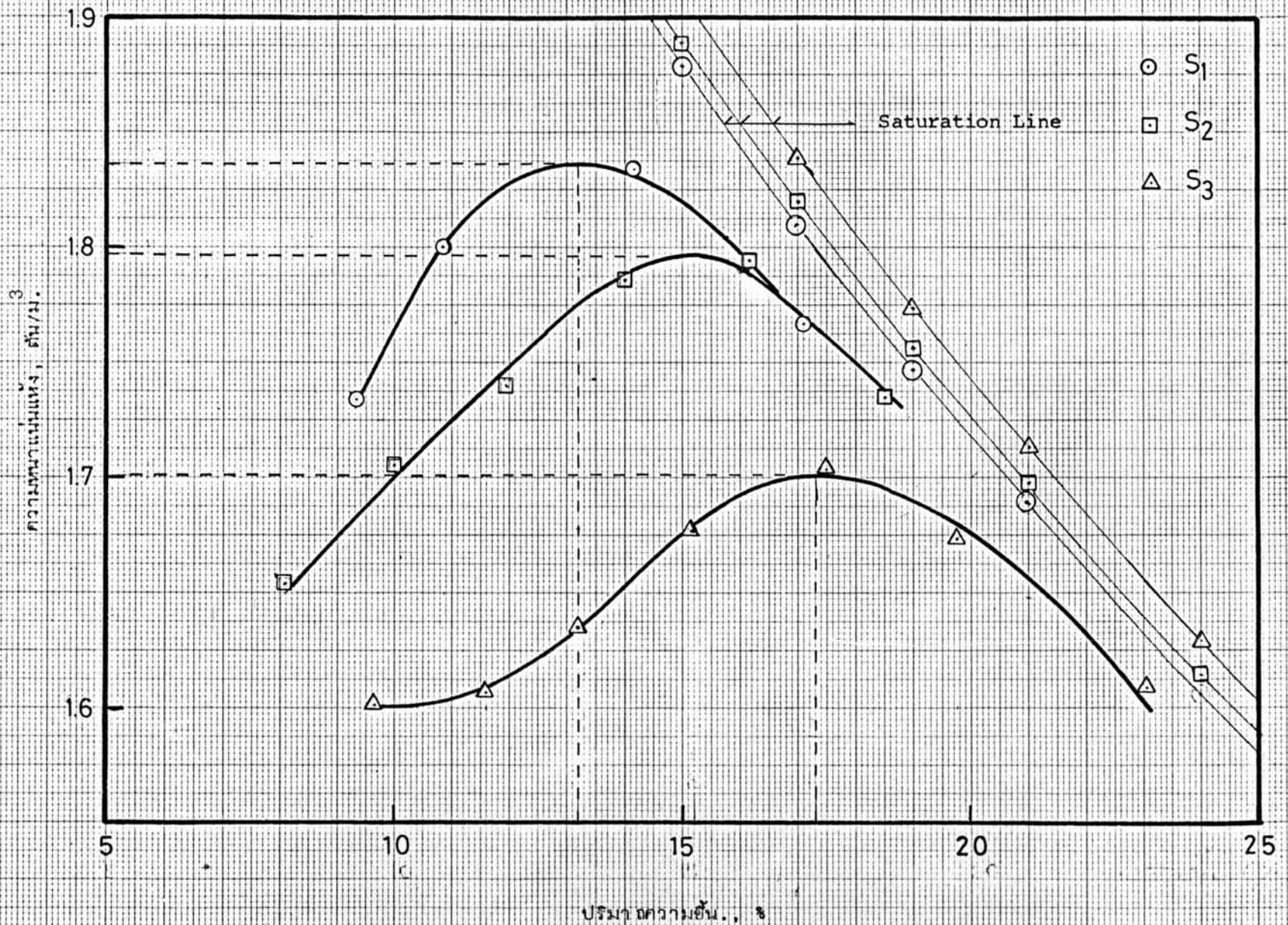
ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น Optimum และความหนาแน่นแห้งสูงสุดของตัวผสมตัวอย่างดินแกรนิต และน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน และบดอัดตาม มาตรฐาน (AASHTO DESIGNATION: T 99-70 METHOD A) ซึ่งแสดงผลในรูปที่ ๔.๘ และ ๔.๙ โดยพบว่า ตัวอย่าง  $S_1$ ,  $S_2$  และ  $S_3$  มีความหนาแน่นแห้งสูงสุดจาก มากไปหาน้อย และปริมาณความชื้น Optimum จากน้อยไปหามาก ทั้งนี้เนื่องจาก ตัวอย่าง  $S_1$ ,  $S_2$  และ  $S_3$  มีเม็ดดินที่หยาบจากมากไปหาน้อย ตามลำดับ ส่วนประกอบ ทางเคมีของตัวอย่างทั้งสามมีส่วนประกอบของธาตุต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกัน เล็กน้อย และส่วนประกอบของแร่ประเภท non - clay mineral มีประมาณ ๕๐ % และประเภทเรตินเหนียวมีไม่ถึง ๒ % สำหรับตัวอย่าง  $S_1$  และ  $S_2$  และประมาณ ๔ % สำหรับตัวอย่าง  $S_3$  ซึ่งนับว่าน้อยมากและปริมาณเรตินเหนียวก็ไม่มีผลต่อความหนาแน่น แห้งสูงสุดและปริมาณความชื้น optimum แต่มีผลมากก็คือ ปริมาณ non-clay mineral ซึ่งประกอบไปด้วยแรควอตซ์, เฟลสปาร์ และไมกา ซึ่งจะต้องขึ้นอยู่กับขนาด คละของเม็ดดินของ non-clay minerals ว่ามีเม็ดหยาบน้อยเพียงไร ดังที่ กล่าวมาข้างตน

Ladd, Mah, และ Lambe (๑๙๖๐) ได้ตรวจสอบปูนขาวโดยทั่วไปจะทำ ปฏิกริยากับตัวอย่างดินประเภท Plastic clay ( P.I. = 20 ) และ slightly plastic silt ( P.I. = 7 ) ทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดลดลงและปริมาณความ ชื้น optimum เพิ่มขึ้น จากรูปที่ ๔.๘ และ ๔.๙ พบว่า ความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่



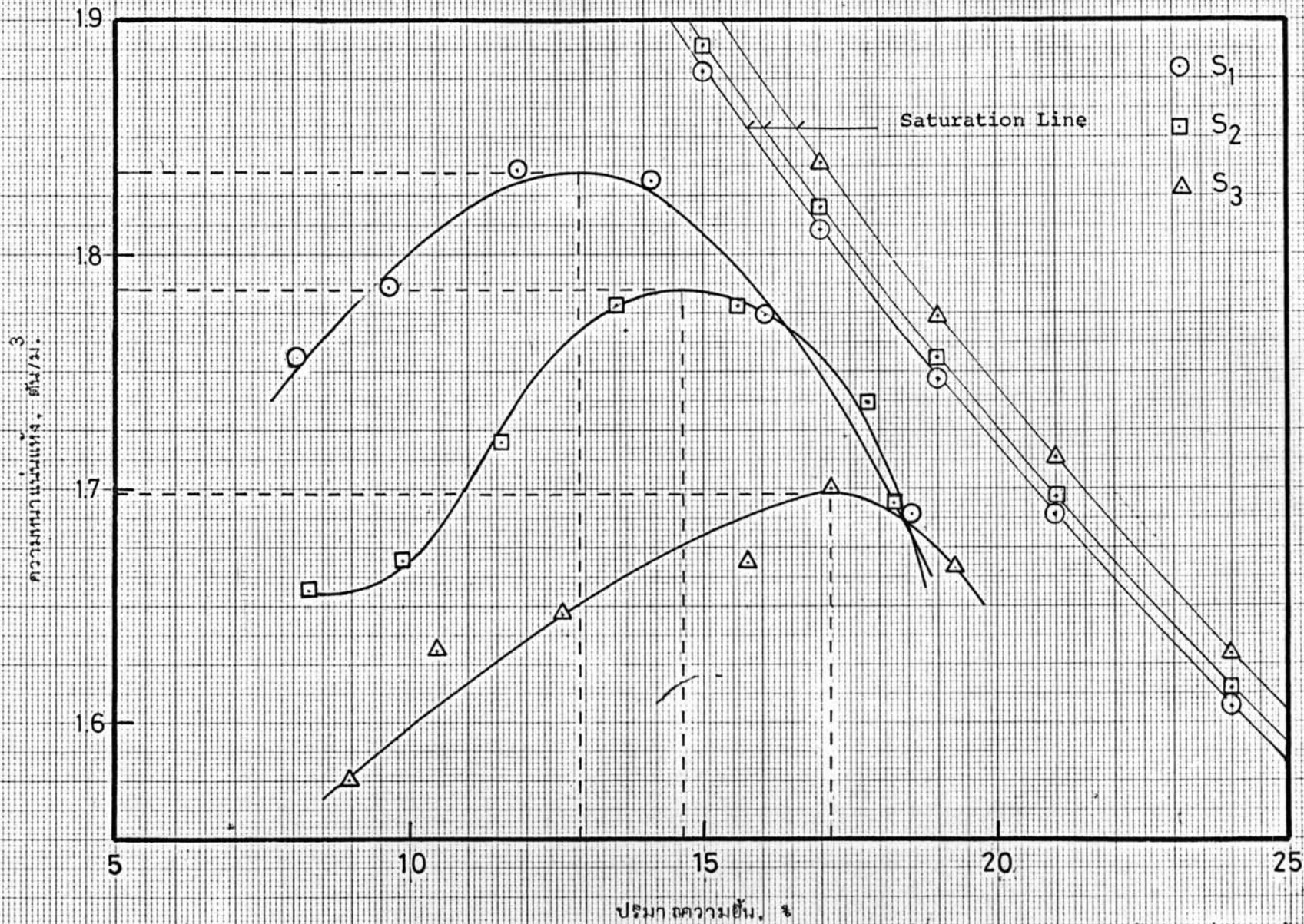


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความตึงน้ำแน่นแห้งและปริมาณความชื้น ของค่ามวลของตัวอย่างดินแกรนิตและน้ำ



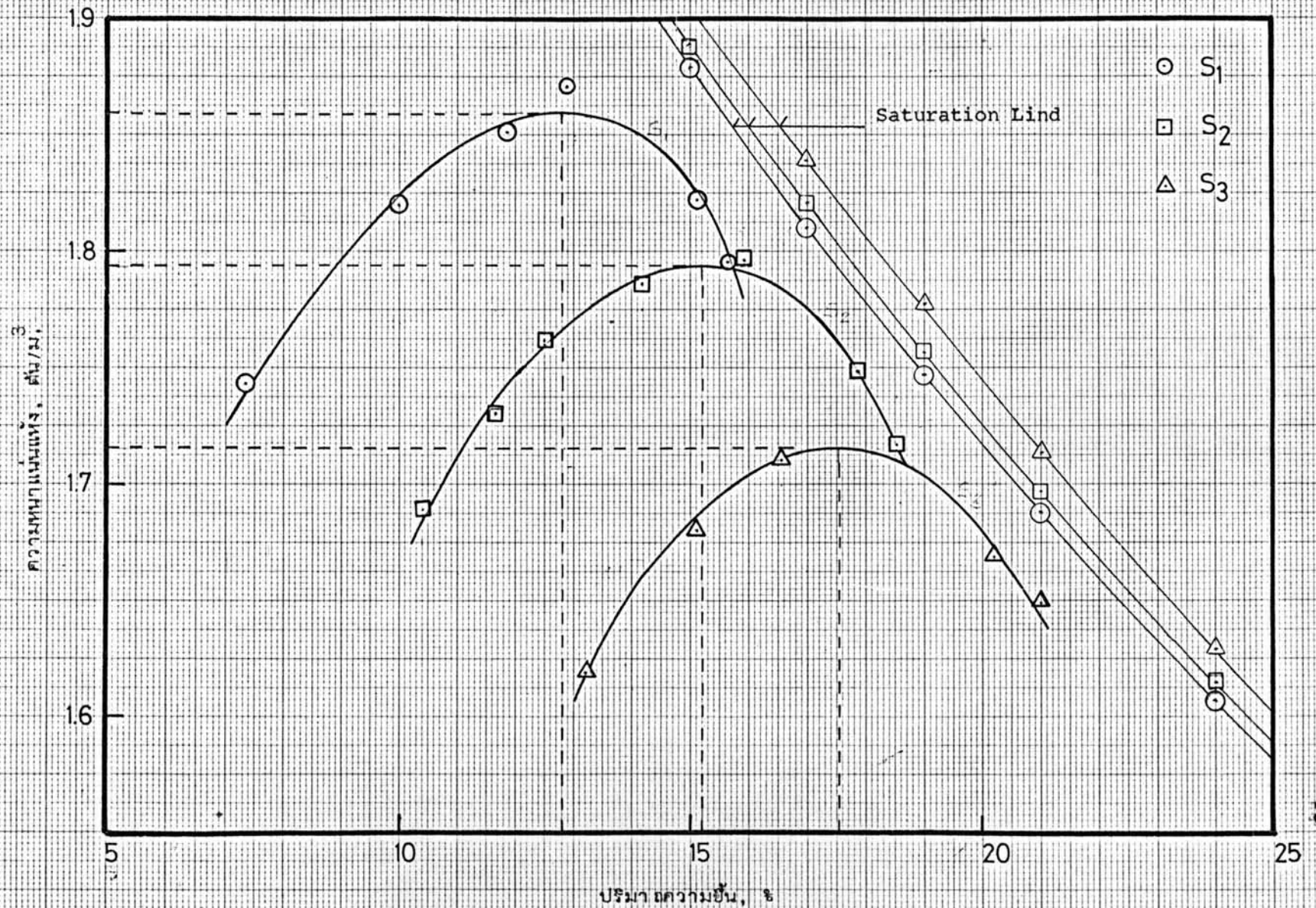
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นของส่วนผลของตัวอย่างดินแกรนิตและน้ำปูนใสที่ความเข้มข้น (ปูนขาว : น้ำ = 1 : 1000)





