

บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

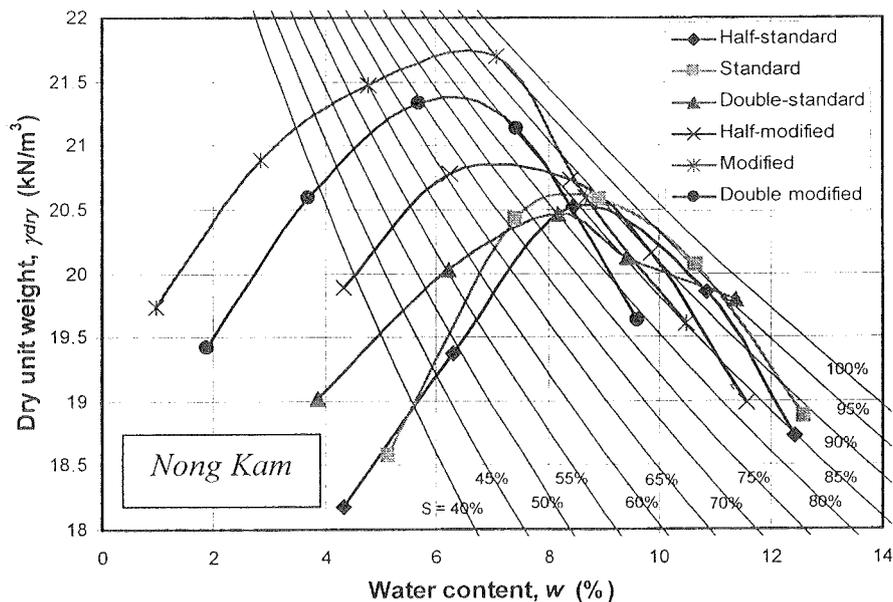


5.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบการบดอัด

ตัวอย่างของผลการทดสอบการบดอัดที่พลังงานต่างๆได้แสดงในรูปที่ 5-1 ค่า w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$ จากการทดสอบได้สรุปในตารางที่ 5-1 และรูปที่ 5-2 ซึ่งจะพบว่าค่า w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$ แปรผันตรงกับ logarithm ของพลังงานในการบดอัดตามที่ได้แสดงไว้โดย Blotz et al. (1998) การเปลี่ยนแปลงของ w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$ กับพลังงานในการบดอัดได้ถูก normalized ด้วยค่าของมวลที่พลังงานที่ standard compaction และแสดงผลในรูปที่ 5-3 จะพบว่าข้อมูลทั้งหมดจะมีรวมกันเป็นแนวโน้มเดียวและสามารถประมาณได้โดยสมการ (5-1) และ (5-2) ซึ่งเป็นลักษณะสมการที่แนะนำโดย Horpibulsuk et al. (2006) จะพบว่าค่า w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$ ของดินเม็ดหยาบจะเปลี่ยนแปลงกับพลังงานในการบดอัดน้อยกว่าของดินเม็ดละเอียด ความสัมพันธ์ดังสมการ (5-1) และ (5-2) สามารถประมาณผลการทดลองที่ได้ในการวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี

$$\frac{w_{OMC}}{w_{OMC}(st)} = 1.7464 - 0.1173 \ln E \quad (E \text{ is in } kJ/m^3) \quad (5-1)$$

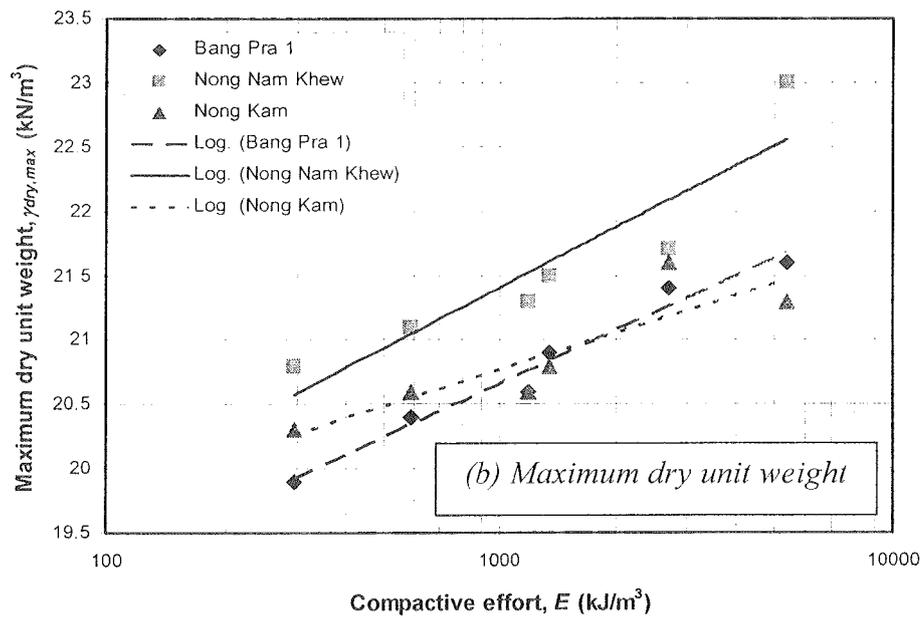
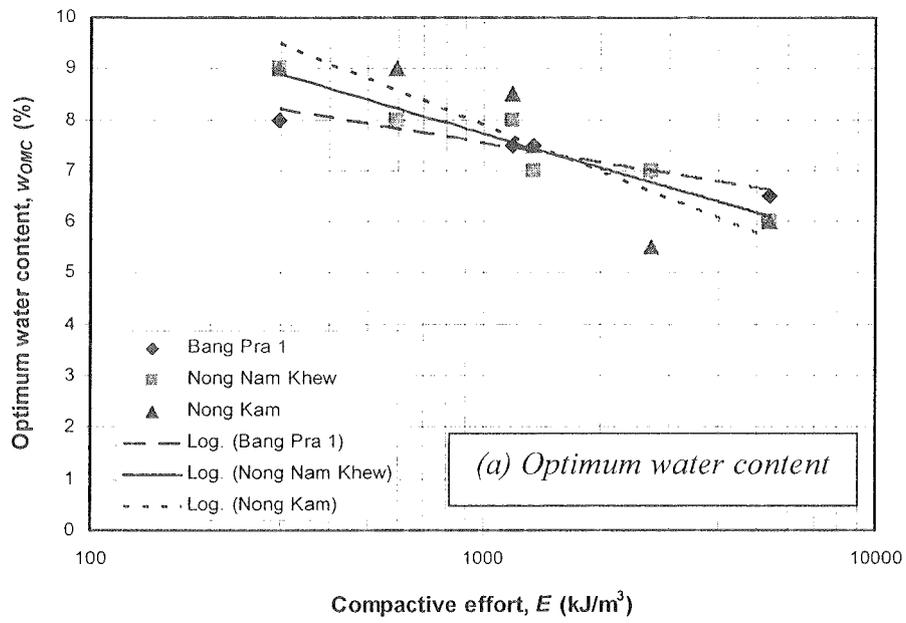
$$\frac{\gamma_{dry,max}}{\gamma_{dry,max}(st)} = 0.8323 + 0.0262 \ln E \quad (E \text{ is in } kJ/m^3) \quad (5-2)$$



