

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปรับปรุงดินโดยการบดอัด

2.1.1 การบดอัดดิน (Compaction)

การบดอัดเป็นวิธีการปรับปรุงดินแบบธรรมชาติด้วยเครื่องมือกลเพื่อให้ดินมีคุณสมบัติในการใช้งานด้านวิศวกรรมแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม พลังงานจากการบดอัดมีผลทำให้เกิดการแปรสภาพขนาดผลของเม็ดดินมวลหยาบซึ่งจะมีปริมาณการแตกร้าวมากกว่าเม็ดดินละเอียดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแข็งของเม็ดดินเป็นเกณฑ์ การบดอัดเป็นการทำให้อากาศในเม็ดดินถูกขับออกไปเนื่องจากช่องว่างของดินลดลง

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงดิน

เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของดินให้ดินรับน้ำหนักได้ดีขึ้น, ทนุคตัวน้อย, ยอมให้น้ำซึมผ่านให้น้อยลง, และเพิ่มกำลังในการรับแรงเฉือน

2.1.3 ปัจจัยพื้นฐานในการบดอัดดิน

ก. การเลือกชนิดของดินที่นำมาใช้ในการบดอัด

- ควรจะมีขนาดผลที่ดี (Well graded)
- มีความเหนียวต่ำ (Low Plasticity)

ข. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัด

- ปริมาณน้ำที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้การบดอัดได้ความหนาแน่นสูงสุด

ค. พลังงานที่ใช้ในการบดอัด

- ต้องมีมากพอที่จะทำการบดอัดดินให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานกำหนด
- งานเข็นดินหรือร่องแกน จะต้องบดอัดให้แน่นไม่น้อยกว่า 98% ของ Standard Proctor Test
- งานจราจรและงานรองพื้น จะต้องบดอัดให้แน่นไม่น้อยกว่า 98% ของ Modified Proctor Test
- งานทั่วไป จะต้องบดอัดให้แน่นไม่น้อยกว่า 95% ของ Standard Proctor Test

ง. เครื่องมือหรือกรรมวิธีที่ใช้ในการบดอัด

2.1.4 ข้อกำหนดในการบดอัดดิน

สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น เช่น พวดินเหนียว จะกำหนดค่าเป็น RC (Relative Compaction) หรือ % Compaction ดังนี้

$$RC = \frac{\text{ความหนาแน่นแห้งที่ได้จากการบดอัดดินในสนาม}}{\text{ความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้ทดสอบจากห้องปฏิบัติการ}} \times 100\%$$

สำหรับดินที่ไม่เชื่อมแน่น เช่นทราย จะกำหนดค่าเป็น Relative Density (D_r) ดังนี้

$$D_r = \frac{\rho_{d(\text{field})} - \rho_{d(\text{min})}}{\rho_{d(\text{max})} - \rho_{d(\text{min})}} \times 100\%$$

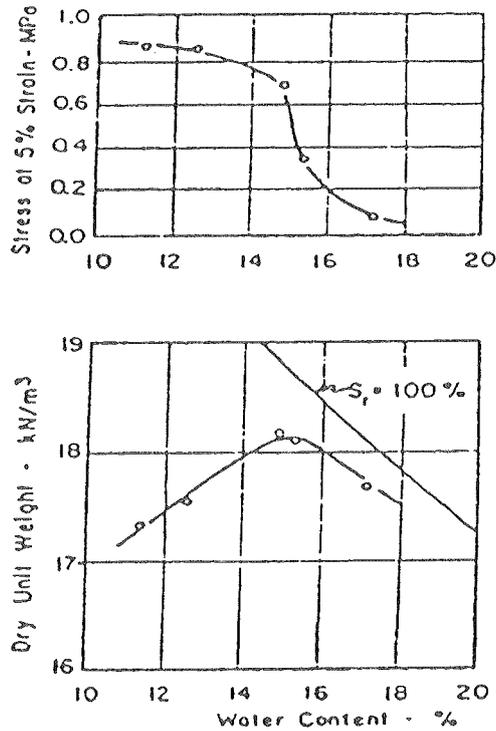
- โดยที่
- $\rho_{d(\text{field})}$ = ความหนาแน่นแห้งที่ได้จากการบดอัดในสนาม
 - $\rho_{d(\text{max})}$ = ความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
 - $\rho_{d(\text{min})}$ = ความหนาแน่นแห้งต่ำสุดที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2.1.5 ผลการบดอัดที่มีต่อดิน