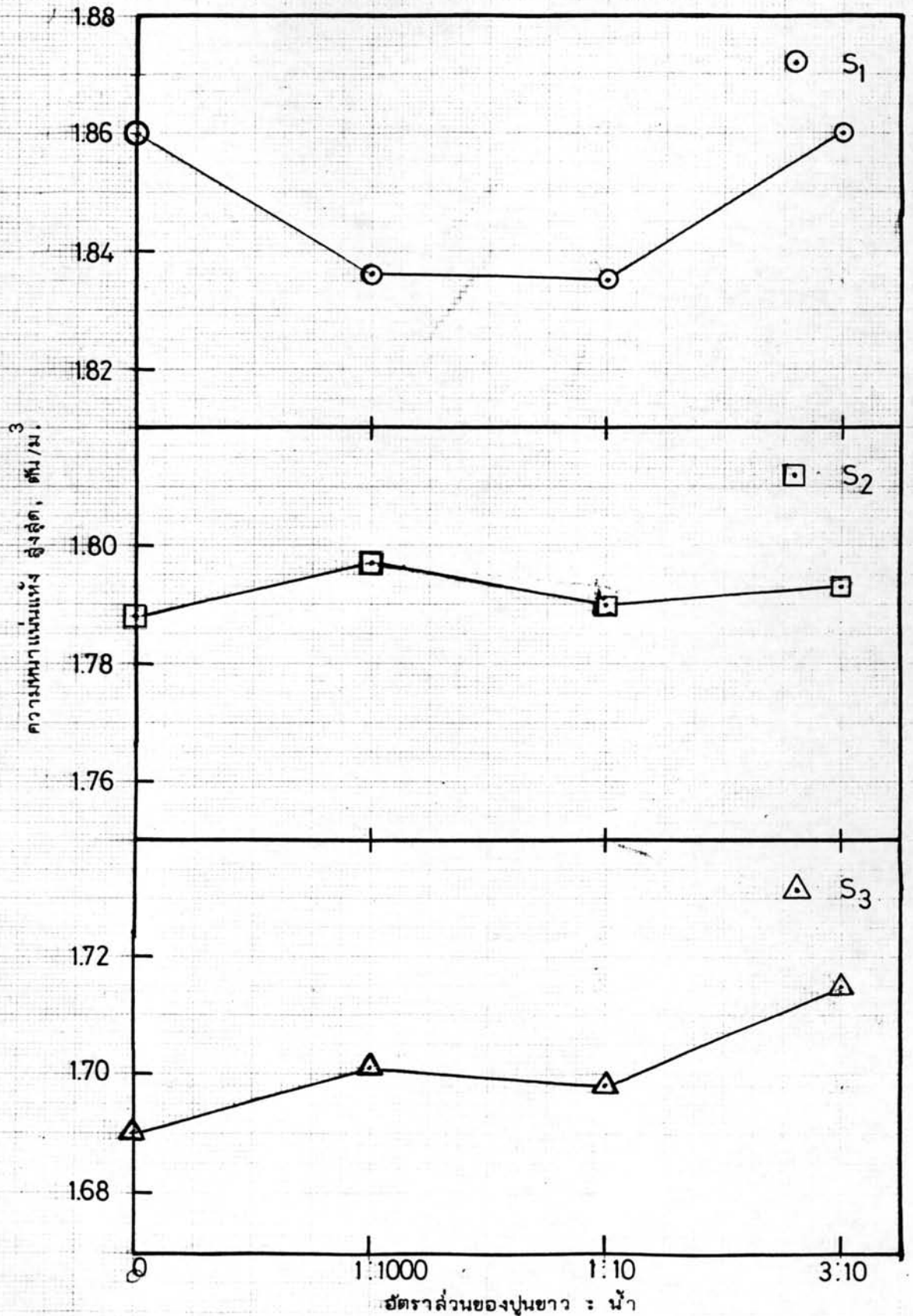
รูปที่ 4.6

ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานน้ำในดินและปริมาณความชื้นของ ส่วนผสมของตัวอย่างดินแกรนด์และน้ำปูนใสที่ความเข้มข้น (ปูนขาว : น้ำ = 1 : 10)



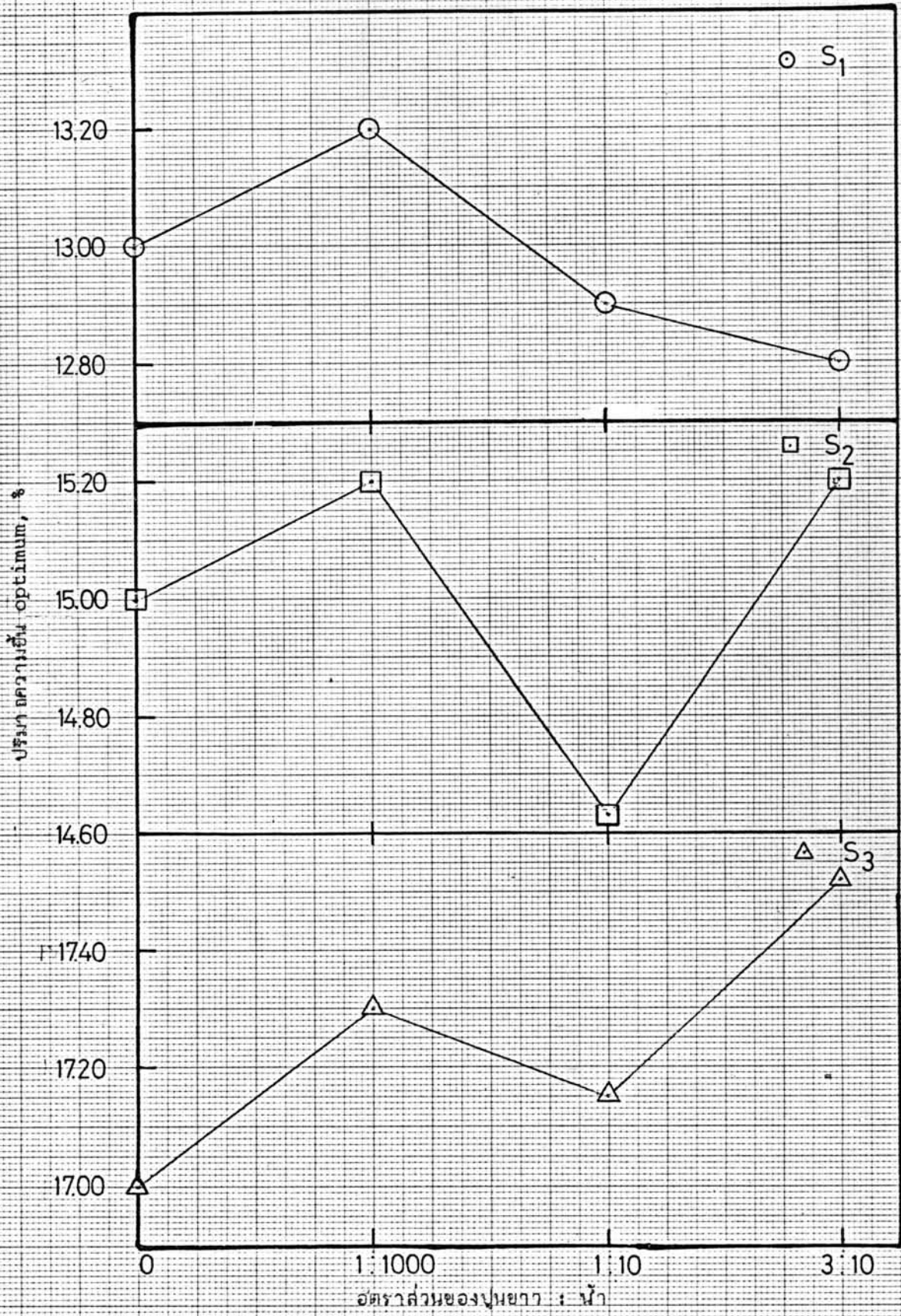
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณ ความชื้นของมวลผลรวมตัวอย่างดินแกรดิทและน้ำปูนใสที่ความ เข้มข้น (ปูนขาว : น้ำ = 3:10)





รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดและอัตราส่วนของปูนขาว

ต่อน้ำต่าง ๆ กัน ของน้ำปูนใส



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปุ๋ยขาที่เหมาะสม และอัตราส่วนของปุ๋ยขา  
ต่อน้ำต่าง ๆ กัน ของน้ำปุ๋ยใส่

แสดงในรูปของอัตราส่วนของปูนขาวต่อน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ไม่ได้ทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด ลดลงและปริมาณความชื้น optimum เพิ่มขึ้นดังกล่าว แต่กลับทำให้ค่าเพิ่มขึ้นและลดลง ไม่แน่นอน ทั้งนี้ จากการจำแนกประเภทของดินเป็นดินทราย ซึ่งประกอบด้วย non-clay minerals เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์และเฟลสปาร์ ซึ่งจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใสหรือปูนขาวเลย ส่วนปริมาณแร่ดินเหนียวนั้นมีอยู่น้อยมาก ถึงแม้ว่ามันจะทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใสแต่ก็ได้น้อยมาก

น้ำปูนใสยังมีส่วนทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด และปริมาณความชื้น optimum ไม่แน่นอน กล่าวคือ น้ำปูนใสประกอบด้วยน้ำและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ น้ำเป็นตัวการที่ทำให้ดินแกรนิตดูแห้งมากขึ้น และแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับแร่ดินเหนียว ซึ่งมีอยู่น้อยมากได้เป็นวัสดุประสานปริมาณเล็กน้อยมาก จนไม่มีผลต่อความหนาแน่นแห้งสูงสุด และปริมาณความชื้น optimum เลย

#### ๔.๒.๒ ผลทดสอบแรงกด

ผลของปริมาณความชื้นที่มีผลต่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน **Felt** (๑๙๕๕) บันทึกว่า กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่ชื้นสมและประเภทของดิน ประเภทดินเหนียวและทรายเม็ดป็น (silt) จะมีกำลังต้านทานแรงเฉือนสูงสุดเมื่อปริมาณความชื้นของดินนั้นมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าปริมาณความชื้น optimum สำหรับประเภทดินทรายจะมีกำลังต้านทานแรงเฉือนสูงสุด เมื่อปริมาณความชื้นของดินมีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้น optimum

ผลของความหนาแน่นแห้งที่มีผลต่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน ความหนาแน่นแห้งเพิ่มขึ้นทำให้กำลังต้านทานแรงเฉือนสูงขึ้นด้วยเพราะระยะห่างระหว่างอนุภาคดินลดลง, เพิ่มรอยแตกสัมผัสระหว่างอนุภาคดินมากขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณปูนขาวที่ผสมกับอนุภาคของดินเหนียวจะมีพื้นที่สัมผัสมากยิ่งขึ้น และทำให้โครงสร้างเกิดรอยประสานกันมากยิ่งขึ้น Herzog (๑๙๖๓) แนะนำว่า ปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคดินเหนียวจะเกิดขึ้นตามขอบมุมต่าง ๆ เพราะตามขอบมุมที่มีรอยแตกจะมีพลังงานเคลื่อนไหว (activation energy) สูงกว่าระนาบผลึก (Crystal lattice plane) Felt (๑๙๕๕)



บันทึกว่า การเพิ่มความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ๑ ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต จะมีผลทำให้ค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ๒๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับดินทรายและดินเหนียว

ผลของปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียวที่มีต่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวเท่านั้นที่จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของปูนขาวได้ผลออกมาเป็น แคลเซียมออลูมิเนตไฮดรท หรือแคลเซียมซิลิเคตไฮดรท ซึ่งเป็นวัสดุประสานที่ดีทำให้กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินสูงขึ้น ประเภทของแร่ดินเหนียวบางชนิดเมื่อทำปฏิกิริยากับปูนขาวแล้วจะได้ผลเป็นวัสดุประสานที่เหลว เช่น แร่ดินเหนียว **nontronite** ได้ผลเป็น แคลเซียมเฟอร์ไรต์ ไฮดรท เป็นต้น

ผลของระยะเวลาบ่ม ปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับอนุภาคดินเหนียวที่จะรวมตัวกันเป็นวัสดุประสานนั้นจะต้องใช้เวลาานมากจึงจะได้ผลสมบูรณ์ (Moh, 1965)

จากรูปที่ ๔.๑๐ ถึง ๔.๑๒ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดในแนวแกนและน้ำปูนใสที่อัตราส่วนปูนขาวคือน้ำ, ปริมาณความชื้นและระยะเวลาบ่มต่าง ๆ กันของตัวอย่างดินแกรนิต เมื่ออัตราส่วนของปูนขาวคือน้ำเท่ากับศูนย์ (หมายถึง น้ำกลั่น), ๑ : ๑๐๐๐, ๑ : ๑๐ และ ๓ : ๑๐ ซึ่งเป็นความเข้มข้นของค่างของน้ำปูนใสที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ค่าแรงกดในแนวแกนเพิ่มขึ้นและลดลง เมื่อนอน

เนื่องจากตัวอย่างดินแกรนิตเป็นประเภทดินทราย ค่าแรงกดในแนวแกนที่มีค่าสูงสุดเมื่อมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าปริมาณความชื้น optimum และค่าแรงกดในแนวแกนจะมีความลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ที่ปริมาณความชื้นเท่ากับหรือสูงกว่าปริมาณความชื้น optimum ค่าแรงกดสูงสุดในแนวแกนจะลดลงเรื่อย