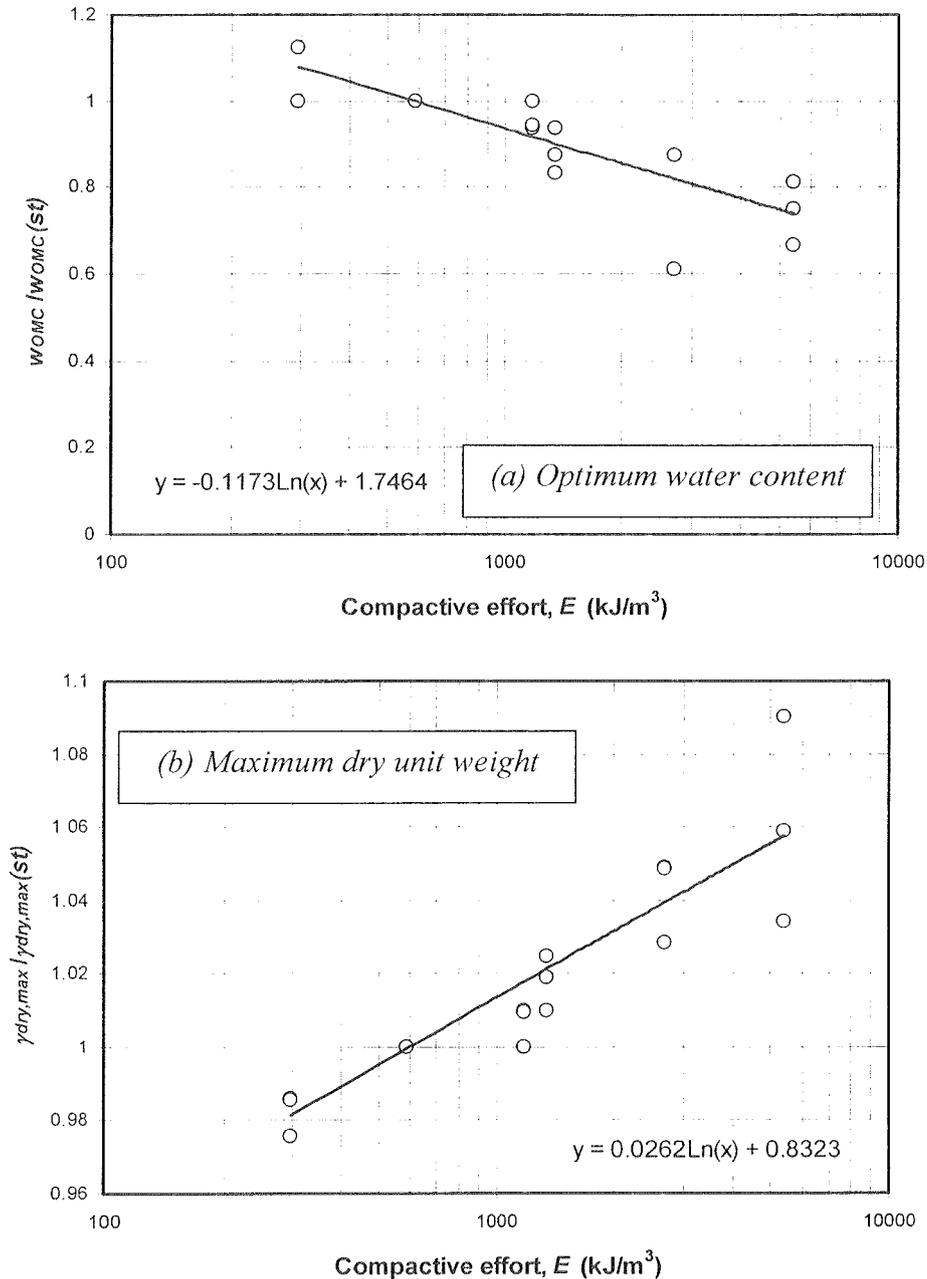
รูปที่ 5-1 ตัวอย่างของผลการทดสอบการบดอัด

