

Compaction



Standard Proctor Test

ASTM D698

Modified Proctor Test

ASTM D1557

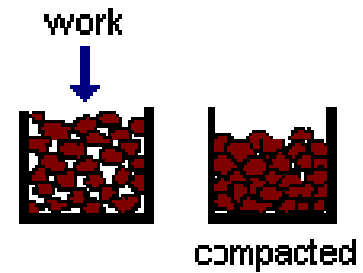
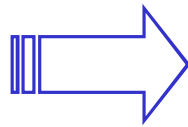
โดย อ.พลช ตั้งฐานทรัพย์

จุดประสงค์ของการบดอัดดิน

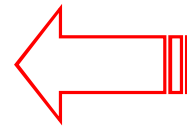
- เพิ่มความหนาแน่น
- เพิ่มกำลังรับแรงเฉือน ทำให้เพิ่มกำลังแบกทาน (**Bearing Capacity**) ของดิน
- เพิ่มโมดูลัสความเค้น-ความเครียด หมายถึง ลดการทรุดตัวทันทีทันใด (**Immediate Settlements**)
- เพิ่ม **Stiffness** ของดิน จึงลดการทรุดตัวในระยะยาว (**Long-term Settlements**)
- ลดช่องว่างระหว่างดิน และการซึมผ่านน้ำ (**Permeability**)

การบดอัดดิน

- บดอัดในห้องปฏิบัติการ
 - Standard Proctor Test
 - Modified Proctor Test

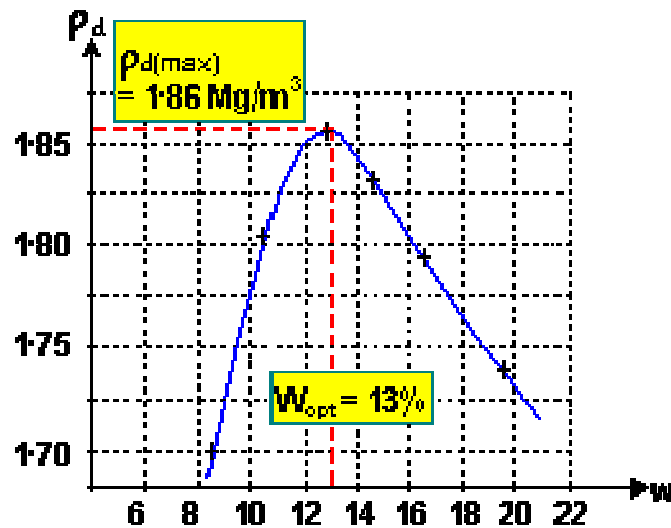


- บดอัดในสนามโดยใช้เครื่องจักร



การทดสอบการบดอัดดินในห้องทดลอง

หาปริมาณน้ำสูงสุด (Optimum moisture content) ที่ทำให้เกิดความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum dry density) ในห้องทดลอง เพื่อกำหนดค่าความหนาแน่นของดินบดอัดในสนาม



การคำนวณ

Total density,

$$r_t = \frac{M}{V}$$

[g/ml = Mg/m³]

Dry density,

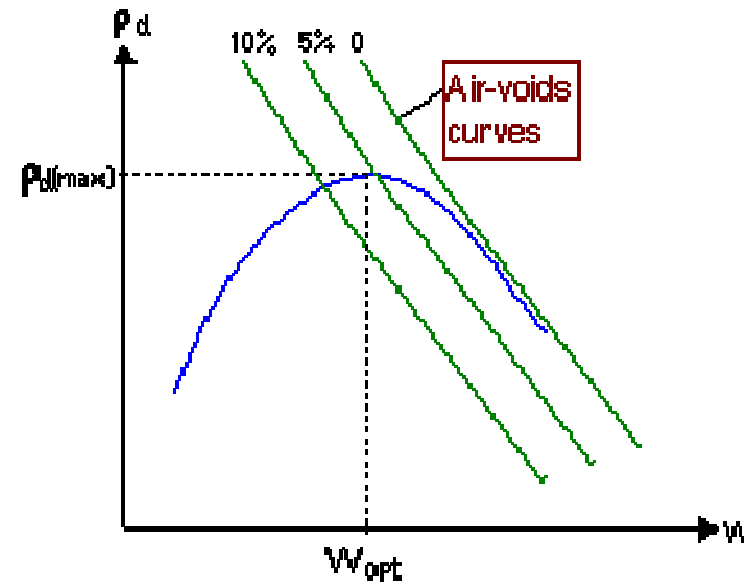
$$r_d = \frac{r_t}{1 + w}$$

[g/ml = Mg/m³]