การบดอัดเป็นวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้นวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินได้ดังต่อไปนี้

ก. ความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength)

- ดินเม็ดหยาบ (Granular Soil) การบดอัดจะทำให้ความต้านทานแรงเฉือนของดินเพิ่มขึ้น
- ดินเม็ดละเอียด (Fine- Grained) เช่น ดินตะกอน และดินเหนียว ผลเนื่องจากการบดอัดดินชนิดนี้จะสามารถอธิบายได้จากกราฟ ซึ่งจากกราฟนี้ตัวอย่างดินจำนวน 5 ตัวอย่างได้รับการบดอัดด้วยพลังงานที่เท่ากัน โดยเปลี่ยนแปลงความชื้นขึ้นเรื่อยๆ แต่ละตัวอย่างถูกนำมาทดสอบหาความแข็งแรงโดยค่าความแข็งแรงนี้วัดที่ 5% ของความเครียด จากกราฟรูปที่ 2-1 นี้แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่มีความหนาแน่นสูงสุดไม่ได้ให้ค่าความแข็งแรงสูงสุด และค่าความแข็งแรงจะลดลงมากโดยเริ่มตั้งแต่ที่ความชื้นเข้าใกล้จุดความชื้นที่เหมาะสมที่สุด (OMC)



รูปที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของดินกับการบดอัดดิน

ข. ค่าความซึมได้ (Permeability)

- ดินเม็ดหยาบ การบดอัดดินชนิดนี้จะช่วยลดค่าความซึมได้ของดินให้น้อยลง
- ดินเม็ดละเอียด การบดอัดดินในด้านเปียก (Wet of Optimum) หรือบดอัดให้ความชื้น มากกว่าจุดที่ความชื้นเหมาะสมที่สุดจะทำให้ค่าความซึมได้ของดินน้อยกว่าการบดอัดดินในด้านแห้ง (Dry of Optimum) ที่ค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากัน

ค. การอัดตัวได้ (Compressibility)

- ดินเม็ดหยาบ การบดอัดดินจะทำให้การอัดตัวได้ของดินชนิดนี้ลดลง
- ดินเม็ดละเอียด ถ้าบดอัดดินชนิดนี้ในด้านแห้งจะทำให้การหดตัว (Shrink) น้อยลงเมื่อตากให้แห้ง และจะบวมตัว (Swell) มากเมื่อแช่ในน้ำ กว่าบดอัดดินในด้านเปียก

2.1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและ CBR ของดิน

จุดประสงค์หลักของการบดอัดดินก็คือเพื่อให้ได้กำลังของดินเพิ่มมากขึ้นในการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่แข็งแรง กำลังของดินบดอัดในการก่อสร้างถนนและสนามบินจะทำการทดสอบด้วยวิธี CBR (California Bearing Ratio) ซึ่งสามารถนำค่า CBR ไปทำการออกแบบหาความหนาของถนนได้ ความสัมพันธ์ของความชื้นบดอัดของดินต่อความหนาแน่น และค่า CBR