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองของค่า w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$

Soil type	Compactive effort	w_{OMC} (%)	$\gamma_{dry,max}$ (kN/m ³)
Nong Nam Khew	Half-standard	9.0	20.8
	Standard	8.0	21.1
	Double-standard	8.0	21.3
	Half-modified	7.0	21.5
	Modified	7.0	21.7
	Double-modified	6.0	23.0
Nong Kam	Half-standard	9.0	20.3
	Standard	9.0	20.6
	Double-standard	8.5	20.6
	Half-modified	7.5	20.8
	Modified	5.5	21.6
	Double-modified	6.0	21.3
Bang Pra 1	Half-standard	8.0	19.9
	Standard	8.0	20.4
	Double-standard	7.5	20.6
	Half-modified	7.5	20.9
	Modified	7.0	21.4
	Double-modified	6.5	21.6



รูปที่ 5-2 การเปลี่ยนแปลงของค่า w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$ กับพลังงานในการบดอัด



รูปที่ 5-3 การเปลี่ยนแปลงของค่า normalized w_{OMC} และ $\gamma_{dry,max}$ กับพลังงานในการบดอัด

Horpibulsuk et al. (2006) ได้แสดงว่าสำหรับดินเม็ดละเอียดชนิดนั้นที่พลังงานการบดอัดหนึ่งๆจะมี สัดส่วน w/S^{B_d} และ w/S^{B_w} เป็นค่าคงที่สำหรับด้านเปียกและด้านแห้งของ optimum ตามลำดับและ สามารถประมาณโดยใช้สมการ (5-3) และ (5-4) (โดยที่ w คือความชื้น, S คือ degree of saturation, และ B_d และ B_w คือค่าคงที่) ตารางที่ 5-2 แสดงการใช้สมการดังกล่าวกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ ตัวอย่างของ ความสัมพันธ์ได้แสดงในรูปที่ 5-4 โดยพบว่าค่าคงที่ B_d และ B_w จะค่อนข้างคงที่สำหรับดินแต่ละชนิด ค่าคงที่ B_d ของดินหนองขาม, หนองน้ำเขียว, และบางพระ 1 คือ 0.73, 0.65 และ 0.73 ตามลำดับ ค่าคงที่ B_w

ของดินหนองขาม, หนองน้ำเขียว, และบางพระ 1 คือ 1.84, 1.34 และ 2.24 ตามลำดับ จะเห็นว่ากระบวนการในการประมาณกราฟการบดอัดที่พลังงานในการบดอัดต่างๆสำหรับดินเม็ดละเอียดที่เสนอโดย Horpibulsuk et al. (2006) นั้นสามารถใช้กับผลการทดลองของดินเม็ดหยาบที่ได้จากการวิจัยนี้ด้วย

$$w = A_d S^{B_d} \tag{5-3}$$

$$w = A_w S^{B_w} \tag{5-4}$$

ตารางที่ 5-2(a) การใช้วิธีการที่เสนอโดย Horpibulsuk et al. (2006) สำหรับดินหนองน้ำเขียว

Compactive effort	Parameters				
	A _d	B _d	A _w	B _w	ODS* (%)
Half-standard	10.25	0.73	—	—	90
Standard	9.74	0.83	11.04	1.53	85
Double-standard	8.71	0.67	13.01	2.87	85
Half-modified	8.08	0.70	12.48	2.07	70
Modified	8.67	0.77	10.88	1.59	75
Double-modified	5.71	0.65	6.68	1.15	75
Average	—	0.73	—	1.84	80

* ODS = optimum degree of saturation (degree of saturation at optimum water content)

ตารางที่ 5-2(b) การใช้วิธีการที่เสนอโดย Horpibulsuk et al. (2006) สำหรับดินหนองขาม