การคำนวณ (ต่อ)

Air-voids content,

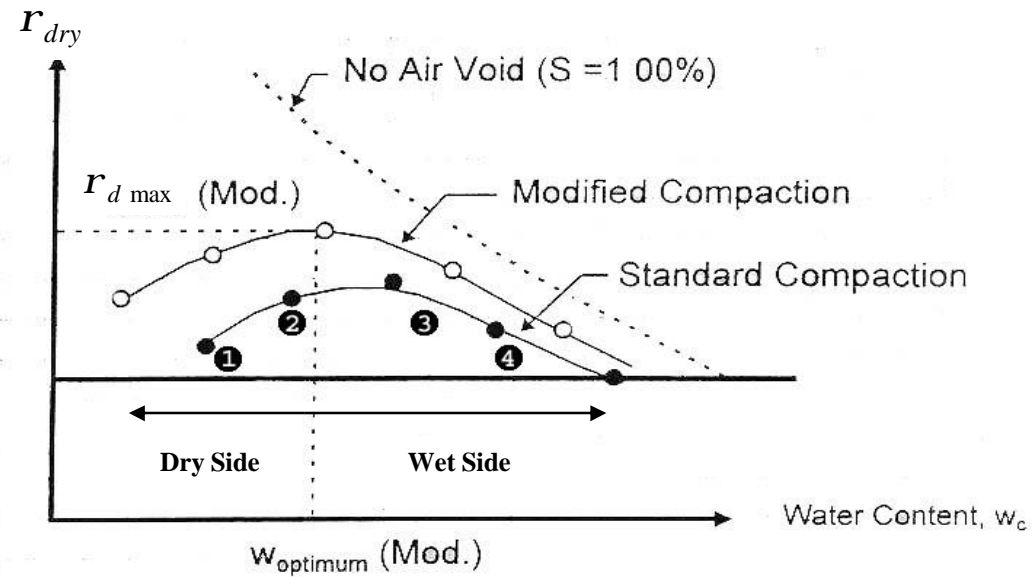
$$A_v = \frac{\text{Volume of air}}{\text{Total volume}}$$



Dry density,

$$r_d = \frac{Gr_w}{1 + wG} (1 - A_v)$$

การทดสอบการบดอัดดินในห้องทดลอง



$$r_d = \frac{G}{1+e} (r_w) = \frac{G}{1 + \left[\frac{wG}{S_r} \right]} r_w$$

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การบดอัดดิน

- ค่าความหนาแน่นแห้ง (Dry Density, r_d)
 - ปริมาณความชื้นในดิน (Moisture Content, w)
 - ผลกระทบเนื่องจากพลังงานบดอัด (Amount of Compaction)
 - ผลกระทบเนื่องจากชนิดของดิน (Soil Type)
- สัมพันธ์กัน
-

ความหนาแน่นแห่งและความชื้นในดิน

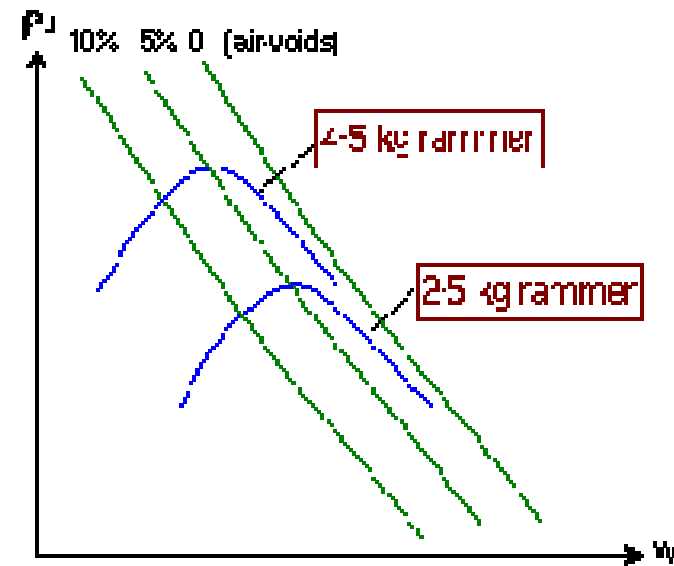
$$r_d = \frac{r_t}{(1 + w)}$$

- การเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นแห่งของดินบดอัด จะขึ้นกับ ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลง

ผลกระทบเนื่องจากพลังงานบดอัด

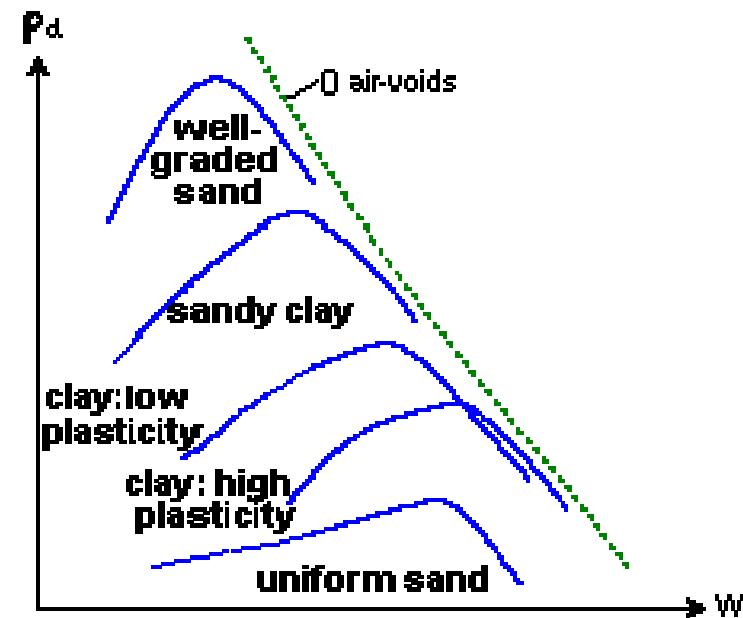
พลังงานบดอัด (**Compactive Effort**) จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้รถบดที่หนักขึ้นสำหรับงานสนาม หรือในห้องทดสอบอาจใช้น้ำหนักก้อนที่มากขึ้น การเพิ่มพลังงานบดอัดจะมีผลดังนี้

- ความหนาแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้น
- ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมลดลง
- ปริมาณช่องว่างอากาศเท่าเดิม



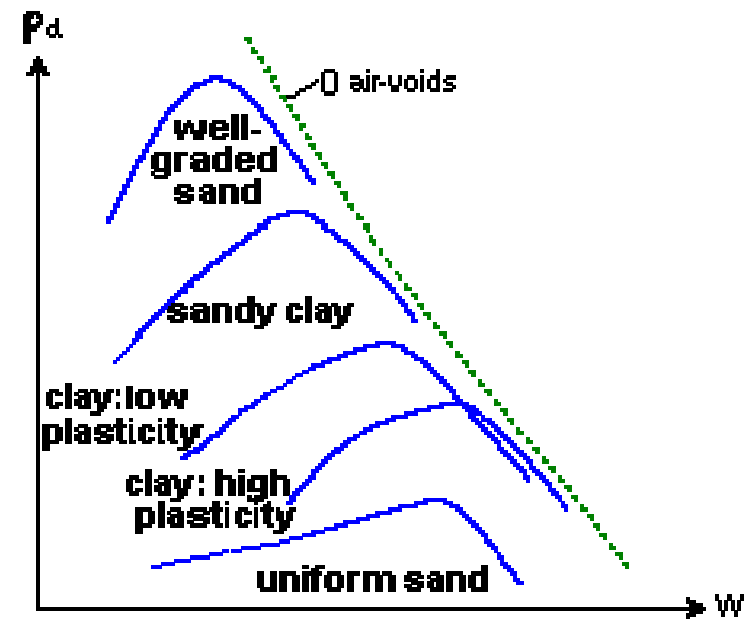
ผลกระทบเนื่องจากชนิดของดิน

- Well-graded granular soils can be compacted to higher densities than uniform or silty soils
- Clays of high plasticity may have water contents over 30% and achieve similar densities (and therefore strengths) to those of lower plasticity with water contents below 20%