2.2 การทดสอบดินที่มีแรงยึดเหนี่ยวในห้องปฏิบัติการ

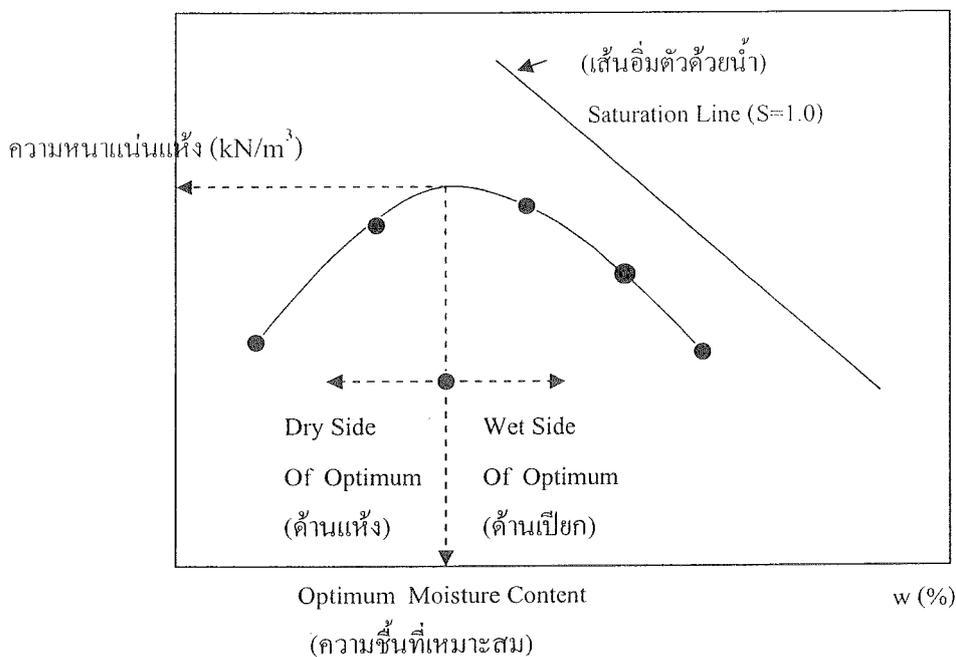
2.2.1 การบดอัดในห้องทดลอง มี 3 วิธี

- วิธีบดอัดทางพลศาสตร์ (Dynamic Compaction) โดยการใช้ก้อนเหล็กปล่อยตกบดอัดดินในแบบ
- วิธีการบดอัดแบบนวด (Kneading Compaction) ตามวิธี Harvard
- การบดอัดทางสถิตศาสตร์ (Static Compaction) การอัดตัวด้วยน้ำ

2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและค่าความชื้นจากผลการบดอัดในห้องทดลอง

จากการบดอัดในห้องทดลองโดยทำการบดอัด 4-6 ครั้งครอบคลุมค่าความหนาแน่นสูงสุดและนำมาพล็อตกราฟการบดอัด (Compaction Curve) ค่าความชื้น ($w, \%$) แกนนอนต่อความหนาแน่น ($\gamma_{d \max}$ ตัน/ม³) ดังรูปที่ 2-2 ซึ่งจะมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้

- จุดกราฟสูงสุด คือค่าความหนาแน่นสูงสุด
- จุดตัดแกนนอน (w) ที่ค่า $\gamma_{d \max}$ คือค่าความชื้นที่เหมาะสม
- ค่าความชื้นที่สูงกว่าค่าความชื้นที่เหมาะสม
- ค่าความชื้นที่ต่ำกว่าค่าความชื้นที่เหมาะสม
- เส้นอิมิตัวด้วยน้ำ



รูปที่ 2-2 กราฟของการบดอัดดิน (Compaction curve)

2.3 ผลกระทบของพลังงานต่อการบดอัดดิน

การบดอัดด้วยพลังงานที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ผลของการบดอัดที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน ASTM และ AASHTO แล้วการบดอัดจะมีวิธีดังตารางที่ 2-1 โดยพลังงานในการบดอัดคำนวณได้ดังนี้

$$= \frac{\text{น้ำหนักก้อน (ปอนด์)} \times \text{ระยะตก (ฟุต)} \times \text{จำนวนชั้น} \times \text{จำนวนครั้งบดอัดแต่ละชั้น}}{\text{ปริมาตรแบบหล่อดิน (ฟุต}^3\text{)}}$$