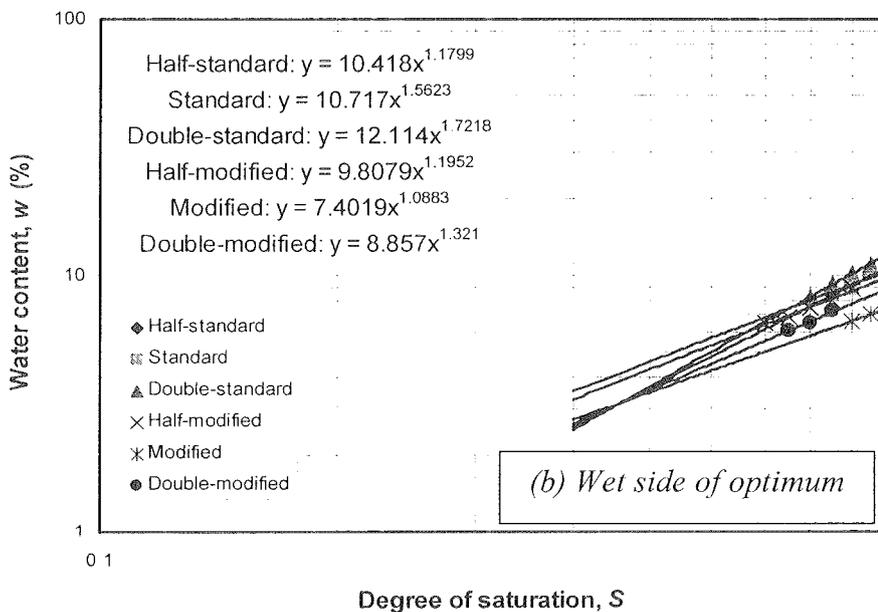
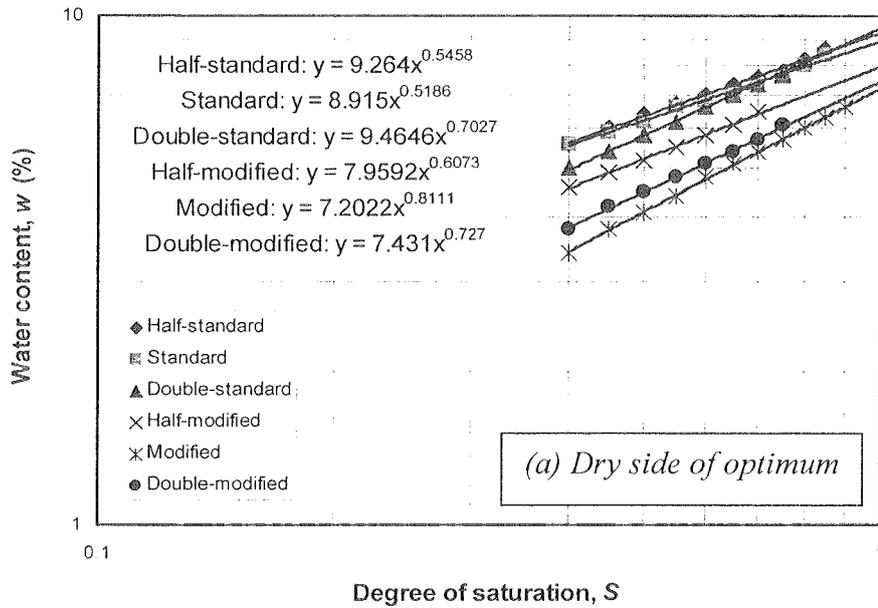
Compactive effort	Parameters				
	A _d	B _d	A _w	B _w	ODS* (%)
Half-standard	9.26	0.55	10.42	1.18	85
Standard	8.92	0.52	10.72	1.56	85
Double-standard	9.46	0.70	12.11	1.72	80
Half-modified	7.96	0.61	9.81	1.20	70
Modified	7.20	0.81	7.40	1.09	90
Double-modified	7.43	0.73	8.86	1.32	75
Average	(0.65	(1.34	81

* ODS = optimum degree of saturation (degree of saturation at optimum water content)

ตารางที่ 5-2(c) การใช้วิธีการที่เสนอโดย Horpibulsuk et al. (2006) สำหรับดินบางพระ 1

Compactive effort	Parameters				
	A_d	B_d	A_w	B_w	ODS* (%)
Half-standard	11.68	0.98	—	—	80
Standard	9.47	0.76	12.34	1.94	80
Double-standard	8.81	0.69	15.78	2.84	75
Half-modified	8.46	0.60	—	(95
Modified	7.38	0.62	9.33	1.95	85
Double-modified	7.07	0.76	((85
Average	(0.73	(2.24	83

* ODS = optimum degree of saturation (degree of saturation at optimum water content)



รูปที่ 5-4 การใช้วิธีการที่เสนอโดย Horpibulsuk et al. (2006) สำหรับดินหนองขาม

5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง CBR

ตัวอย่างผลการทดสอบ CBR ได้แสดงในรูปที่ 5-5 ผลการทดลอง CBR นี้ได้ถูกวิเคราะห์ตามวิธีที่เสนอโดย Li & Selig (1994) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของ resilient modulus และค่าความแตกต่างของความชื้นจากค่า optimum water content ในการวิจัยนี้ใช้ค่า CBR แทนค่า resilient modulus และได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ใน 2 กรณีคือ (i) กรณีความหนาแน่นแห้งคงที่ และ (ii) กรณีพลังงานการบดอัดคงที่ (ดูนิยามในรูปที่ 5-6) Li & Selig (1994) แสดงว่าสมการกำลังสองจะเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามสมการกำลังสองไม่สามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการวิจัยนี้ ดังนั้นจึงใช้

สมการกำลังสองสำหรับด้านเปียกและด้านแห้งของ optimum แยกต่างหากจากกันเพื่อให้สมการที่ได้เป็นตัวแทนที่แม่นยำขึ้น ผลการทดสอบได้แสดงในรูปที่ 5-7 และ 5-8 และสมการที่ได้ได้แสดงในสมการ (5-5) และ (5-6)

กรณีหน่วยน้ำหนักแห้งคงที่:

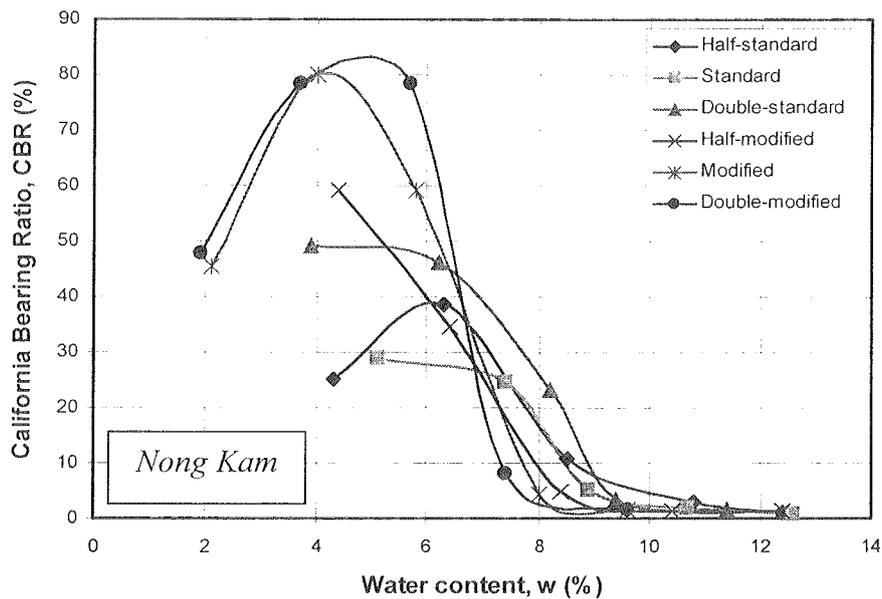
Dry side:
$$\frac{CBR}{CBR_{OMC}} = e^{-0.2477(w-w_{OMC})} \quad (5-5a)$$

Wet side:
$$\frac{CBR}{CBR_{OMC}} = e^{-1.0565(w-w_{OMC})} \quad (5-5b)$$

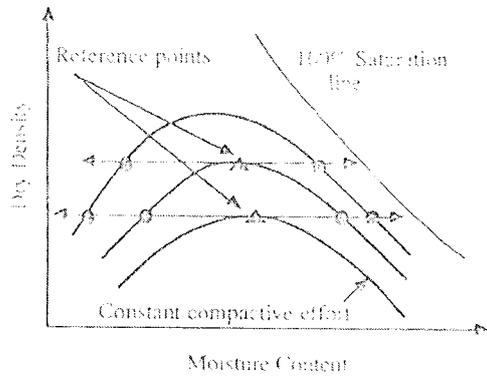
กรณีพลังงานในการบดอัดคงที่:

Dry side:
$$\frac{CBR}{CBR_{OMC}} = -0.0899(w - w_{OMC})^2 - 0.547(w - w_{OMC}) + 1 \quad (5-6a)$$

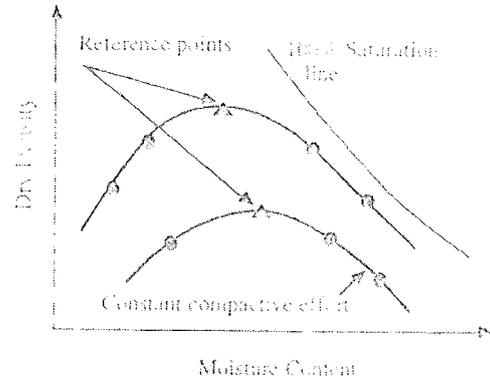
Wet side:
$$\frac{CBR}{CBR_{OMC}} = e^{-0.7977(w-w_{OMC})} \quad (5-6b)$$