ส่วนผลของระยะเวลาบ่ม เมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่ม ๓, ๗, ๑๔ และ ๒๘ วัน โดยเพิ่มเวลาขึ้นตามลำดับแต่ค่าแรงกดสูงสุดในแนวแกนจะเพิ่มขึ้นและลดลงโดยไม่สัมพันธ์กับอัตราส่วนของปูนขาวคือน้ำและระยะเวลาบ่มควย

ผลของแร่ดินเหนียวที่มีต่อแรงกดสูงสุดในแนวแกน Mielenz และ King, (๑๙๕๕) ได้ทดลองผสมตัวอย่างแร่ดินเหนียวตามสัดส่วนประมาณ ๒๕ % เข้ากับตัวอย่างทราย

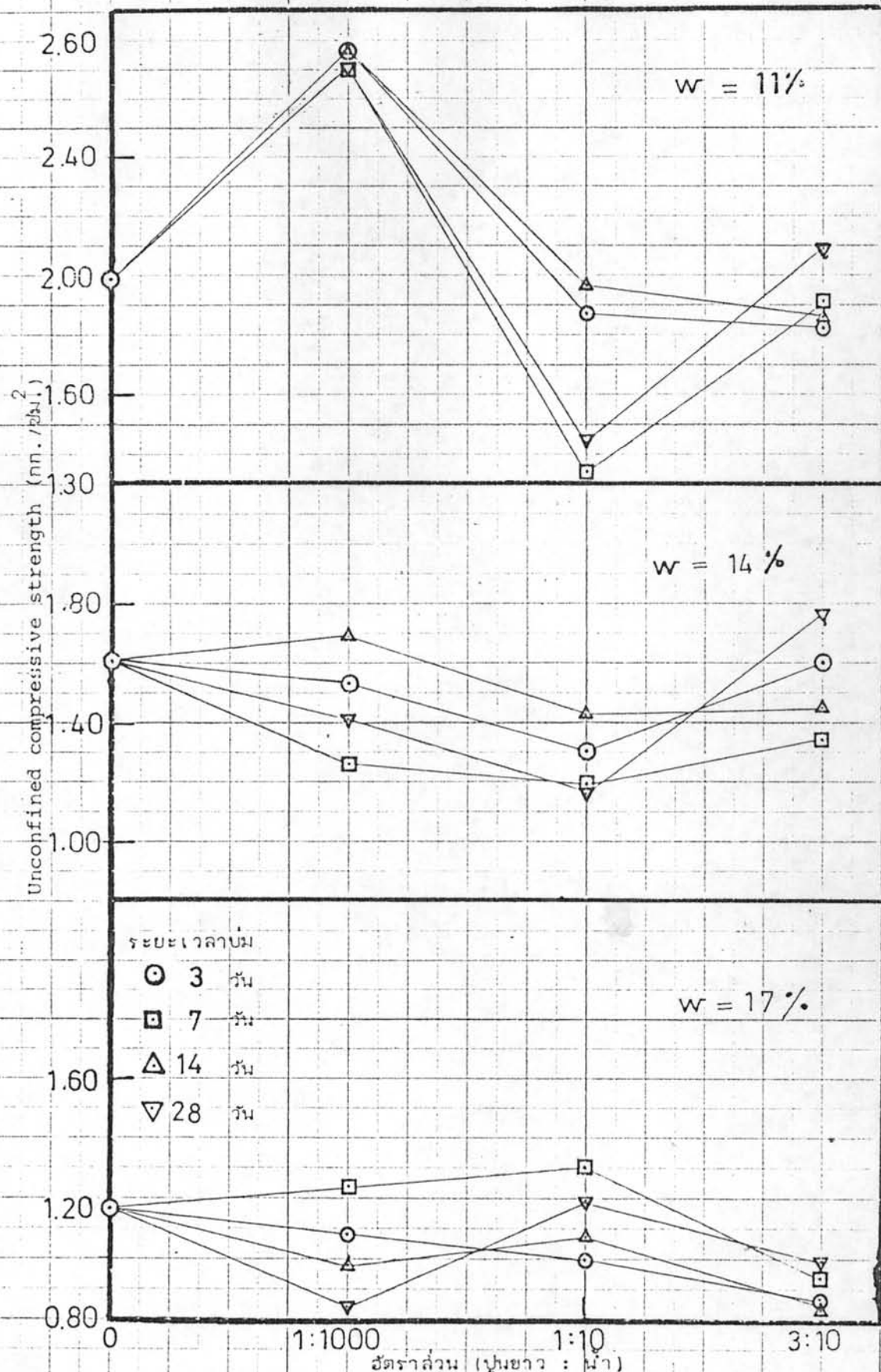


หรือทรายเม็ดป่น ( silt ) พบว่า กำลังแรงอัดของส่วนผสมเพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่ยังไม่ได้ผสมของทราย, หรือทรายเม็ดป่นหรือดินเหนียว ส่วนผสมของตัวอย่างทรายกับแร้ดินเหนียว montmorillonite จะมีกำลังแรงอัดสูงกว่าทรายกับ kaolinite แต่ตัวอย่างแร้ดินเหนียว montmorillonite กลับมีกำลังแรงอัดต่ำกว่า kaolinite ส่วนผสมทรายกับตัวอย่างแร้ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ กันในปริมาณ ๕ ถึง ๑๕ % จะให้กำลังแรงอัดเพิ่มขึ้นจากมากไปน้อยดังนี้ คือ montmorillonite, illite, kaolinite ตามลำดับ

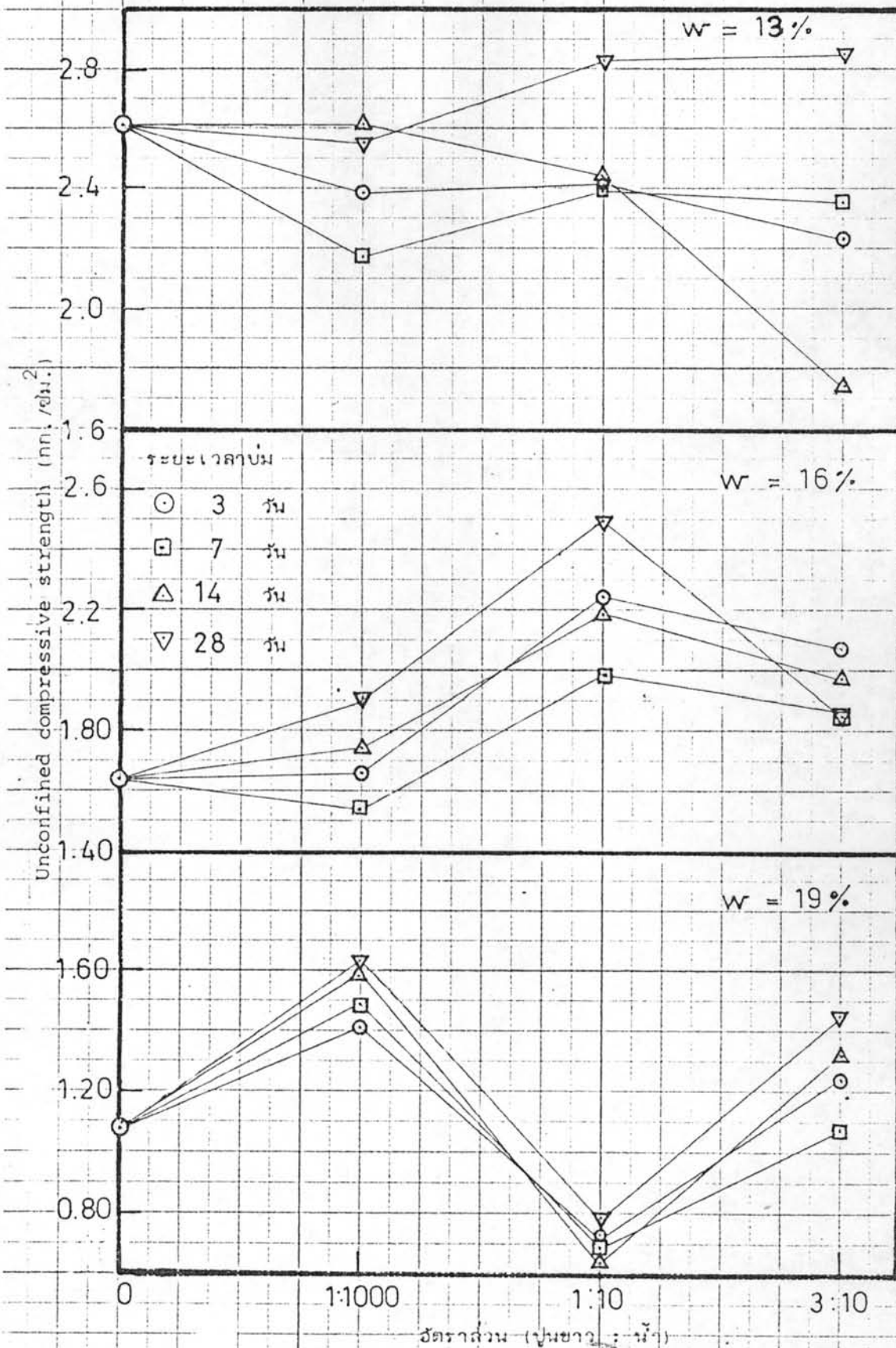
จากรูปที่ ๔.๑๐ ถึง ๔.๑๒ ค่าแรงกดสูงสุดในแนวแกนของตัวอย่าง  $S_2$ ,  $S_1$  และ  $S_3$  จะมีค่าตามลำดับ จากมากไปหาน้อย เพราะ ว่า ตัวอย่าง  $S_2$  มีขนาดคละของเม็ดดินละเอียดกว่าตัวอย่าง  $S_1$  และอนุภาคของดินละเอียดกว่าจะมีการตะแประสานที่ดีกว่า จึงทำให้มีแรงกดสูงสุดในแนวแกนมีค่ามากกว่าด้วย ส่วนตัวอย่าง  $S_3$  ถึงแม้ว่าจะมีขนาดคละของเม็ดดินละเอียดกว่าสองตัวอย่างแรก แต่ส่วนประกอบนี้แร่ไมกาอยู่มาก (ตารางที่ ๔.๔ แสดงปริมาณแร้ดินเหนียว Illite มีอยู่น้อยมาก ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า ๒ ไมครอน แต่แร่ไมกาเป็นพวก non - clay minerals ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าดินเหนียว) แร่ไมกาจึงจะไม่มีส่วนเสถียรภาพภายในตัวของมันเองจึงทำให้ค่ากำลังแรงกดของตัวอย่าง  $S_3$  ลดลงมากและมีค่าน้อยกว่าของตัวอย่าง  $S_1$  และ  $S_2$

ผลจากส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินแกรนิตจากตารางที่ ๔.๑ แสดงว่ามีสารประกอบซิลิกาและอลูมินาอยู่มาก สารประกอบเหล่านี้จะสามารถทำปฏิกิริยากับปูนขาวได้เป็นวัสดุประสาน ปฏิกิริยานี้เราเรียกว่า " pozzolanic reaction " แต่สารประกอบซิลิกาและอลูมินาในแร้ควอทซ์, เฟลสปาร์ และไมกาที่ยังไม่แตกตัวจึงยังไม่สามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำปูนใสได้ เมื่อไม่มีปฏิกิริยา pozzolanic แล้วระยะเวลาในการบ่มก็ไม่มีผล

ฉะนั้น ค่ากำลังแรงกดในแนวแกนของตัวอย่างดินแกรนิต จึงขึ้นกับขนาดคละของเม็ดดินและปริมาณแร่ไมกาด้วยจากรูป ๔.๑๐ ถึง ๔.๑๒ ในปริมาณความชื้นเดียวกันของแต่ละตัวอย่างค่ากำลังแรงกดสูงสุดในแนวแกนจะเพิ่มขึ้นและลดลงไม่แน่นอน เมื่อความ

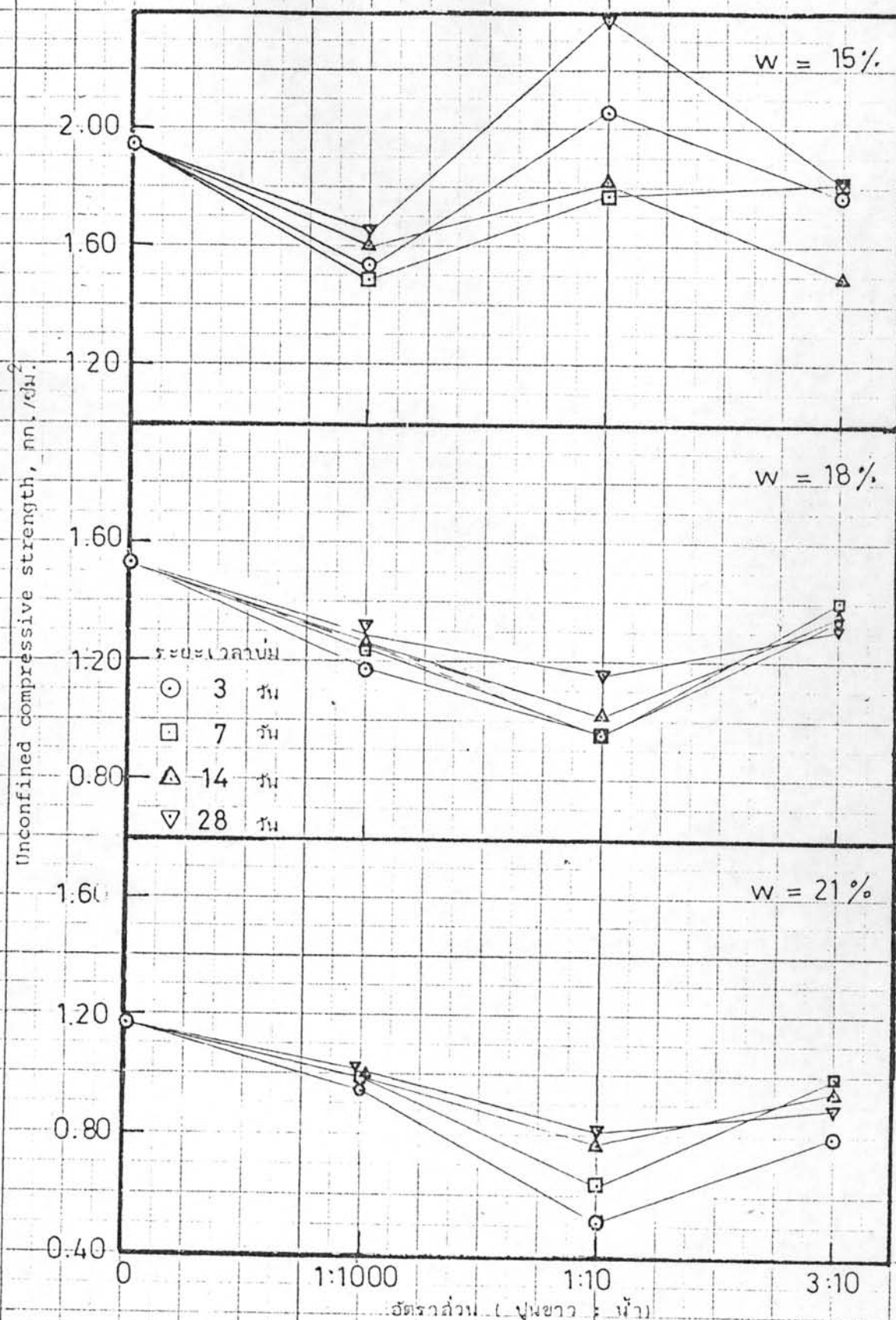


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Unconfined compressive strength และ อัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ) ที่ปริมาณความชื้น, ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน



รูปที่ 4. 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined compressive strength และ อัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ) ที่ปริมาณความชื้น, ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน ของตัวอย่าง S2





รูปที่ 4. 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined-compressive strength และอัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ) ที่ปริมาณความชื้น ระยะเวลาคuring ต่างกันของตัวอย่าง S<sub>3</sub>

เขมชนของน้ำปูนใสเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสภาพอุณหภูมิจึงและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทำการบดอัด  
 แห้งตัวอย่างภายในห้องปฏิบัติการ โดยจะสังเกตได้ว่าที่ปริมาณความเขมชนค่าเดียวกันของ  
 น้ำปูนใสจะให้ค่ากำลังแรงกดสูงสุดในแนวแกนใกล้เคียงกันมาก ถึงแม้ว่าจะมีระยะเวลาบ่ม  
 แยกต่างกัน เพราะว่าแห้งตัวอย่างเหล่านั้นได้รับการบดอัดในเวลาเดียวกัน และบ่มที่ระยะ  
 เวลาต่างกัน ( จากรูปที่ ๔.๑๐ ถึง ๔.๑๒ )

#### ๔.๒.๓ ผลทดสอบ CBR

เนื่องจากการทดสอบหาแรงกดสูงสุดในแนวตั้งและทดสอบ undrained  
 triaxial compression ไม่ได้นำมาใช้ทดสอบกับตัวอย่างที่แช่น้ำ ( soaked  
 sample ) เพราะว่า แห้งตัวอย่างเหล่านั้น หลังจากนำไปแช่น้ำแล้วจะค่อย ๆ แกรว  
 ออกจนหมดภายในระยะเวลาไม่ถึงหนึ่งชั่วโมง ซึ่งแสดงว่า แรงประสานระหว่างเม็ดดินใน  
 ตัวอย่างดินแกรนิตีน้อยมาก ถึงแม้ว่าจะมีน้ำปูนใสเป็นส่วนผสมก็ตาม ฉะนั้นในการทดสอบ  
 CBR จึงใช้วิธีการทดสอบแบบแช่น้ำตามมาตรฐาน AASHTO DESIGNATION : T-193  
 METHOD A. เพราะว่าแห้งตัวอย่างถูกจำกัดอยู่ในแบบ ( mold ) และมีแผ่นน้ำหนัก  
 ( surcharge ) กดทับอยู่ด้านบน

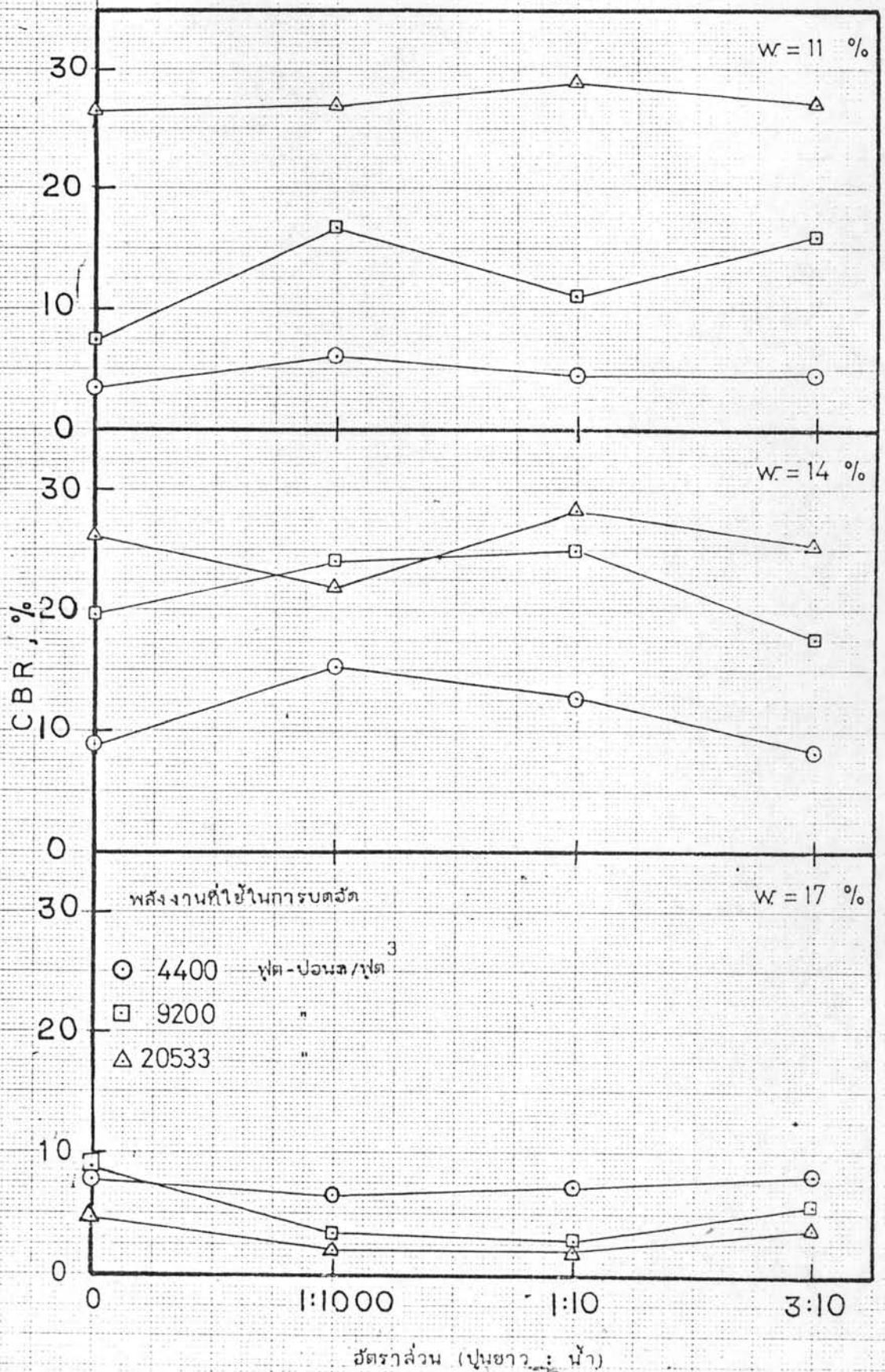
ค่า CBR. ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม  
 ( penetration ) ลงไปในตัวอย่าง Grim, Bradley, และ Vargas (๑๙๕๘)  
 แสดงค่าความต้านทานต่อการจมลงไปในดิน ( penetration resistance ) หรือเรียก  
 ว่า "หน่วยแรงกด" ที่กระทำต่อดินที่ประกอบด้วยแร่ดินเหนียว montmorillonite จะให้  
 ค่าหน่วยแรงกดสูงกว่าแร่ดินเหนียว kaolinite และแร่ไมก้า ยกเว้นกรณีดินตัวอย่างที่มี  
 ปริมาณแร่ดินเหนียวต่ำมากแต่มีค่า activity สูงมาก ทำให้หน่วยแรงกดมีค่าสัมพันธ์กับ  
 ค่า activity

รูปที่ ๔.๑๓ ถึง ๔.๑๕ แสดงค่า CBR โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง  $S_2$ ,  
 $S_1$  และ  $S_3$  มีค่าจากมากไปหาน้อยตามลำดับ ที่ค่าปริมาณความชื้นต่ำกว่าปริมาณความชื้น  
 optimum เนื่องจากตัวอย่าง  $S_2$  มี activity ของดินเหนียวสูงกว่า และมีเม็ด  
 ดินที่ละเอียดกว่าตัวอย่าง  $S_1$  จึงทำให้ผิวหน้าสัมผัสและเกิดการประสานได้มากกว่าส่วน

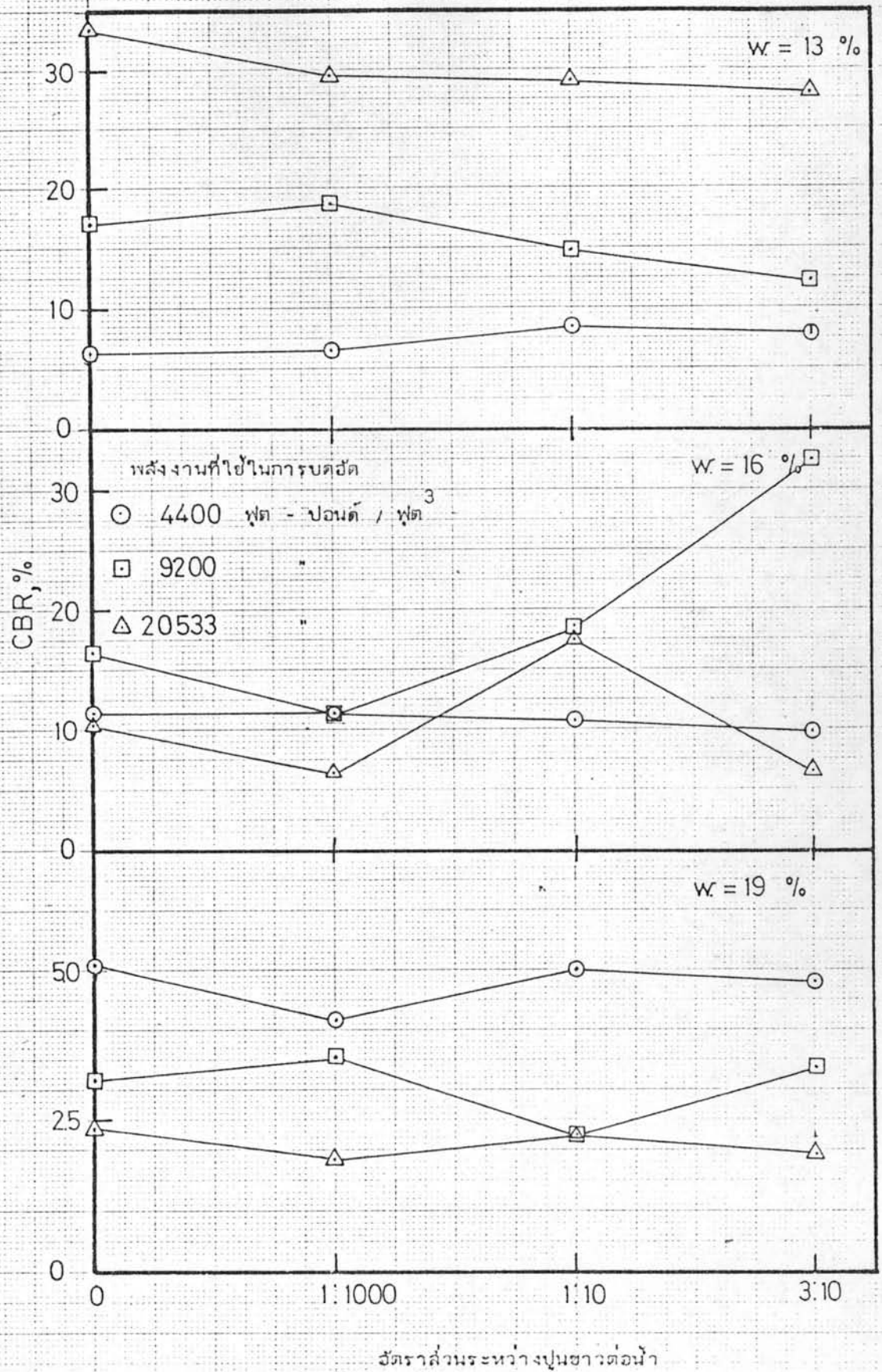
ตัวอย่าง  $S_3$  มีแร่ไมก้าเป็นส่วนประกอบอยู่มาก แร่ไมก้าเป็นประเภท nonclay mineral. มีโครงสร้างของแร่เป็นแผนที่ประกอบไปด้วยหน่วยของ tetrahedral และ octahedral โครงสร้างแผนเหล่านี้จะถูกเชื่อมประสานด้วยประจุของโปแตสเซียม แดแรงเชื่อมประสานระหว่างแผนเหล่านี้มีค่าต่ำ หรืออ่อนแอมากและง่ายต่อการแตกแยกจากกัน ค่า CBR. ของตัวอย่าง  $S_3$  จึงมีค่าต่ำกว่ามากและค่า CBR. ของตัวอย่าง  $S_3$  จะมีค่าต่ำกว่าตัวอย่าง  $S_1$  และ  $S_2$  ที่ปริมาณความชื้นใด ๆ ก็ตาม เนื่องจากปริมาณแร่ไมก้านี้ จากรูปที่ ๔.๑๑ และ ๔.๑๔ ที่ปริมาณความชื้นเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณความชื้น optimum ค่า CBR. โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง  $S_2$  จะมีค่าสูงกว่า  $S_1$  เล็กน้อย เพราะว่า ตัวอย่าง  $S_2$  มีขนาดคละของเม็ดดินที่ละเอียดกว่าและมีค่า surface activity สูงกว่า จึงต้องการปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ในชั้นวงน้ำ double layer ที่มากกว่า ทำให้การประสานระหว่างเม็ดดินลดลง เพราะว่ามีปริมาณน้ำเข้าไปแทนที่