ตารางที่ 2-1 วิธีบดอัดในห้องทดลอง

ข้อกำหนด ASTM	ข้อกำหนด AASHTO	ขนาดของ แบบทรง กระบอกกลวง	น้ำหนักลูกตุ้ม และระยะยกตก กระทบ	จำนวนชั้นและ จำนวนครั้งของการ บดอัดในแต่ละชั้น	ขนาด ตะแกรง ร่อน
D-698 (A)*	T-99 (A)	4-in dia, 1/30ft ³	5.5 lb @12in	3 at 25	# 4
(B)	(B)	6-in. dia, 0.075 ft ³	5.5 lb @12in	3 at 56	# 4
(C)	(C)	4-in dia, 1/30ft ³	5.5 lb @12in	3 at 25	¾ in
(D)	(D)	6-in. dia, 0.075 ft ³	5.5 lb @12in	3 at 56	¾ in
D-1557 (A) ^S	T-180 (A)	4-in dia, 1/30ft ³	10 lb @18in	5 at 25	# 4
(B)	(B)	6-in. dia, 0.075 ft ³	10 lb @18in	5 at 56	# 4
(C)	(C)	4-in dia, 1/30ft ³	10 lb @18in	5 at 25	¾ in
(D)	(D)	6-in. dia, 0.075 ft ³	10 lb @18in	5 at 56	¾ in

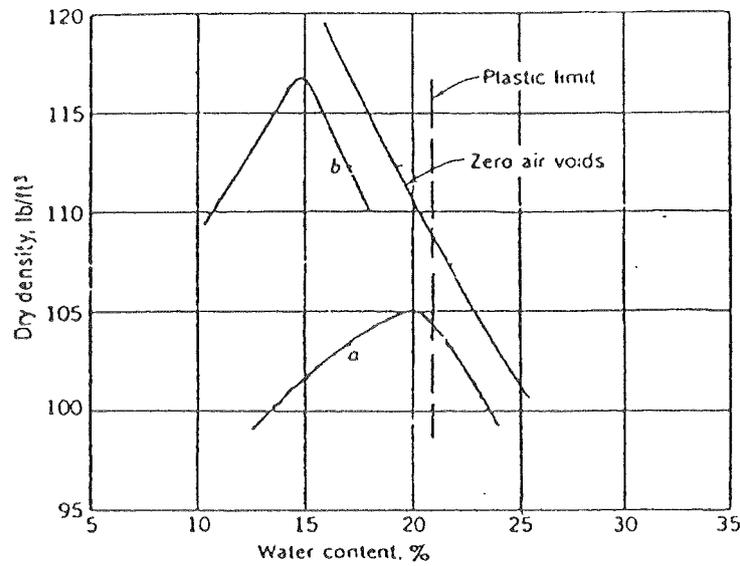
* = การบดอัดแบบ Standard Procter

§ = การบดอัดแบบ Modified Procter

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ในการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction) และแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction) เป็นดังนี้

$$\frac{\text{แบบสูงกว่ามาตรฐาน Modified}}{\text{แบบมาตรฐาน Standard}} = \frac{56250}{12375} = 4.5 \text{ เท่า}$$

แต่การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified) จะให้ความหนาแน่นแห้งสูงกว่าการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard) เพียงประมาณ 10% เท่านั้น ส่วนค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction) จะมีค่าสูงกว่าการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction) ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 การบดอัดแบบ Standard Proctor Test และ Modified Proctor Test

2.4 ซีบีอาร์ (California Bearing Ratio)