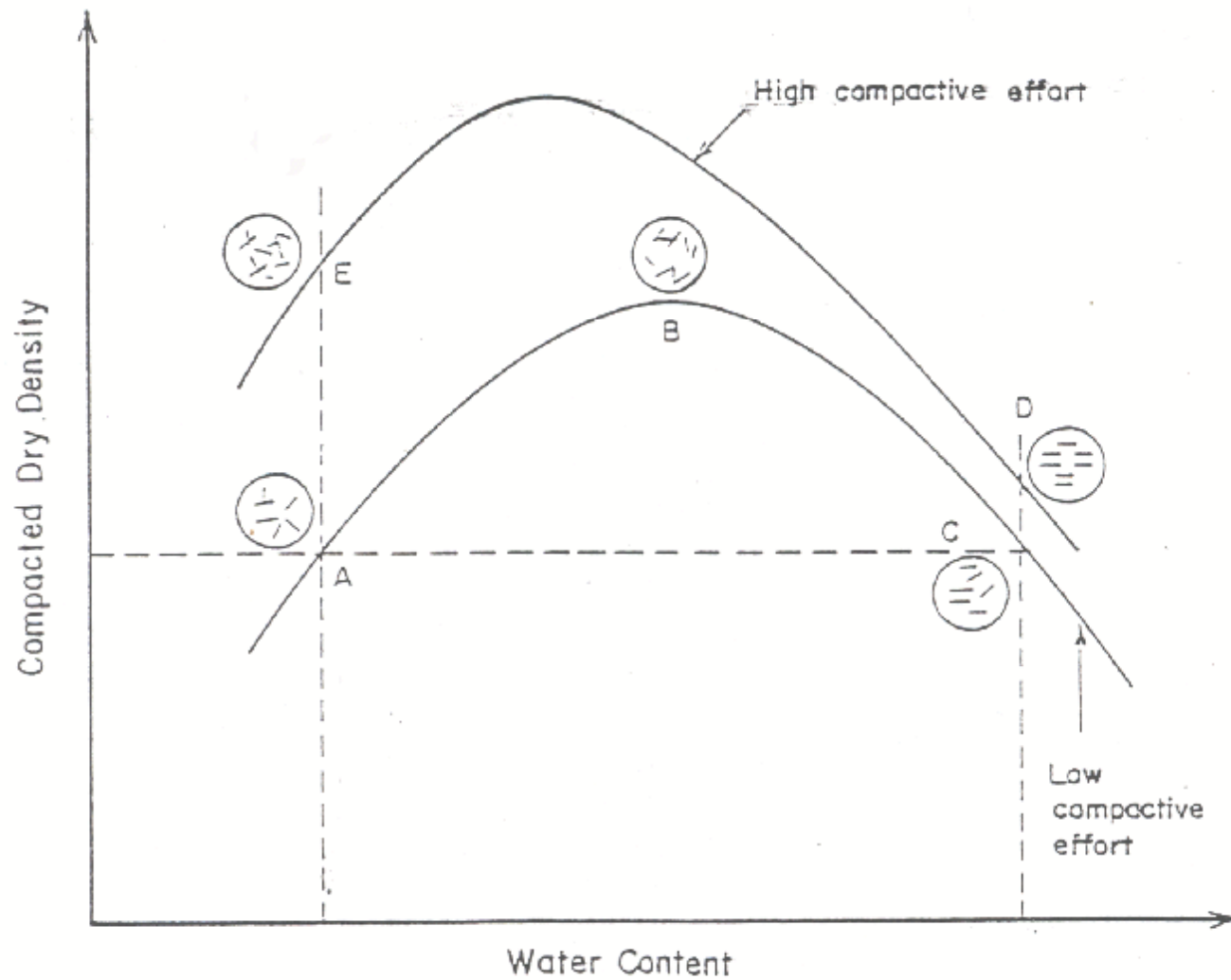


ผลกระทบเนื่องจากชนิดของดิน (ต่อ)

- As the % of fines and the plasticity of a soil increases, the compaction curve becomes flatter and therefore less sensitive to moisture content. Equally, the maximum dry density will be relatively low