รูปที่ 5-5 ตัวอย่างผลการทดสอบ CBR

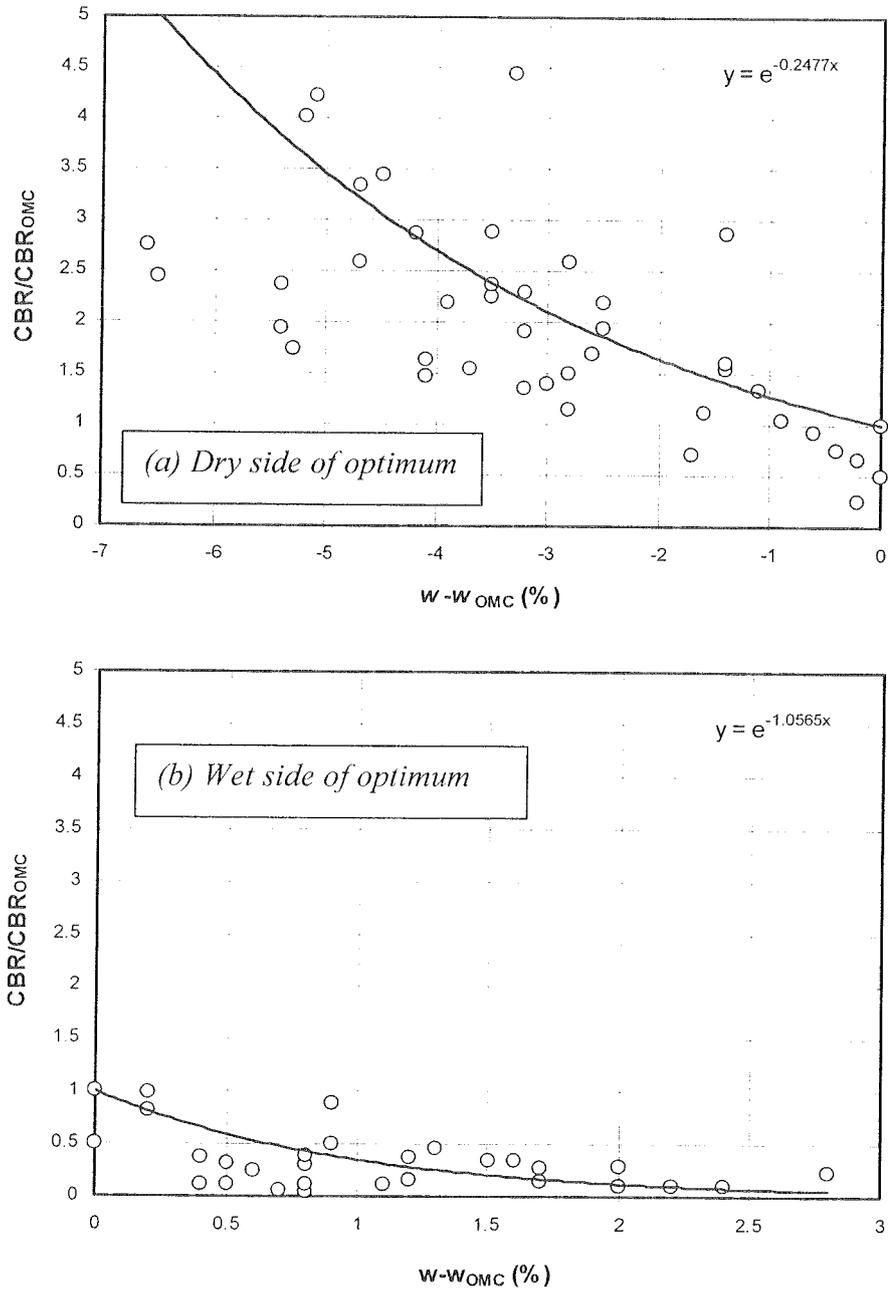


(a) Constant dry unit weight

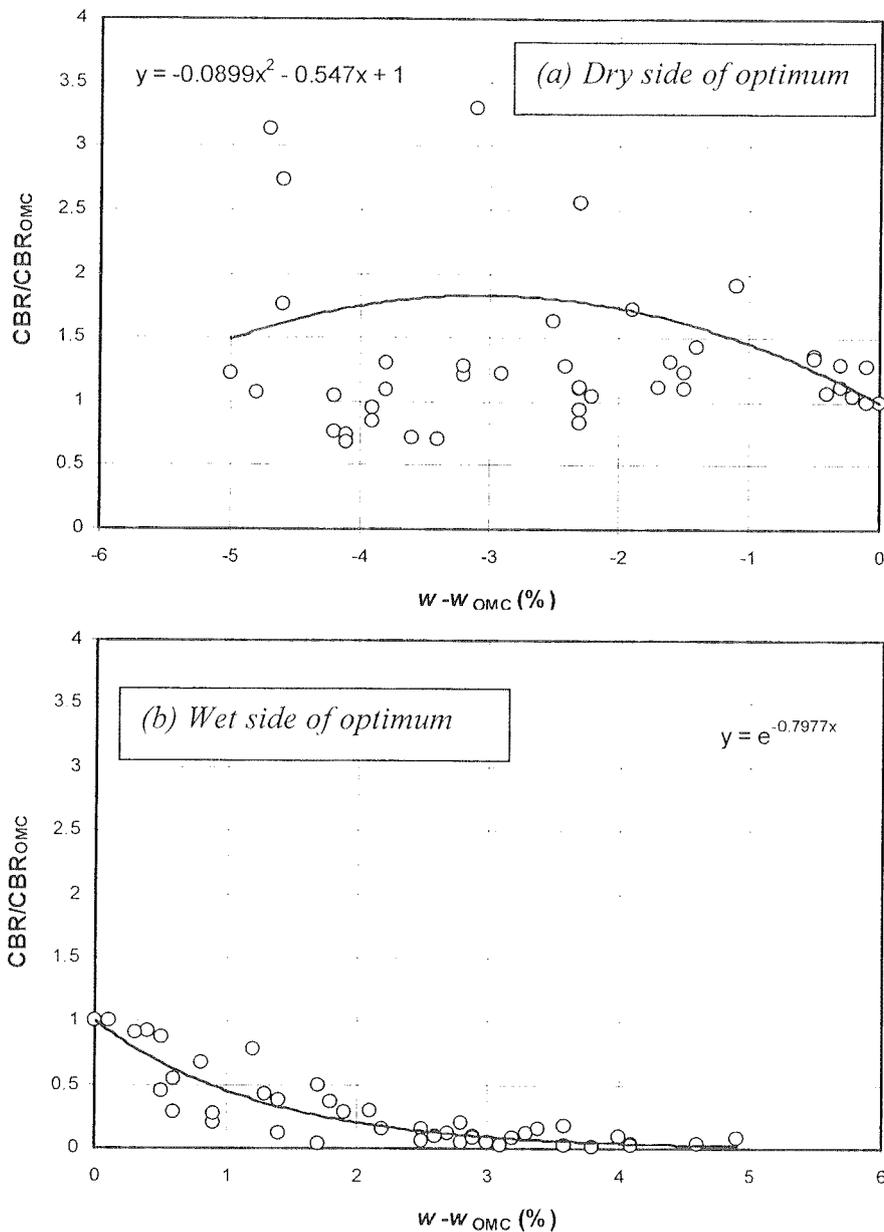


(b) Constant compactive effort

รูปที่ 5-6 นิยามของการวิเคราะห์ผลการทดสอบ CBR (Li & Selig, 1994)



รูปที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์การทดสอบ CBR สำหรับกรณีหน่วยน้ำหนักแห้งคงที่