การทดสอบ CBR (California Bearing Ratio) เป็นวิธีการหาค่าตั้งรับน้ำหนักของดินบดอัดแน่นด้วยการใช้แท่งเหล็กกด (Penetration Piston) ขนาดพื้นที่ 3 ตารางนิ้ว กดลงบนตัวอย่างดินด้วยความเร็ว 0.05 นิ้ว/นาาที แล้วนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากการทดลองกับวัสดุหินคลุกบดอัดแน่นบนพื้นฐานปฏิบัติการที่เหมือนกัน (ตารางที่ 2-2) โดยการคำนวณค่า CBR เป็นดังนี้

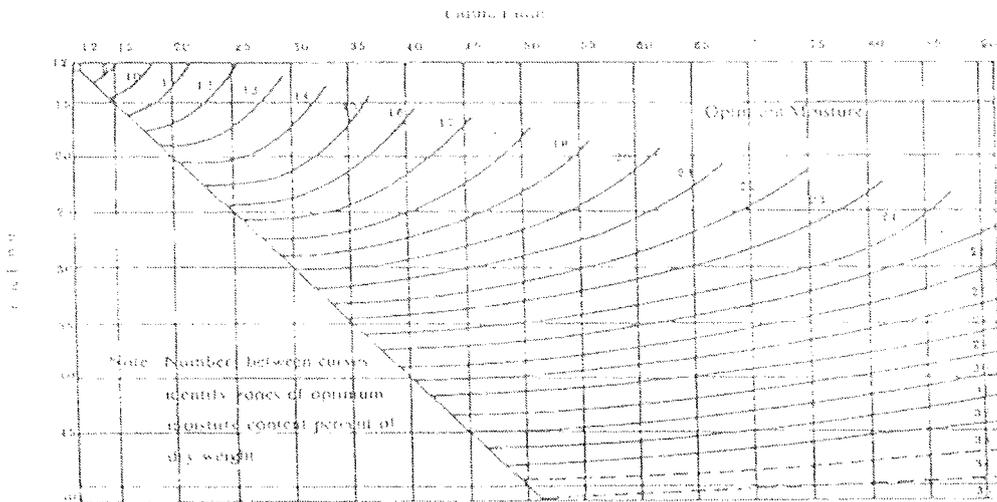
$$\text{CBR} = \frac{\text{หน่วยน้ำหนักทดสอบ}}{\text{หน่วยน้ำหนักมาตรฐาน}} \times 100\%$$

ตารางที่ 2-2 น้ำหนักมาตรฐาน จากการกดแท่งเหล็กขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 นิ้วของวัสดุหินคลุก

ระยะจม (Penetration)	น้ำหนักมาตรฐาน (Standard Load)	หน่วยน้ำหนักมาตรฐาน (Standard Unit Load)
2.54 มม. (0.1 นิ้ว)	1360.8 กก. (3000 ปอนด์)	70.30 กก./ซม. ³ (1000 ป/ตร.น.)
5.08 มม. (0.2 นิ้ว)	2041.2 กก. (4550 ปอนด์)	105.46 กก./ซม. ³ (1500 ป/ตร.น.)
7.62 มม. (0.3 นิ้ว)	2858.5 กก. (4700 ปอนด์)	133.59 กก./ซม. ³ (1900 ป/ตร.น.)
10.16 มม. (0.4 นิ้ว)	3129.8 กก. (6900 ปอนด์)	161.71 กก./ซม. ³ (2300 ป/ตร.น.)
12.70 มม. (0.5 นิ้ว)	3538.0 กก. (7800 ปอนด์)	182.81 กก./ซม. ³ (2600 ป/ตร.น.)

ค่าของ CBR ตามปกติจะใช้ค่าของท่อนเหล็กกลมกลีกลึก 2.54 มม. แต่ถ้าหากค่า CBR ที่มีความลึก 5.08 มม. มากกว่าที่ 2.54 มม. ก็ควรทำการทดลองใหม่ แต่ถ้าค่า CBR ออกมาเหมือนเดิมก็ใช้ค่า CBR ที่ความลึก 5.08 มม.