ผลกระทบจากการบดอัดที่มีต่อโครงสร้างดินเหนียว

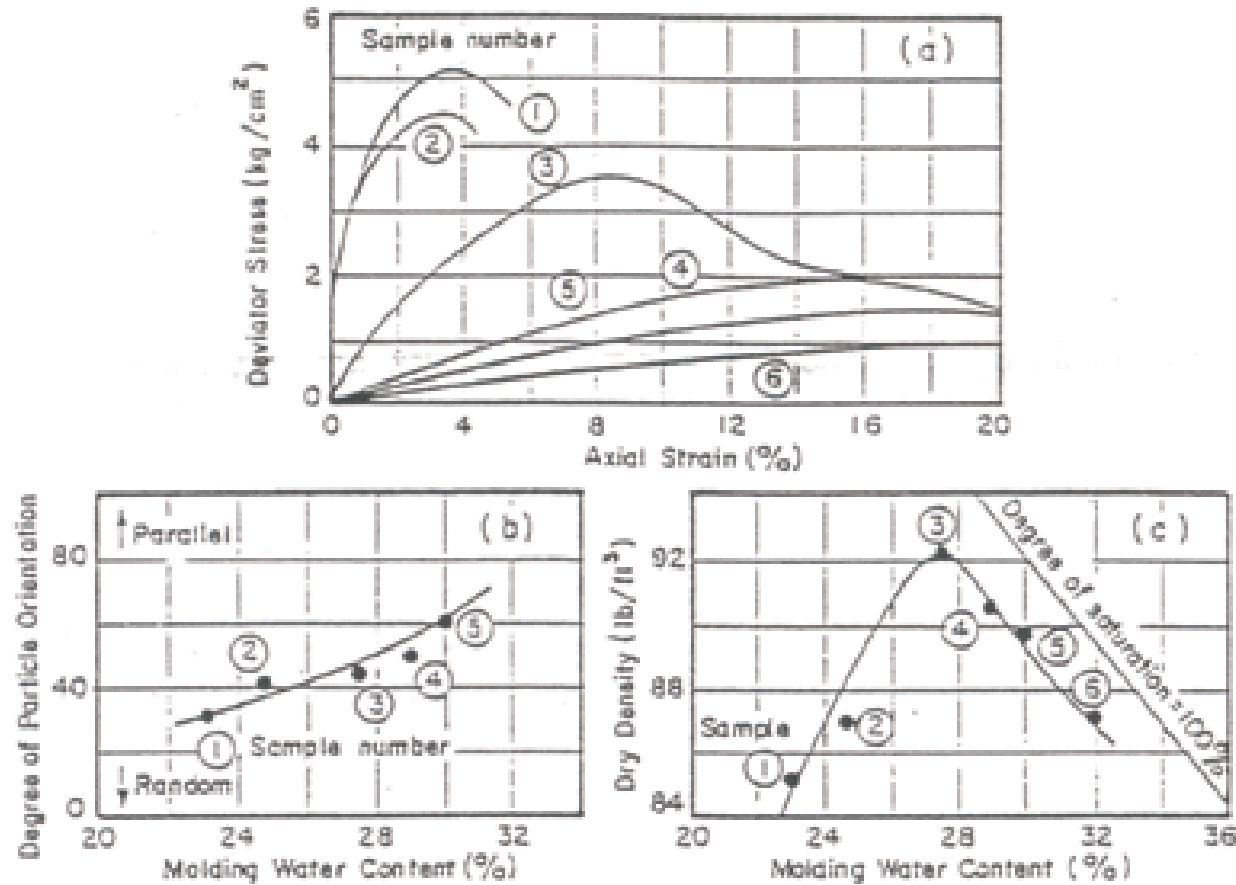


ผลกระทบของการบดอัด ที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียว

- ผลต่อกำลังเฉือน (**Strength**) ของดินเหนียว
- ผลต่อการยุบอัดตัว (**Compressibility**) ของดินเหนียว
- ผลต่อความสามารถในการซึมผ่าน (**Permeability**) ของดินเหนียว
- ผลต่อการดูดซับน้ำ (**Water Absorption**) ของดินเหนียว

ผลกระทบของการบดอัด

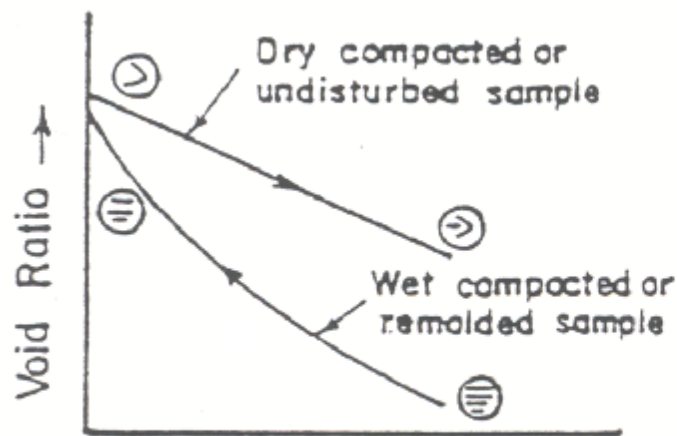
ที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียว (ต่อ)