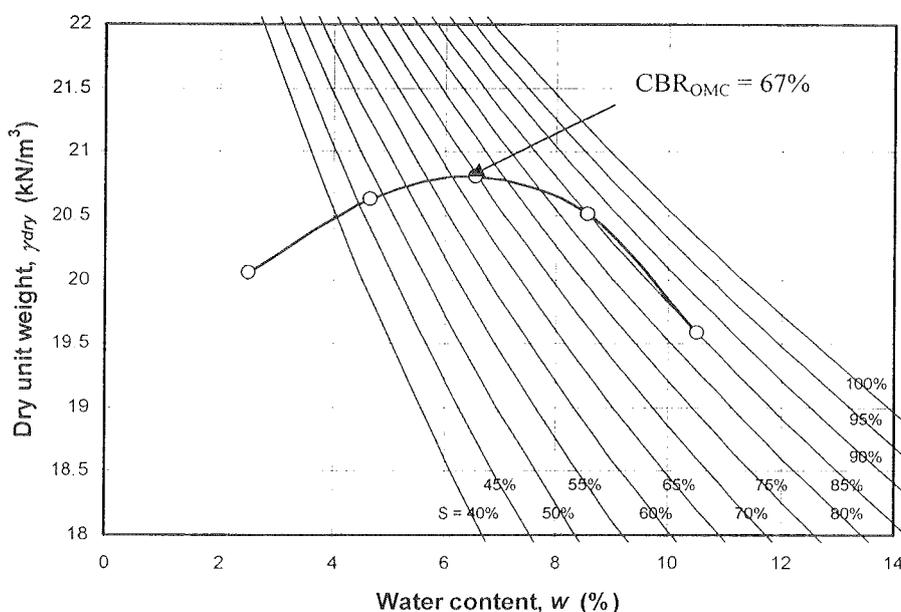
รูปที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์การทดสอบ CBR สำหรับกรณีพลังงานในการบดอัดคงที่

5.3 การเสนอวิธีการประมาณค่า CBR

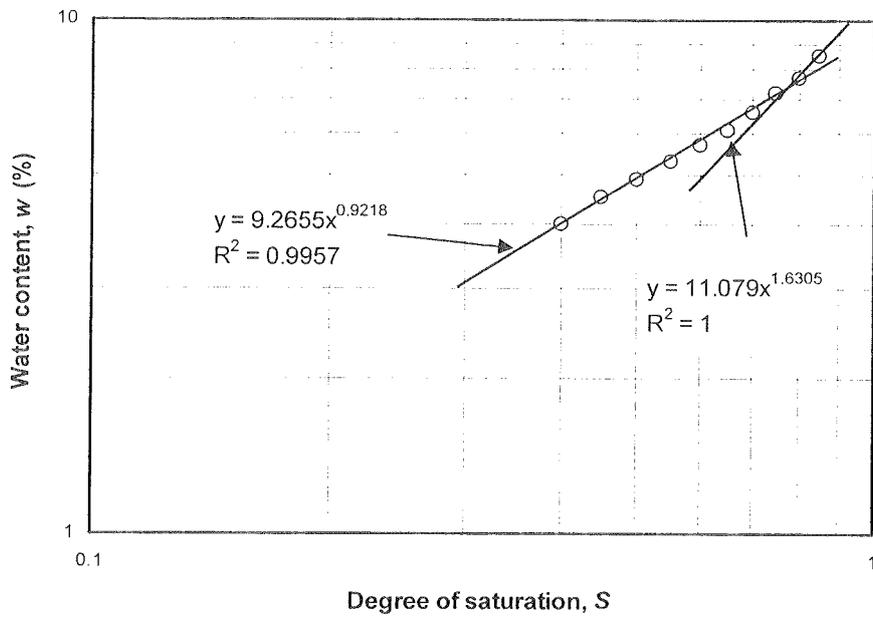
เมื่อมีข้อมูลของกราฟการบดอัดที่พลังงานในการบดอัดใดๆและผลการทดสอบ CBR 1 ค่า จะสามารถใช้วิธีที่เสนอดังต่อไปนี้เพื่อประมาณค่า CBR ที่ความชื้นใดๆและพลังงานในการบดอัดใดๆได้

1. จากข้อมูลกราฟการบดอัดที่พลังงานใดๆจะสามารถหาค่า A_d , B_d , A_w , และ B_w และค่าคุณสมบัติของการบดอัดได้ ($\gamma_{dry,max}$, w_{OMC} , and ODS) โดยใช้ power relationship ระหว่างความชื้นและค่า degree of saturation ที่ระดับ degree of saturation ต่างๆทั้งทางด้านเปียกและด้านแห้งของ optimum
2. จากข้อมูล w_{OMC} จะสามารถหาค่า $w_{OMC}(st)$ โดยใช้สมการ (5-1)