การทดลองหาค่า ซีบีอาร์ ของดินบดอัดแน่น สามารถปฏิบัติการได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม ด้วยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน และ โมดิฟายด์ การเตรียมตัวอย่างดินบดอัดวิธีใดก็ตามจะต้องเตรียม 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างหนึ่งจะต้องไปหาค่า ซีบีอาร์ ทันที อีกตัวอย่างหนึ่งนำไปแช่น้ำ (Soaked) ไว้ 96 ชั่วโมง เพื่อให้ดินมีสภาพอิ่มตัว เพื่อศึกษาการบวมตัวของดิน หนึ่งในระหว่างดินถูกแช่น้ำจะต้องกดทับตัวอย่างดินด้วยน้ำหนักไม่น้อยกว่า 4.5 กิโลกรัมหรือเท่ากับน้ำหนักของพื้นทางและผิวจราจร เพื่อให้การทดสอบดินคล้ายกับสภาพความเป็นจริงของถนนในเวลาเกิดน้ำท่วม หรือฝนตก ดินภายใต้การรับน้ำหนักบรรทุกจะมีสภาพอิ่มตัว การบวมตัวและกำลังรับน้ำหนักของดินสภาพอิ่มตัวจะเป็นค่าที่บ่งบอกคุณสมบัติความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงาน อนึ่งการทดสอบซีบีอาร์ของมวลดินมักจะทดสอบความหนาแน่นที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการปฏิบัติการบดอัดดิน จึงได้แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) และขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) ในการหาค่าประมาณของปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของมวลดินที่บดอัด ดังรูปที่ 2-4



EXAMPLE GIVEN Liquid Limit = 6 Find Average Optimum Moisture Content
Plastic Limit = 20 Answer in percent

รูปที่ 2-4 กราฟการหาค่าปริมาณความชื้น Optimum ของการบดอัดจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) กับขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit)

ค่าซีบีอาร์ของมวลดินอัดแน่นจากการทดลอง นอกจากจะเป็นค่าบ่งบอกถึงคุณสมบัติของดินที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุพื้นทางดังแสดงในตารางที่ 2-3 ค่าซีบีอาร์จึงเป็นประโยชน์ต่อการนำไปออกแบบความหนาของพื้นผิวถนนอีกด้วย

ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติของดินที่เหมาะสมในการใช้งานตามค่าของ CBR

ซีบีอาร์	ระดับความเหมาะสม	การใช้งาน
0-3	ใช้ไม่ได้	วัสดุชั้นคันทาง (Subgrade)
3-7	ไม่ดี ถึง พอใช้	วัสดุชั้นคันทาง
7-20	พอใช้	วัสดุชั้นรองพื้นทาง (Subbase)
20-50	ดี	วัสดุชั้นรองพื้นทาง
50-80	ดีมาก	วัสดุพื้นทาง
มากกว่า 80	ดีที่สุด	วัสดุพื้นทาง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การทำนายกราฟการบดอัด (Prediction of compaction curve) (รุ่งลาวัลย์ ราชัน และสุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2548)

การทำนายกราฟการบดอัดดินในห้องปฏิบัติการของทั้งดินหยาบและดินละเอียดสำหรับดินชนิดหนึ่งที่ถูกบดอัดด้วยพลังงานค่าใดค่าหนึ่งที่มีความชื้นเหมาะสม ซึ่งค่าตัวแปร $m/s^{0.5}$ จะเป็นค่าที่คงที่ แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้งก็ตามตัวแปร $(m/s^{0.5} / m/s^{0.5})$ จะถูกนำเสนอมาเพื่อจัดผลเนื่องจากชนิดของดินที่แตกต่างกัน ที่ด้านเปียกของปริมาณความชื้นที่เหมาะสม เส้นกราฟการบดอัดของเส้นโค้งที่มีความลาดเอียงเดียวกันในทุกพลังงานบดอัด จากลักษณะดังกล่าวผู้ทำการทดสอบ ได้นำข้อเสนอวิธีการสร้างเส้นกราฟการบดอัดอย่างง่าย ภายใต้อพลังงานการบดอัดต่างๆเพียงแต่ทำการทดสอบเดียว