ผลของพลังงานในการบดอัดที่ปริมาณความชื้นเท่ากับหรือน้อยกว่า ปริมาณความชื้น optimum เมื่อใช้พลังงานที่ใช้ในการบดอัดมากกว่า จะให้ค่า CBR, การพองตัว และความหนาแน่นแห้งสูงกว่า เพราะว่า การจัดเรียงโครงสร้างของดินเป็นแบบ flocculate ซึ่งมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมาก ฉะนั้นยิ่งใช้พลังงานในการบดอัดมากขึ้น จะทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินลดลงทำให้ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้น ที่ปริมาณความชื้นมากกว่า ปริมาณความชื้น optimum โครงสร้างของดินที่บดอัดจะเป็นแบบ disperse โดยมีน้ำเข้าไปในวงน้ำ double layer จนหมด ทำให้หน่วยแรงประสานระหว่างเม็ดดินลดลงมาก เมื่อพลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นทำให้ค่า CBR ลดลง เพราะว่าโครงสร้างของดินที่บดอัดจะเป็นแบบ disperse ทำให้น้ำเข้าไปหล่อลื่นระหว่างเม็ดดินได้มากและสะดวกขึ้น ค่าหน่วยแรงกดจะลดลงด้วย และค่าการพองตัวจะลดลงจนหมด เพราะว่า ตัวอย่างมีสภาพเกือบจะอิ่มตัวด้วยน้ำ แต่ค่าความหนาแน่นแห้งกลับเพิ่มขึ้น เมื่อใช้พลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นที่ ปริมาณความชื้นมากกว่าปริมาณความชื้น optimum เพราะว่าปริมาณน้ำในชั้นวงน้ำ double layer ของอนุภาคดินที่มีโครงสร้างแบบ disperse จะสามารถไหลไประหว่างอนุภาคดินได้สะดวก เมื่อใช้พลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำนี้จะถูกไล่ออกไป ทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งเพิ่มขึ้น



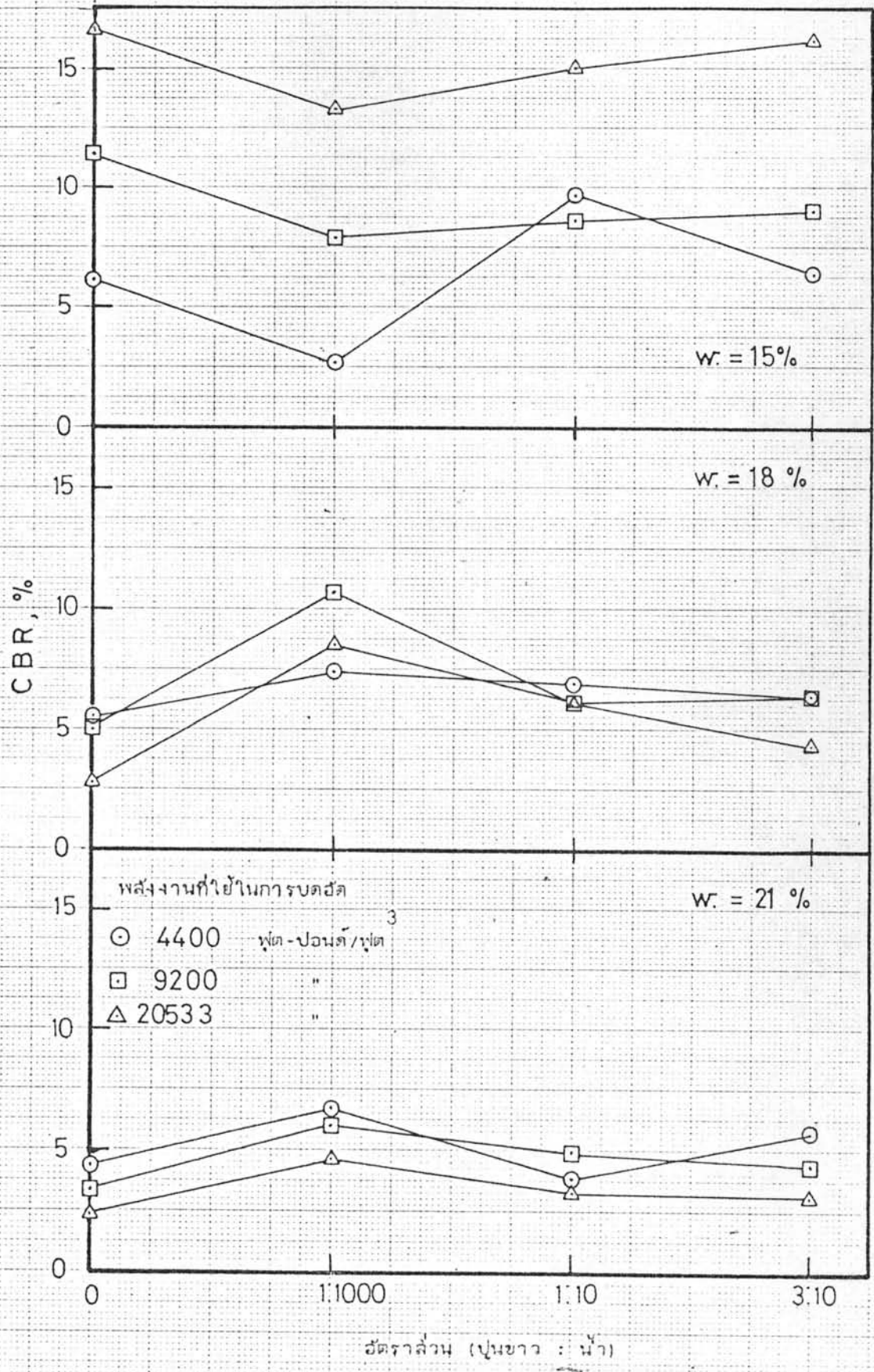


รูปที่ ๔.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR และอัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ) ที่ประมาณ ความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>1</sub>



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR และอัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ) ที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>2</sub>

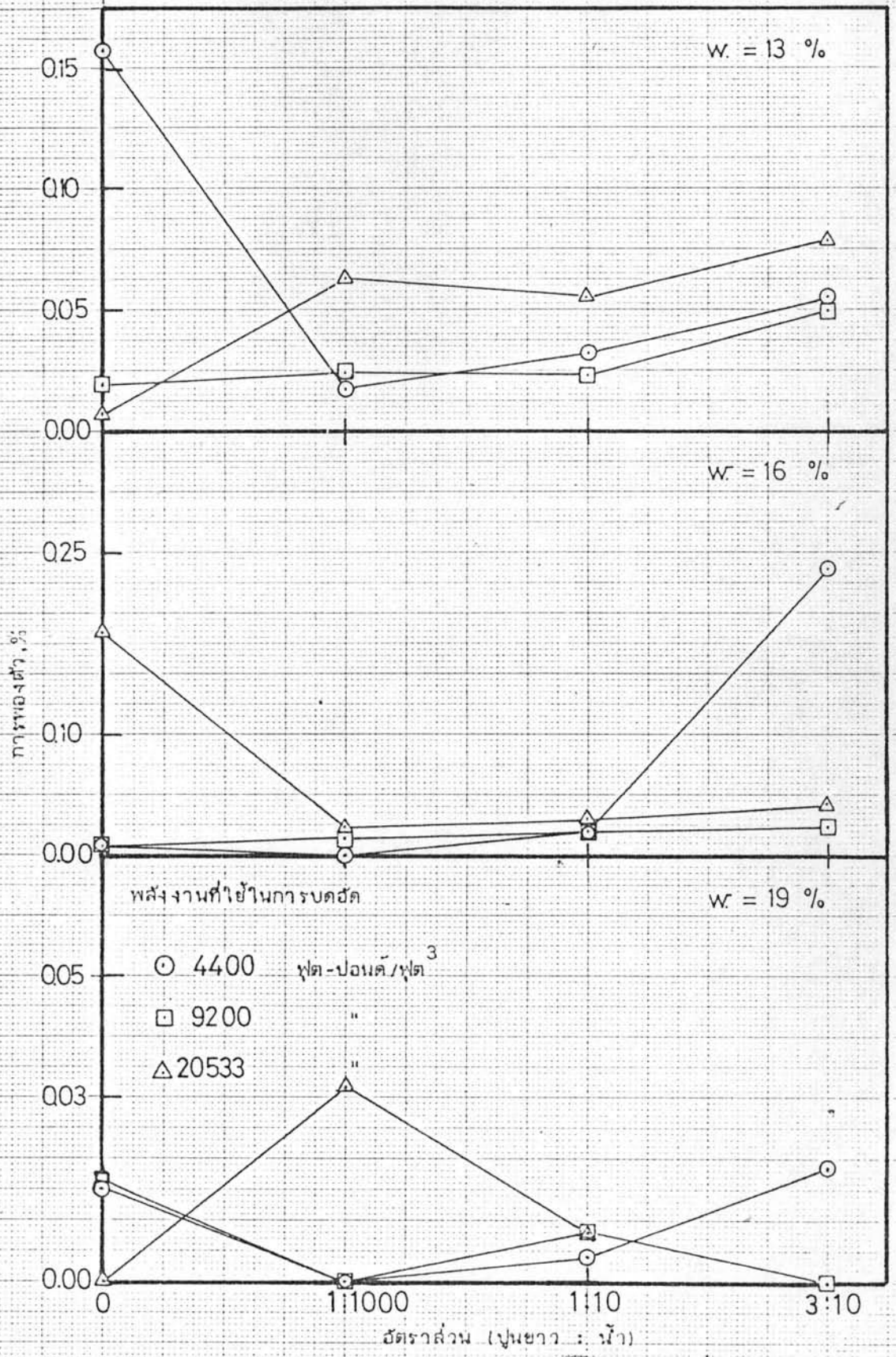




รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR และอัตราส่วน (ปุ๋ยหมัก : น้ำ) ที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>3</sub>