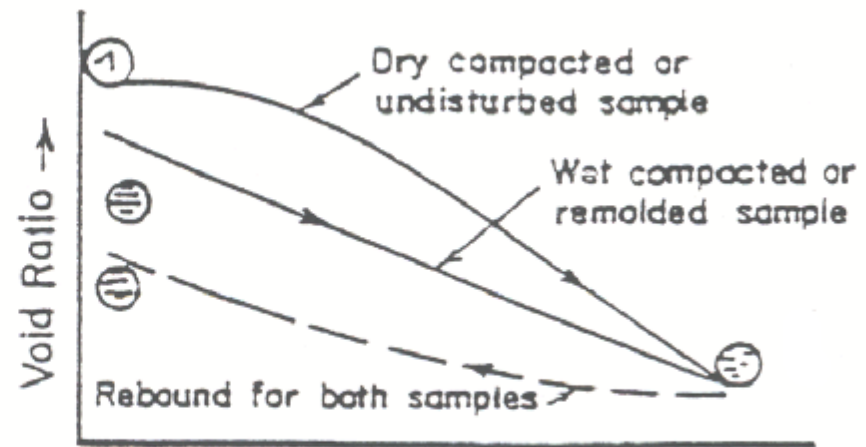
ผลต่อกำลังเหนือน (Strength) ของดินเหนียว

ผลกระทบของการบดอัด

ที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียว (ต่อ)



(a) Stress, Natural Scale →

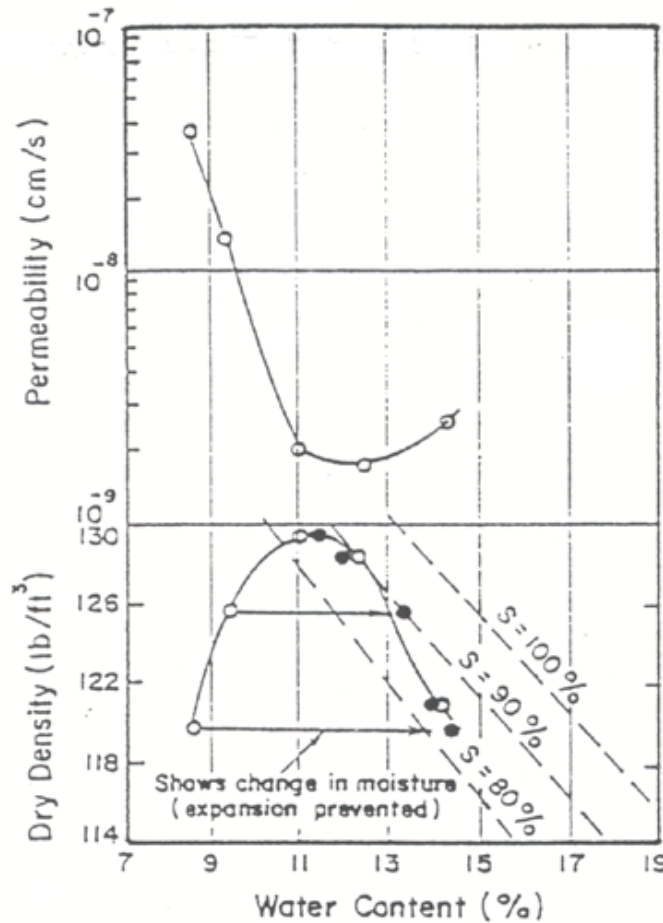


(b) Stress, Log Scale →

ผลต่อการยุบอัดตัว (Compressibility) ของดินเหนียว

ผลกระทบของการบดอัด

ที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียว (ต่อ)