2.5.2 Re-examination of compaction characteristics of fine-grained soils (Pandian et al, 1997)

การปฏิบัติการนี้เป็นการทดสอบดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวซึ่งได้ทำการทดสอบโดยใช้ดินใน 3 ลักษณะแล้วก็นำมาเขียนกราฟและจะได้ค่าตัวแปร w/s_r ซึ่งมาจาก water content % การอิมตัวซึ่งนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง w/s_r กับ Liquid limit โดยในทางด้านข้างนั้นจะเห็นได้ว่าค่าทุกค่าอยู่ในกราฟเดียวกันแต่ในด้านเปียกจะมี กราฟไม่อยู่ในเส้นเดียวกันซึ่งจะได้ตัวแปรสำหรับด้านเปียก w/s_r^2 ซึ่งนำมาเขียนกราฟกับ Liquid limit ก็จะสามารถเห็นได้ว่าอยู่ในเส้นเดียวกันจึงทำให้เราสามารถทำนายค่าต่างๆในกราฟได้เลย และจากการทำนายแล้วจึงลองทำการทดสอบดูแล้วว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับที่ทำนายไว้ซึ่งเป็นการยืนยันว่าวิธีการนี้ใช้ได้

2.5.3 Resilient Modulus For Fine-Grained Subgrade Soils (Li & Selig, 1994)

งานวิจัยนี้เป็นการปฏิบัติการประมาณค่าความชื้นที่เหมาะสม (OMC) จากค่า Modulus แล้วเมื่อเราทราบค่าความชื้นซึ่งเมื่อเราได้ค่าความชื้นที่เหมาะสมแล้วเราจะสามารถทำนายถึง ความหนาแน่นที่จุดต่างๆกันได้ด้วย ซึ่งจะสามารถบอกได้เลยว่าเมื่อทราบค่าใดก็ตามเพียง 1 ค่า ก็จะสามารถหาค่าทุกค่าได้โดยไม่

ต้องทำการทดลองวิธีการจะเริ่มจากการทำการบดอัดดินต่างๆชนิดกันและ ค่า Modulus ต่างๆแล้วนำมาเขียนกราฟโดยจะมีค่าตัวแปร R_{m1} ซึ่งนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง R_{m1} กับ $(w-w_{opt})$ ซึ่งค่านี้เป็นกรที่จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความชื้นของแต่ละค่าซึ่งผู้ทำการทดสอบได้ลอง โดยการนำมาหารกันแล้วซึ่งจะได้ค่าที่ไม่แตกต่างกันซึ่งได้ใช้ความสัมพันธ์นี้ทางด้านหนึ่งโดยในทางด้านเปียกจะมีตัวแปรใหม่คือ R_{m2} ซึ่งพอเขียนกราฟทั้ง 2 ด้านก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกันจึงสามารถนำค่าที่ได้จากความสัมพันธ์มาทำหาสมการเพื่อทำนายค่าต่างๆที่จุดต่างๆได้ทั้งหมด