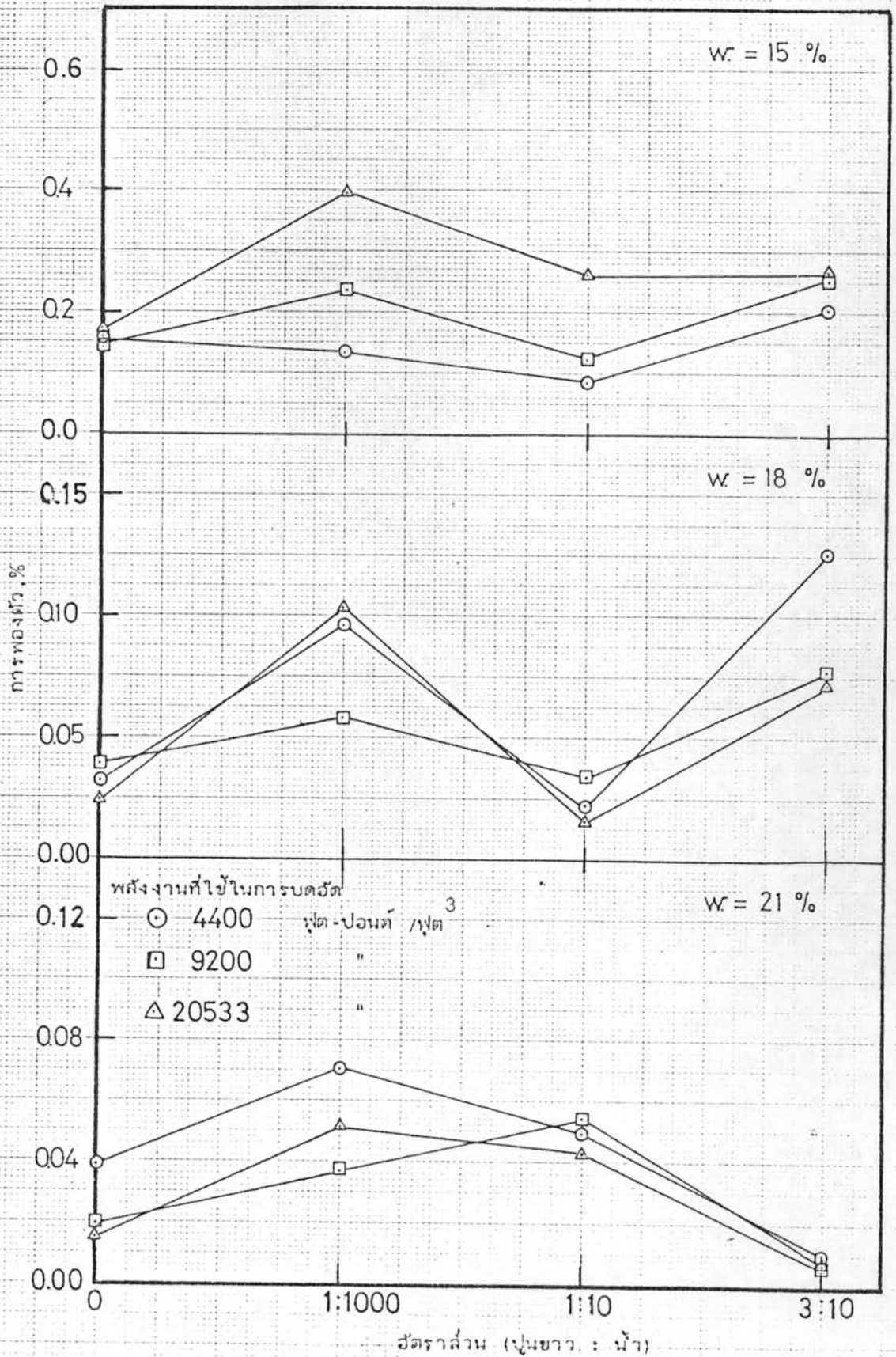






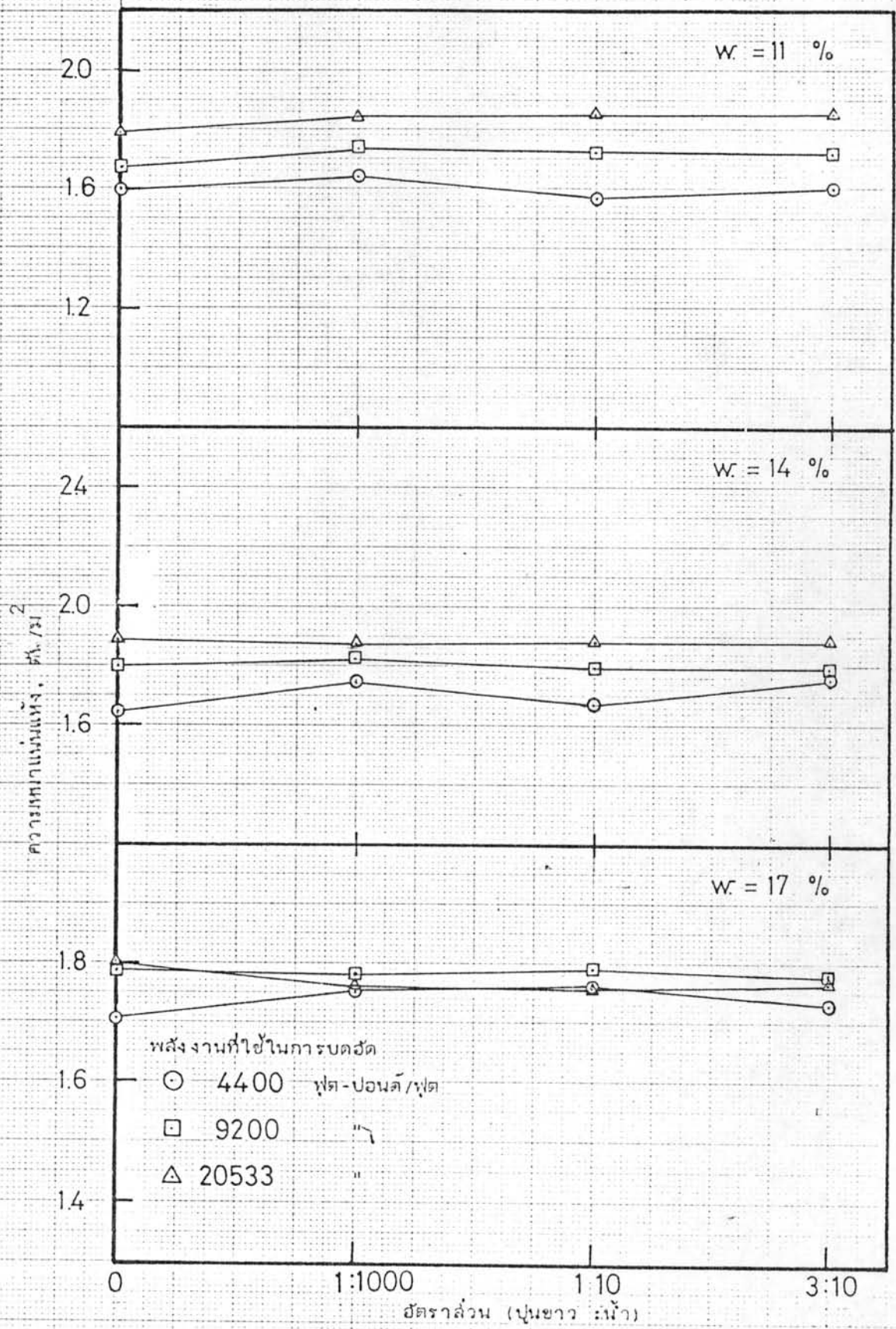
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างการพองตัวและอัตราส่วน (ปูนขาว:น้ำ) ที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S2





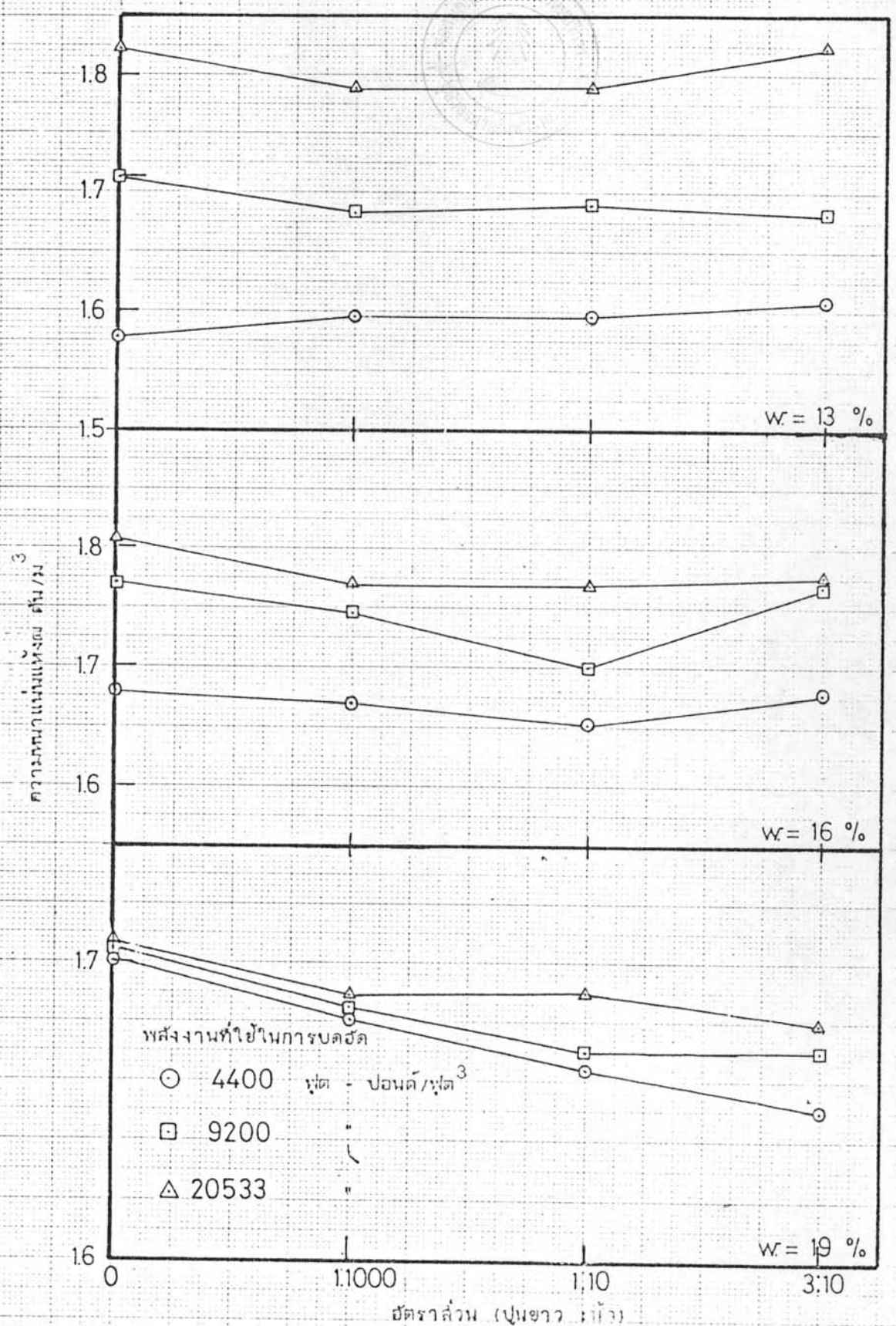
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างการพองตัวและอัตราส่วน(ปูนขาว : น้ำ) ที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง  $S_3$





รูปที่ 4-19 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและอัตราส่วน (ปูนขาว : ทราย)

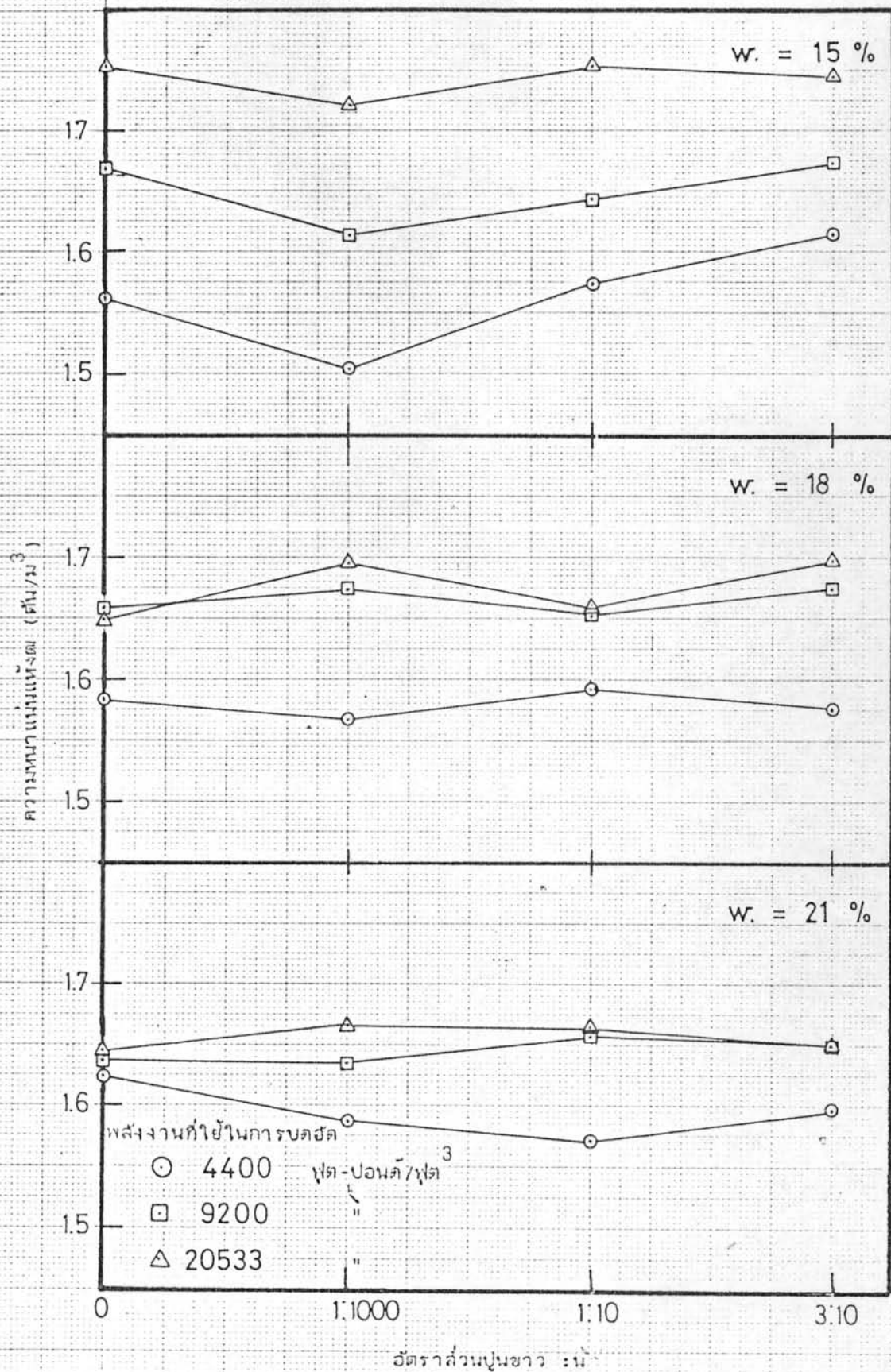
ที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>1</sub>



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและอัตราส่วน (ปูนขาว : ก้อน)

ที่ปรมาณความชื้นและพ้งงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>2</sub>





รูปที่ 4. 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และอัตราส่วน (ปูนขาว:น้ำ) ที่ ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>3</sub>



จากหัวข้อ ๔.๒.๒ ปฏิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำปูนใสและอนุภาคดินเหนียวมีผลน้อยมากและไม่เกิด  
 ปฏิริยา pozzolanic ขึ้น ฉะนั้นความเข้มข้นของน้ำปูนใสและระยะเวลาจึงไม่มีผลต่อการทดสอบ CBR.