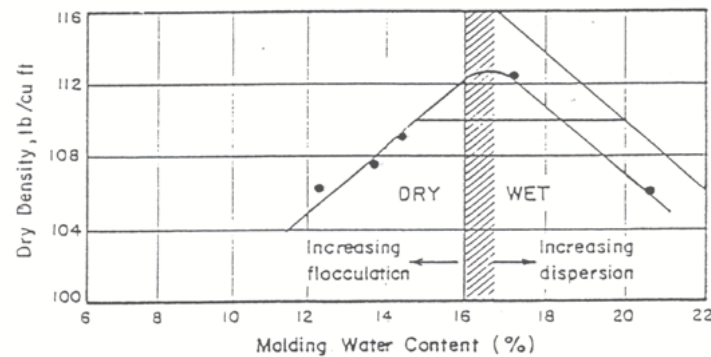
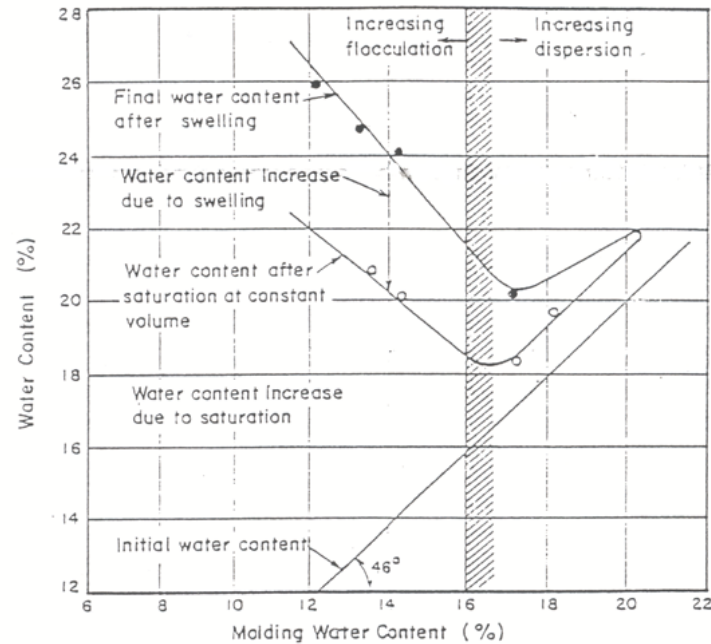


ผลต่อความสามารถในการซึมผ่าน (**Permeability**) ของดินเหนียว

ผลกระทบของการบดอัด

ที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียว (ต่อ)

ผลต่อการดูดซับ
น้ำ (Water
Absorption) ของ
ดินเหนียว



การบดอัดดินในสนาม

เป็นขั้นตอนหนึ่งในการก่อสร้างพื้นทาง เขื่อนดิน คันดินถม
ในบางกรณีอาจใช้บดอัดดินถมเพื่อปรับระดับพื้นที่ก่อสร้าง

- บดอัดดินเป็นชั้นๆ หนาประมาณชั้นละ 75-450 มม.
- แต่ละชั้นบดอัดตามมาตรฐาน โดยใช้รถบด หรือเครื่องสั่นสะเทือน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบดอัดดิน

ประกอบไปด้วย

- ประเภทและชนิดของดิน เช่น ดินทราย หรือดินเหนียว ขนาดละเอียดและพลาสติกซีตี้ของดิน
- ปริมาณความชื้นในขณะที่ยบดอัดดิน
- สภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง เช่น อากาศ ประเภทของงาน ความหนาของชั้นดินที่ยบดอัด
- กำลังในการบดอัด (น้ำหนัก จำนวนรอบบดอัด)

ประเภทของเครื่องจักร



• Smooth Wheel Rollers



• Pneumatic Tire Rollers



• Sheepsfoot Rollers



• Vibratory Rollers

รายละเอียดของเครื่องจักร



- ล้อบดเหล็กหนัก 2-20 tonnes
- เหมาะสำหรับดินประเภท Well-graded sands และ Gravels silts และ Clays of low plasticity
- ไม่เหมาะกับ Uniform sands, silty sands, soft clays



- น้ำหนักประมาณ 5-8 tonnes
- เหมาะสำหรับ Fine grained soils, sand, gravels with > 20% fines
- ไม่เหมาะกับ Very coarse soils, uniform gravels

รายละเอียดของเครื่องจักร (ต่อ)



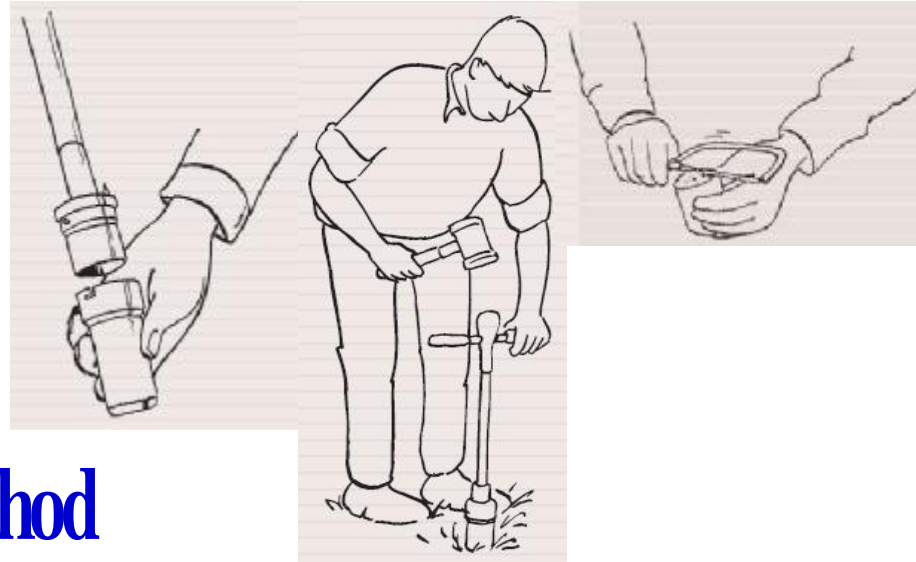
- ล้อหน้าและหลังเรียงสลับกัน เพื่อบดอัดได้เต็มพื้นที่
- ถ่วงน้ำหนักให้ได้ประมาณ 12-40 tonnes
- เหมาะทั้งกับดินเม็ดหยาบ และดินเม็ดละเอียด
- ไม่เหมาะกับ Very soft clay