2.5.4 Estimating Optimum Water Content And Maximum Dry Density Weight For Compacted (Blotz et al., 1998)

งานวิจัยนี้เป็นการปฏิบัติการที่จะทำนาย Optimum Water Content และ Maximum Dry Density โดยใช้ Atterberg Limit โดยมีวิธีการว่าเมื่อทราบพลังงานการบดอัดและ Liquid Limit และ Plastic Limit แล้วก็จะสามารถที่จะหาค่าของ Optimum Water Content และ Maximum Dry Density ได้จากการหาความสัมพันธ์ต่างๆของดินตัวอย่างและงานวิจัยที่เป็นที่ยอมรับในอดีตซึ่งได้นำค่ามาตรวจสอบแล้วจึงสามารถหาความสัมพันธ์โดยมีตัวแปร $\alpha, \epsilon, \beta, \delta$ ซึ่งจะทำให้เกิดความสัมพันธ์ต่างและนำค่าที่ได้จากการทดสอบแล้วและค่าจากการทดลองในอดีตที่ได้รับความยอมรับได้เขียนกราฟระหว่าง Optimum Water Content กับ Log Compaction Energy และ Maximum Dry Density กับ Log Compaction Energy ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ที่ Maximum Dry Density กับ Log Compaction Energy นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากกว่าจึงนำค่าที่ได้มาสามารถทำนายค่าของ Maximum Dry Density ได้ใกล้เคียงกว่าซึ่งทำให้การทำนายและทำการตรวจสอบซึ่งก็ได้กราฟที่ใกล้เคียงกัน

2.6 อภิปรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำนายกราฟการบดอัดที่เสนอโดย รุ่งลาวัลย์ ราชัน และสุขสันต์ หอพิบูลสุข (2548) นั้นทำนายได้ในระดับของพลังงานที่ใช้ในการบดอัดที่แตกต่างกันแต่จะใช้เพียงแค่ 4 ระดับพลังงานซึ่งน่าจะน้อยเกินไปจึงทำให้กราฟที่คำนวณได้ซึ่งในงานวิจัยบอกว่าใกล้เคียงมองแล้วมีจุดแตกต่างในบางพลังงานค่อนข้างมากซึ่งทำให้โครงการวิจัยนี้ทำการทดสอบ 6 ระดับพลังงานเพื่อความละเอียดของข้อมูลที่มากกว่า และเพิ่มการทดสอบหาความสัมพันธ์กับค่าซีบีอาร์ (CBR)

งานวิจัยของ Pandian et al. (1997) ใช้ดินตัวอย่างเพียง 3 ดินตัวอย่างและนำเอาค่าที่มีการทดลองในอดีตมาใช้ซึ่งการใช้ ดินตัวอย่างเพียง 3 ตัวอย่างนี้น้อยเกินไป แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นแบบอย่างที่ดีซึ่งกราฟที่ทำนายออกมาได้ค่าที่ใกล้เคียงกับการทดสอบจริง

งานวิจัยของ Li & Selig (1994) สามารถครอบคลุมการหาค่าต่างๆได้ทุกค่าในการซึ่งเพียงเราทราบค่าใดค่าหนึ่งแต่มีข้อสงสัยต่องานวิจัย ซึ่งในกราฟของงานวิจัยนี้ใช้สัดส่วนของ Modulus กับ $w-w_{opt}$ จะทำให้เกิดความแตกต่างของแต่ละจุด และได้มีการอธิบายแล้วว่าเพราะว่า $w-w_{opt}$ นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับ

การเป็นสัดส่วนของ water กับ w_{opt} แต่ถ้การทดสอบที่มีค่าที่ต่างกันมากๆจะทำให้สัดส่วนกับผลต่างกัน จะมีความแตกต่างกันเห็นได้ชัดในกรณีนั้น ไม่ทราบว่าสมการที่ได้จากการวิจัยจะสามารถทำนายได้หรือไม่

งานวิจัยของ Blotz et al. (1998) สามารถทำนายผลการทดสอบได้ใกล้เคียงซึ่งเมื่อเราทราบค่า Atterberg Limit แล้วสามารถทราบค่าต่างๆของการบดอัดได้(Compaction)ได้ซึ่งเป็นแนวทางในการใช้ เพราะการจำแนกประเภทดินนั้น ได้ค่า Atterberg Limit จึงเป็นประโยชน์ต่อการทำการทดสอบ