ค่าการพองตัวดังแสดงในรูปที่ ๔.๑๖ ถึง ๔.๑๘ พบว่า มีค่าน้อยมาก  
 ทั้งนี้ เนื่องจากตัวอย่างดินแกรนิตเป็นประเภทดินทรายและมีปริมาณดินเหนียวอยู่ระหว่าง  
 ๑.๐ ถึง ๘.๐ เปอร์เซ็นต์ และผลเนื่องจากการพองตัวของแร่ดินเหนียวจึงมีน้อยมาก  
 ส่วนปริมาณ nonclay minerals ซึ่งมีอยู่มากกว่า ๘๐.๐ เปอร์เซ็นต์ และประกอบไป  
 ด้วยแรควอทซ์, เฟลสปาร์ และไมกา เป็นต้น และให้ผลของการพองตัวน้อยมาก ฉะนั้น  
 การพองตัวสำหรับตัวอย่างดินแกรนิตจึงมีค่าน้อยมาก

#### ๔.๒.๔ ผลทดสอบ Undrained triaxial compression

ผลทดสอบ undrained unconsolidated triaxial compression  
 โดยปราศจากการวัดความดันภายในช่องว่างของเม็ดดิน มีจุดประสงค์ที่จะหาค่าแรงยึดเหนี่ยว  
 ของดินที่ปรากฏ และมุมเสียดทานภายในของดินที่ปรากฏ (รูปที่ ๔.๒๕ และ ๔.๒๖ ตามลำดับ)  
 ซึ่งหาได้จาก strength envelope หรือ Mohr's circle envelope (รูปที่ ๔.๒๒  
 ถึง ๔.๒๔) การทดสอบใช้ chamber pressures เท่ากับ ๐.๕, ๑.๐ และ ๑.๕  
 ก.ก./ซ.ม.<sup>๒</sup> ผลทดสอบจะได้ผลของหน่วยแรงกดอัดในแนวตั้ง (เท่ากับหน่วยแรงหลัก  
 $(\sigma_1)$ ) ลบด้วยหน่วยแรงรอง ( $\sigma_3$ ) โดยหน่วยแรงรองมีค่าเท่ากับ chamber  
 pressure จึงทำให้สามารถหาค่าหน่วยแรงหลัก นำผลของค่าหน่วยแรงหลักและหน่วย  
 แรงรองไปเขียนกราฟของ Mohr's circle envelope หาค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ปรากฏ  
 และมุมเสียดทานภายใน ที่ปรากฏ

รูปที่ ๔.๒๒ ถึง ๔.๒๔ แสดง strength envelope ของส่วนผสม  
 ตัวอย่างดินแกรนิตและน้ำปูนใสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เส้นกราฟของ strength  
 envelope ที่ตัดแกนตั้งที่จุดใด จุดนั้นจะแสดงค่ายึดเหนี่ยวของดินที่ปรากฏ ส่วนมุมที่เกิด  
 ขึ้นระหว่างเส้นกราฟของ strength และแกนนอนจะเป็นค่ามุมเสียดทานภายในที่ปรากฏ

รูปที่ ๔.๒๕ และ ๔.๒๖ แสดงค่าแรงยึดเหนี่ยวและมุมเสียดทานภายใน  
 ของดินที่ปรากฏ โดยที่ค่าเฉลี่ยของแรงยึดเหนี่ยวของดินที่ปรากฏของตัวอย่าง  $s_2, s_1$

และ  $S_3$  จะมีค่าจากมากไปหาน้อย เพราะว่าตัวอย่าง  $S_2$  มีขนาดคละของเม็ดดินละเอียดกว่าและมี surface activity สูงกว่าตัวอย่าง  $S_1$  จึงมีผิวหน้าของเม็ดดินที่จะเกิดการประสานได้มากกว่า ในทางตรงกันข้ามตัวอย่าง  $S_1$  มีขนาดคละของเม็ดดินใหญ่กว่าตัวอย่าง  $S_2$  (รูปที่ ๔.๑ และ ๔.๒) และตัวอย่างดินแกรนิตเหล่านี้ยังถูกจำแนกประเภทเป็นดินทราย ดังนั้นตัวอย่าง  $S_1$  จึงมีค่าเฉลี่ยของมุมเสียดทานภายในของดินที่ปรากฏสูงกว่าของตัวอย่าง  $S_2$  ส่วนตัวอย่าง  $S_3$  มีแร่ไมก้าผสมอยู่มากถึงแม้ว่าจะมีขนาดคละของเม็ดดินละเอียดกว่าตัวอย่าง  $S_1$  และ  $S_2$  คุณสมบัติของแร่ไมก้าดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ ๔.๒.๓ จึงทำให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวของดินและมุมเสียดทานภายในของดินที่ปรากฏของตัวอย่าง  $S_3$  มีค่าน้อยกว่าของตัวอย่าง  $S_1$  และ  $S_2$

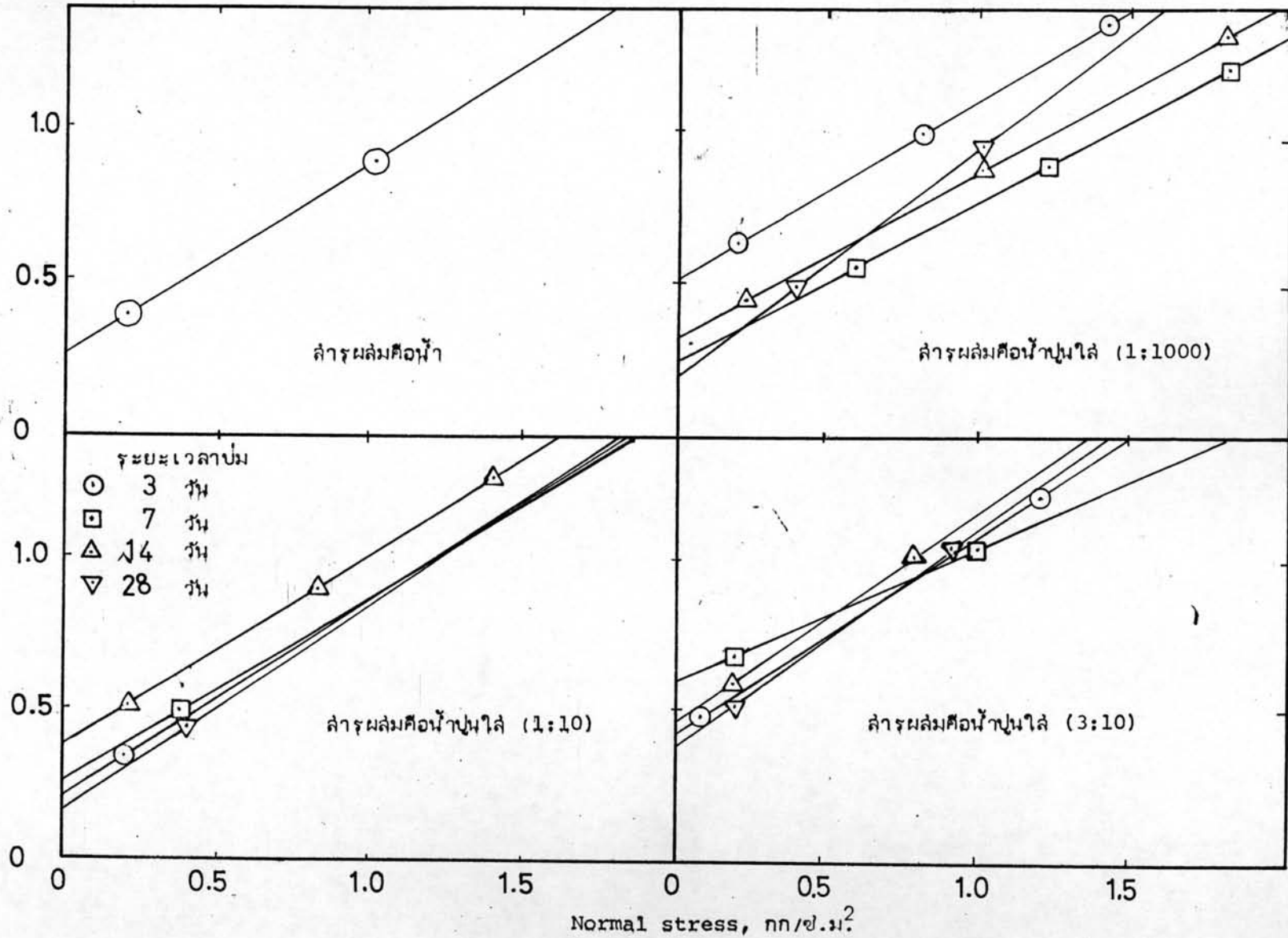
ผลจากปริมาณความเข้มข้นของน้ำปูนใสและระยะเวลาที่ไซมมแท่งตัวอย่าง จากตารางที่ ๔.๑ แสดงส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินแกรนิต ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ซิลิกา ( $SiO_2$ ), อลูมินา ( $Al_2O_3$ ) และออกไซด์ของเหล็ก ( $Fe_2O_3$ ) ซึ่งเป็น สารประกอบของ nonclay minerals และจากตารางที่ ๔.๔ แสดงชนิดต่างของแร่ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างดินแกรนิต ดินประเภท nonclay minerals ได้แก่ แร่ควอตซ์, เฟลด์สปาร์ และไมก้า แร่ควอตซ์ซึ่งเป็น อนุภาคของ silica tetrahedral และมีโครงสร้างแบบ tetrahedral ที่มีเสถียรภาพสูงทำให้แร่ควอตซ์มีความแข็งแรงมาก แร่ควอตซ์เป็น สารประกอบทางเคมีของซิลิกา ( $SiO_2$ ) และจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใสหรือน้ำคายน ส่วนแร่เฟลด์สปาร์นั้นเกิดการยุบตัวได้ง่าย เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือน้ำปูนใส และให้ผลเป็น แร่ดินเหนียว kaolinite หรือ illite ได้ และมักเกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ต้องใช้เวลานาน แร่เฟลด์สปาร์มีความแข็ง (hardness) ปานกลาง (only moderate) และเปราะค่อนข้างแตกหักง่าย สารซิลิกาและอลูมินา เป็นสารประกอบหนึ่งในแร่เฟลด์สปาร์โดยที่ความเข้มข้นของน้ำปูนใสไม่มีผลต่อมันเลย และแร่ไมก้าที่มีโครงสร้างแบบแผ่น (sheet structure) หรือเป็นชั้นบาง ๆ โดยแต่ละชั้นจะถูกต่อเชื่อมด้วยประจุของโปแตสเซียมซึ่งมีความอ่อนมากและง่ายต่อการแตกแยกออกจากกัน แร่ไมก้านี้มีกำลังต้านทานแรงเฉือนต่ำ เพราะมันมีเสถียรภาพต่ำด้วย แต่แร่ไมก้าจะไม่ยุบตัวและไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหรือน้ำปูนใสเลย จากตารางที่ ๔.๑ และ ๔.๔ จะสรุปได้ว่า ปริมาณ nonclay minerals ในตัวอย่างดิน

แกรนิตมีมากกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ และไม่มีผลคือน้ำปูนใสเลย

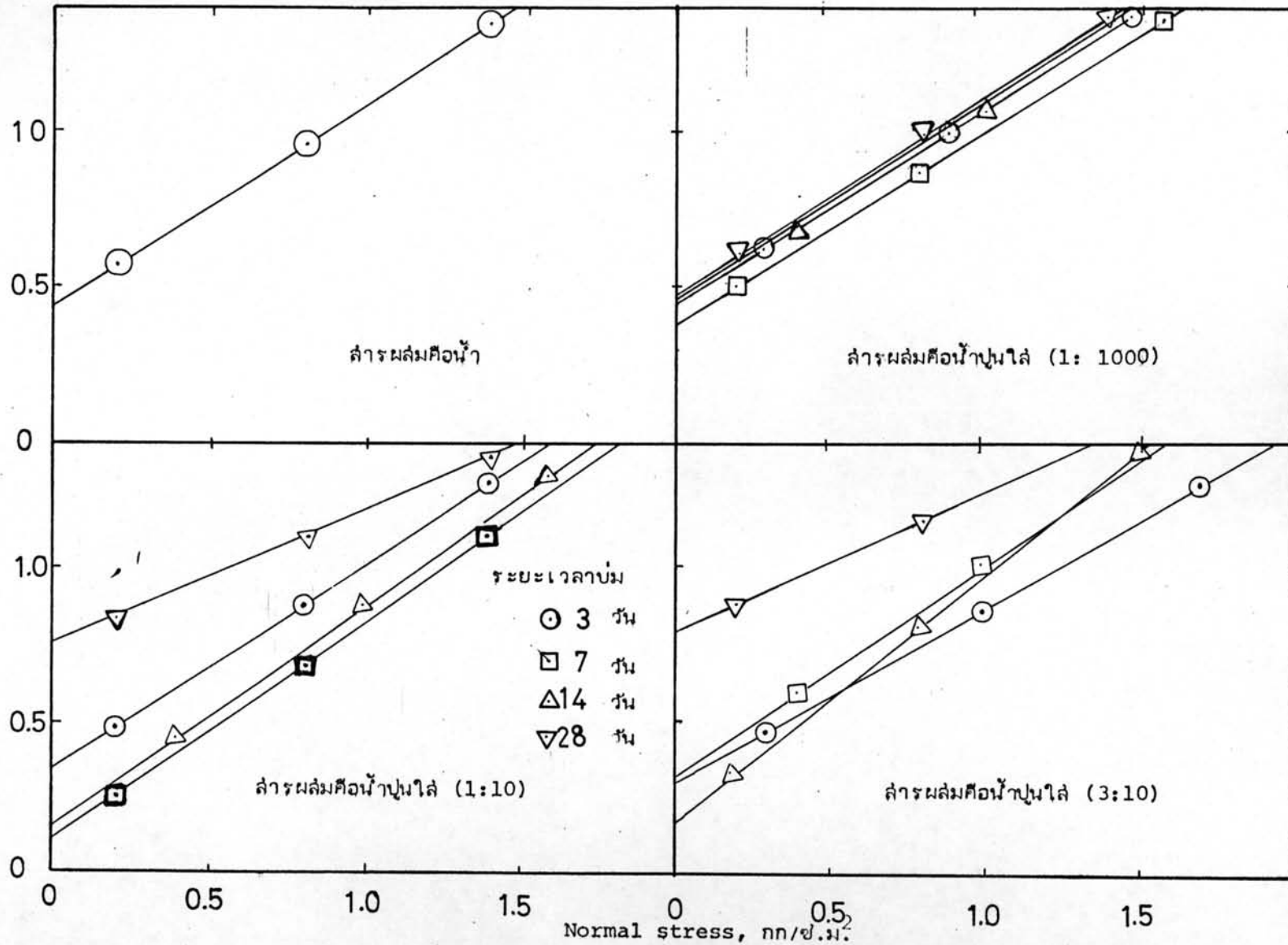
ส่วนผลของระยะเวลาซึ่งต้องอาศัยปฏิกิริยา pozzolanic ที่เกิดขึ้นระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำปูนใสและสารซิลิกาหรืออลูมินา แต่เนื่องจากสารซิลิกาและอลูมินาอยู่ในรูปของสารประกอบของ nonclay mineral ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใส และไม่เกิดปฏิกิริยา pozzolanic ฉะนั้นผลของระยะเวลาจึงไม่ได้ทำให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวและมุมเสียดทานภายในของดินที่ปรากฏมีค่าเพิ่มขึ้นเลย จากรูปที่ ๔.๒๕ และ ๔.๒๖ ค่ากำลังของดินจึงเพิ่มขึ้นและลดลงไม่แน่นอน