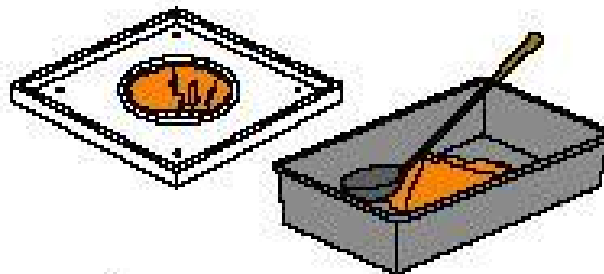
- เหมาะกับดินเม็ดหยาบ

การวัดความหนาแน่นของดินในสนาม

- Core Cutter Method



- Sand Replacement Method

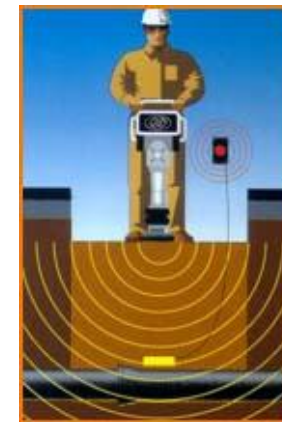
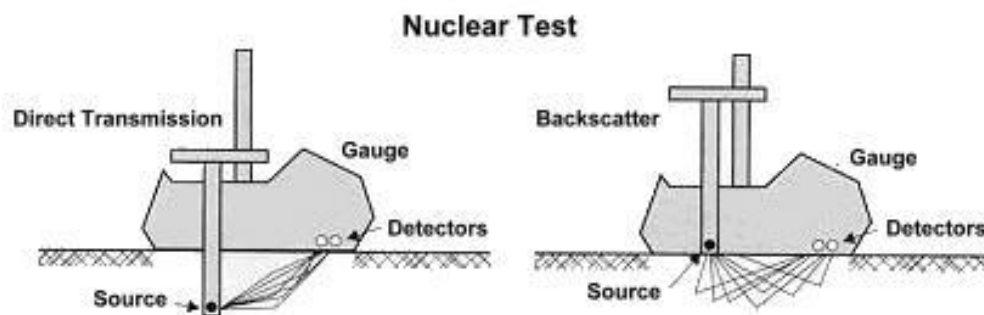


การวัดความหนาแน่นของดินในสนาม (ต่อ)



- Rubber-Balloon Method

- Nuclear Moisture-Density Method



เกณฑ์กำหนดและการควบคุมคุณภาพ

ค่าร้อยละการบดอัดในสนามขึ้นกับปัจจัยเหล่านี้

- พลังงานบดอัด : ชนิดของเครื่องจักร + จำนวนรอบบดอัด
- ปริมาณความชื้น : เพิ่มปริมาณน้ำหากดินแห้งเกินไป
- ชนิดของดิน : Higher densities with well-graded soils; fine soils have higher water contents

*****End-result specifications require predictable conditions*****

การควบคุมการบดอัด

$$\text{Relative compaction, RC} = \frac{r_{d(\text{field})}}{r_{d_{\max}(\text{lab})}} \times 100$$

Standard Proctor
Modified Proctor

กำหนดเป็นร้อยละการบดอัดต่อมาตรฐานการบดอัด เช่น

- งานบดอัดดินถม บดอัดให้ได้ไม่ต่ำกว่า 90% Standard Proctor
- งานบดอัดชั้นรองพื้นทาง (Sub Base) งานถนน บดอัดให้ได้ไม่ต่ำกว่า 95% Modified Proctor

ภาพการทดสอบความแน่นของดินในสนาม
โดยวิธี Sand Cone