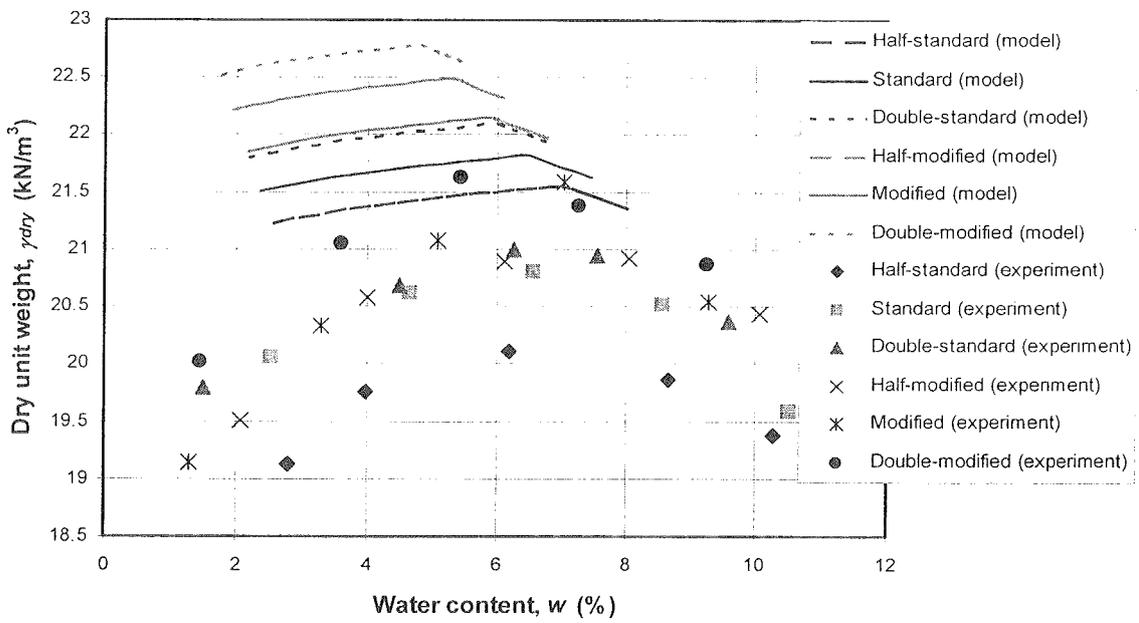
แสดงผลการประมาณกราฟการบดอัดที่พลังงานต่างๆเทียบกับผลการทดสอบจริง ผลการคำนวณแสดงว่าวิธีที่เสนอสามารถประมาณค่า w_{OMC} ที่พลังงานต่างๆได้ถูกต้องพอสมควร (โดยใช้สมการ (5-1)) แต่ประมาณค่า $\gamma_{dry,max}$ มากเกินไปประมาณ 10% สำหรับทุกพลังงาน กราฟการบดอัดที่ได้จากการประมาณนี้จะใช้ต่อไปเพื่อประมาณค่า CBR ที่ความชื้นและพลังงานต่างๆซึ่งผลการคำนวณได้แสดงในรูปที่ 5-13 ผลการคำนวณแสดงว่าวิธีการที่เสนอสามารถประมาณค่า CBR ทางด้านเปียกของ optimum ได้แม่นยำพอสมควรแต่ประมาณค่า CBR ทางด้านแห้งของ optimum ได้น้อยเกินไป เหตุผลสำหรับความไม่แม่นยำนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจาก: (i) มีข้อมูลผลการทดลองสำหรับพลังงานหนึ่งๆน้อยเกินไปทำให้สมการการประมาณที่ได้มีความแม่นยำน้อยลง, (ii) ความไม่แม่นยำในการหาค่า G_u , และ (iii) ความไม่แม่นยำจากความแปรปรวนทางสถิติของการทดสอบเองเนื่องจากทำการทดสอบแต่ละกรณีเพียงครั้งเดียว ในการวิจัยต่อไปควรพิจารณาสาเหตุความไม่แม่นยำพวกนี้และออกแบบการทดลองให้เหมาะสมยิ่งขึ้น



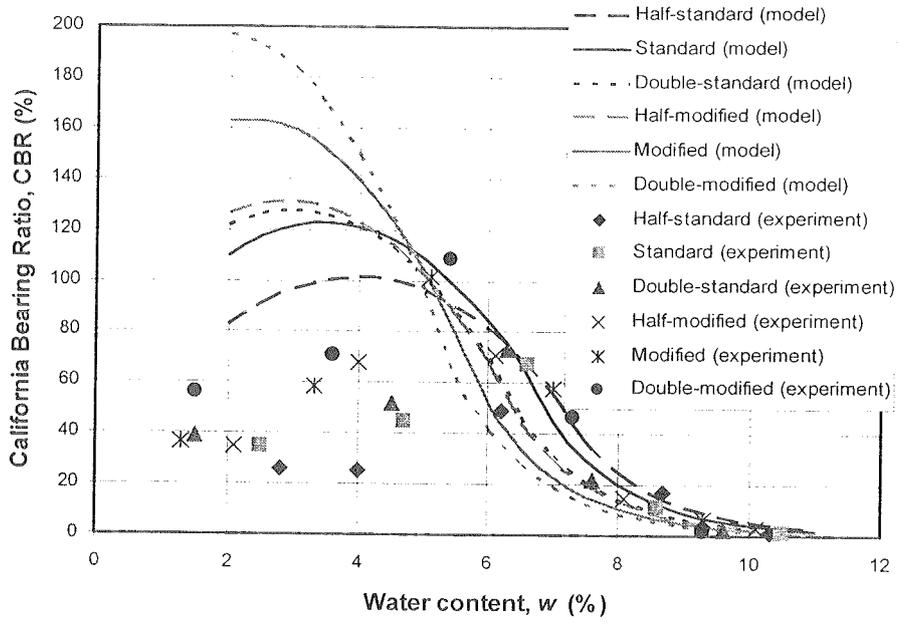
รูปที่ 5-10 ข้อมูลกราฟการบดอัดและ CBR ของดินบางพระ 2



รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและ degree of saturation ของดินบางพรุ 2



รูปที่ 5-12 ผลการประมาณกราฟการบดอัด



รูปที่ 5-13 ผลการประมาณค่า CBR