กำลังต้านทานแรงเฉือน, กก/ช.ม.<sup>2</sup>

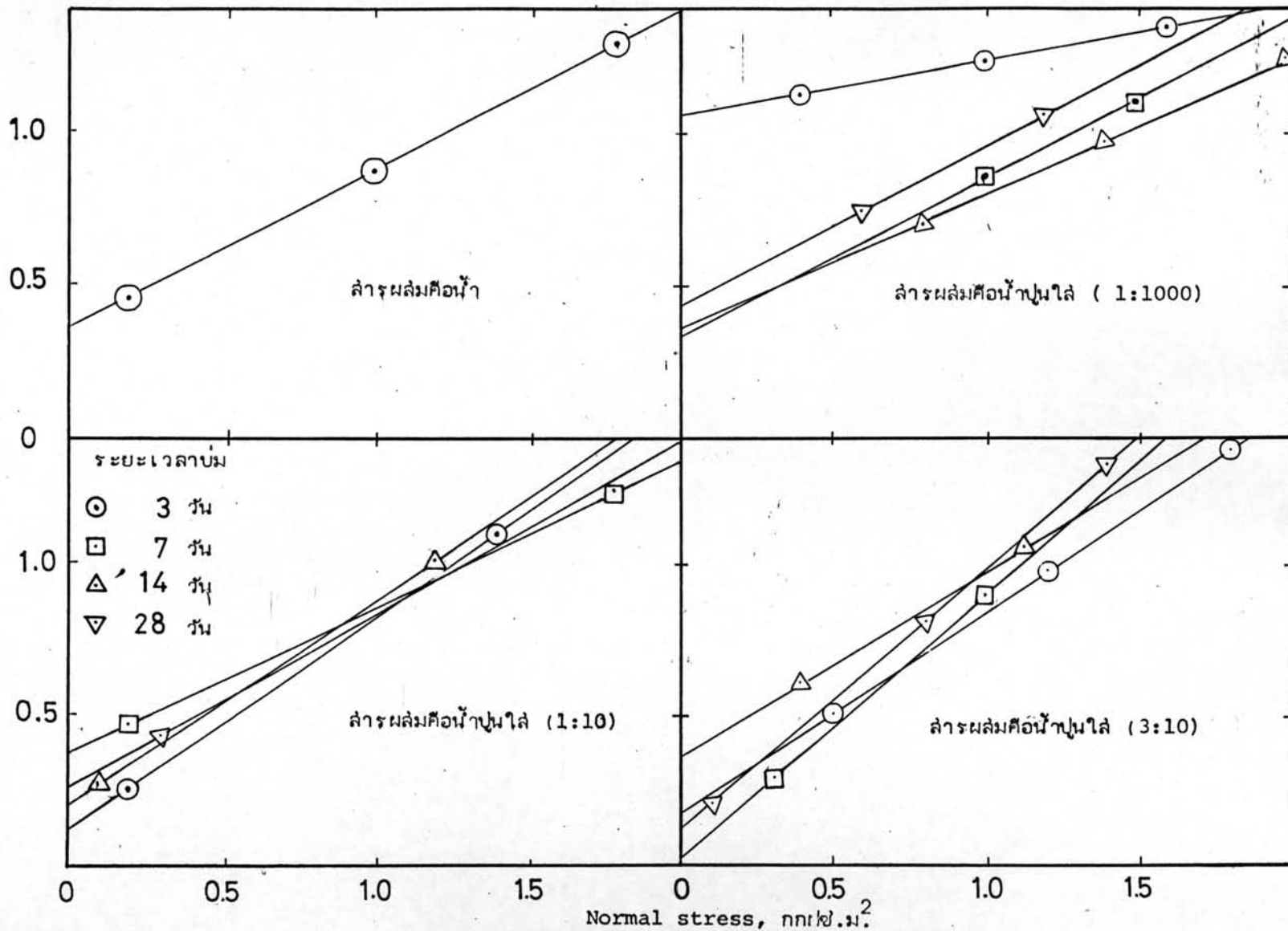


รูปที่ 4.22 strength envelope ของส่วนผสมของตัวอย่าง S<sub>1</sub> และน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นและระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน



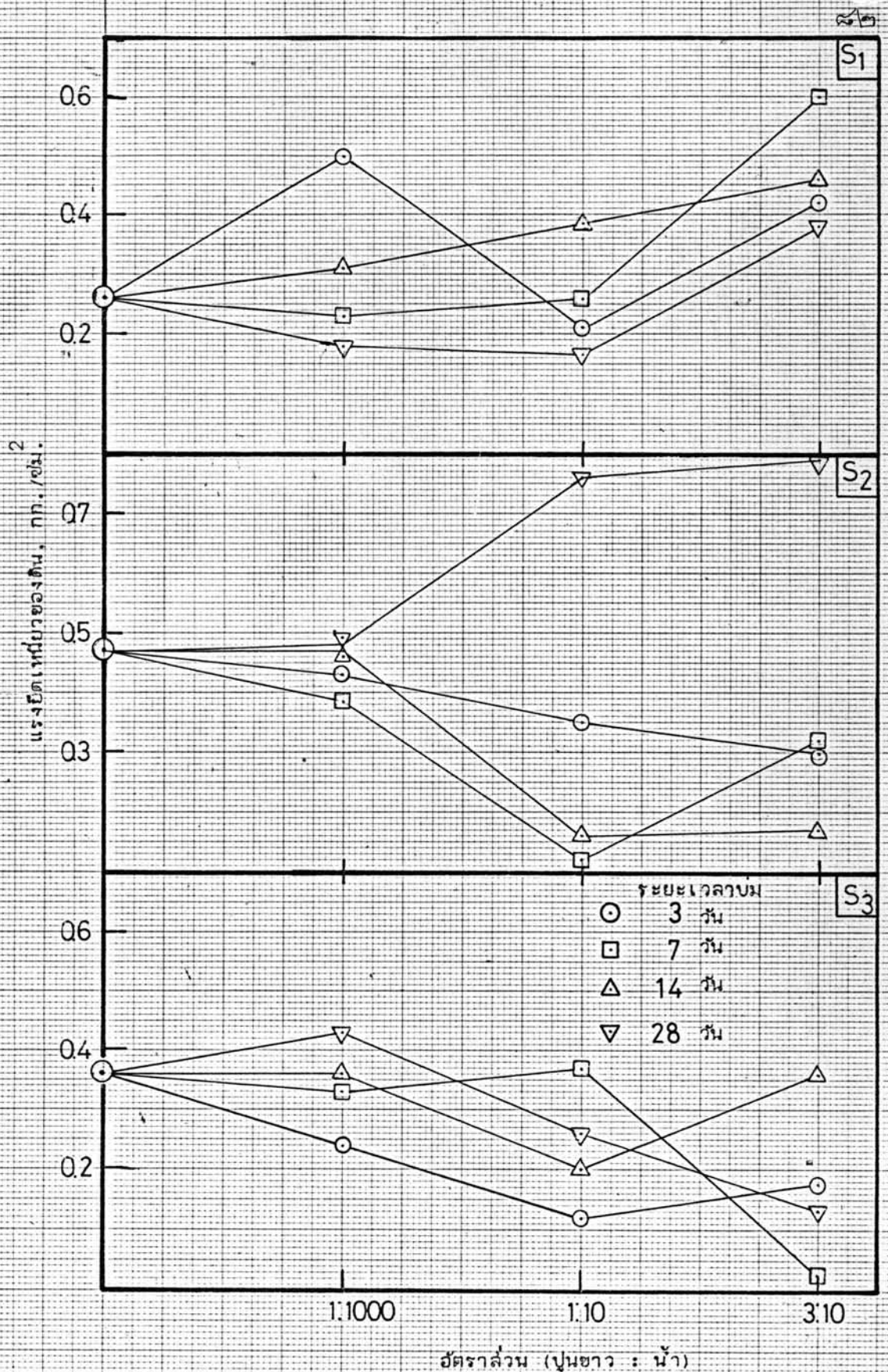
รูปที่ 4.23 strength envelope ของส่วนผลํมของตัวอย่าง S<sub>2</sub> และนํ้าปนไล้ที่ความเข้มน้ํนและระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน

กำลังต้านทานแรงเฉือน, กก./ช.ม.<sup>2</sup>



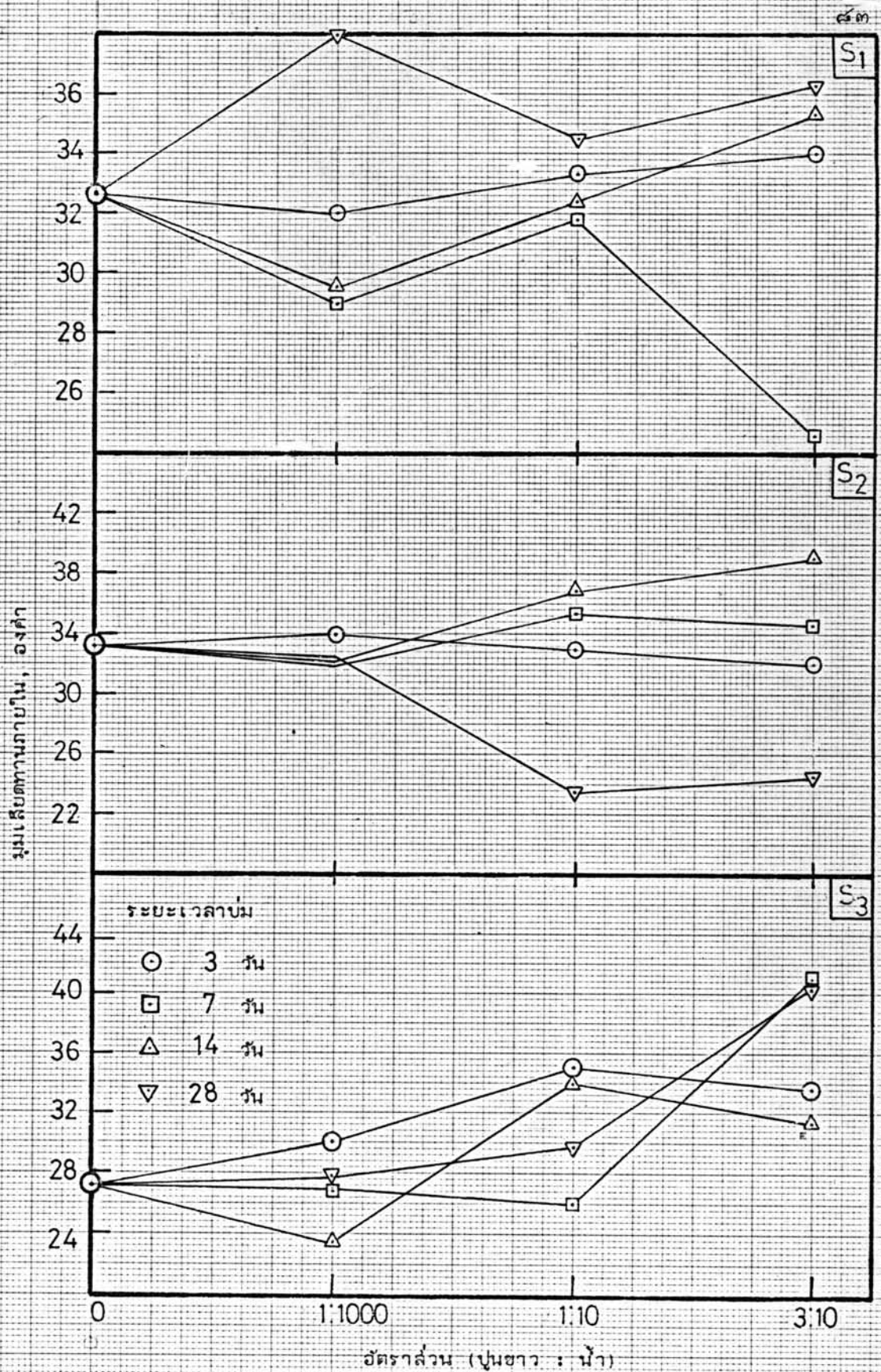
รูปที่ 4.24 strength envelope ของส่วนผลผสมของตัวอย่าง S<sub>3</sub> และเนื้อปูนใสที่ความเข้มข้นและระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน





รูปที่ 4. 25 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบีบเหนียวของดินและอัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ)

ที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกันของตัวอย่างหินผุ S1, S2 และ S3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างมม.เสียดทานภายในและอัตราส่วน (ปูนขาว : น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกันของตัวอย่าง S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> และ S<sub>3</sub>ตามลำดับ