บทที่ 3 การออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน(Slab On Grade)

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

การออกแบบแผ่นพื้นวางบนดินที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ หมายความถึงเฉพาะ "แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่วางบน Support ที่เป็นดินอัดแน่น" เท่านั้น(ไม่รวมถึงแผ่นพื้นที่วาง บนเสาเข็ม และ อื่นๆ) ซึ่งจะเป็นการออกแบบโดยประมาณ และอาจกล่าวได้ว่าค่อนข้างใช้กันอย่างกว้างขวาง ในหมู่วิศวกรโยธาในบ้านเรา(รวมไปถึงประเภทที่ชอบกะเอาแบบไม่มีหลักเกณฑ์)

การที่จะออกแบบให้ละเอียดนั้น ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อนเพราะพฤติกรรมจริงๆของแผ่นพื้นวางบนดินจะเป็น"Plate วางบน Support ที่เป็น Spring หรือ Beams On Elastic Foundation" ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวหากต้องการผลเฉลยที่ค่อนข้างถูกต้องและละเอียด(ขึ้นอยู่กับการ Model ด้วยว่าใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด) มักนิยมวิเคราะห์โดยวิธี "Finite Elements(FEM.)"

ในที่นี้จะกล่าวถึงใน ❸ วิธีคือ

① อิงตามวิธีการออกแบบถนน คสล. ของ PCA.(1966)

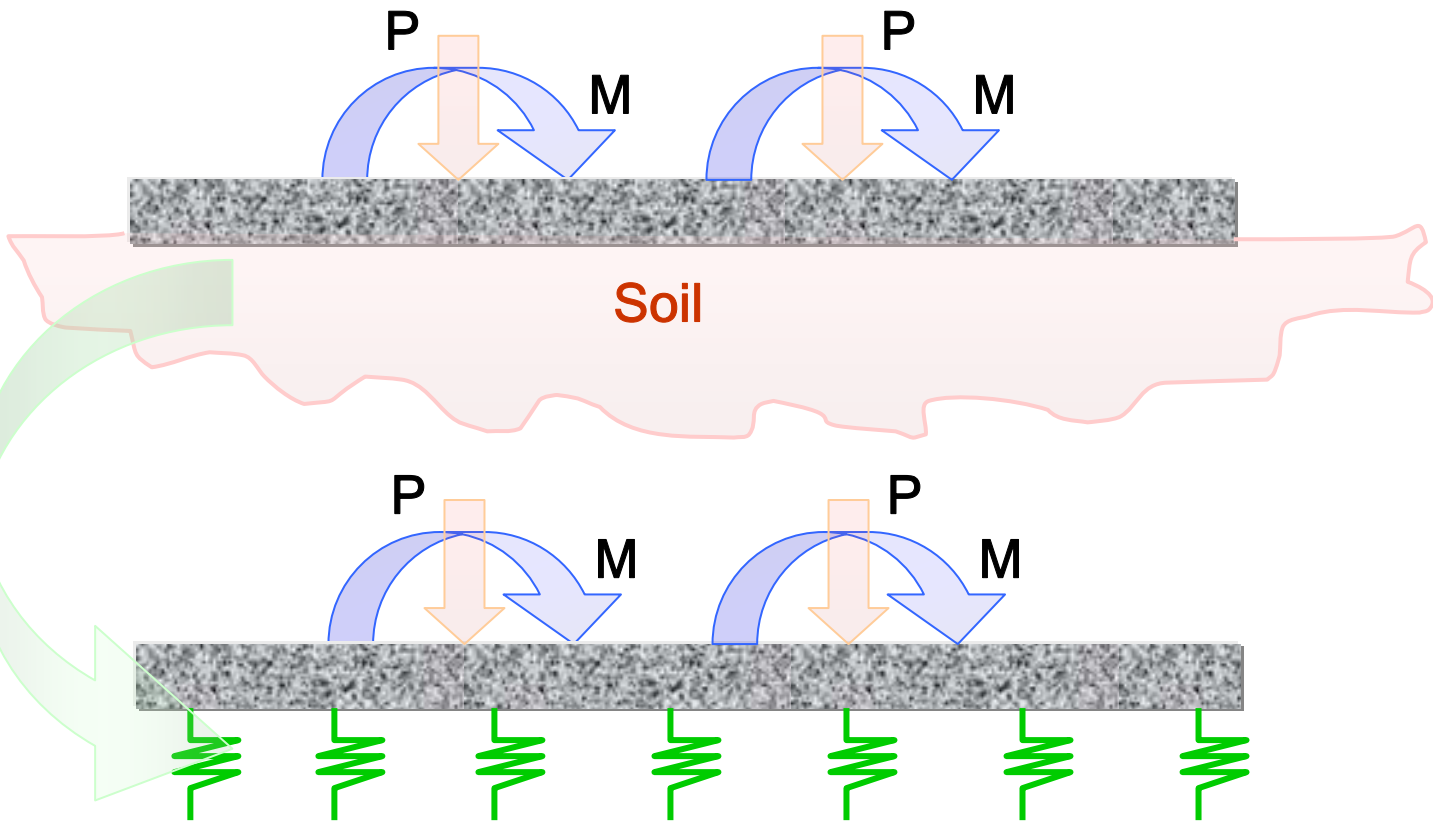
② อิงผลงานวิจัยและเผยแพร่ตาม Code TI 809-02(1999)

③ อิงตามวิธีของออสเตรเลีย : SFB(23) Eq.4 UDC 69.025.1 Jan. 1976

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีโยธาก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Soil modeled as springs in the solution of beam on elastic foundation



Ks = base on soil properties = kb*A ; kg./m.

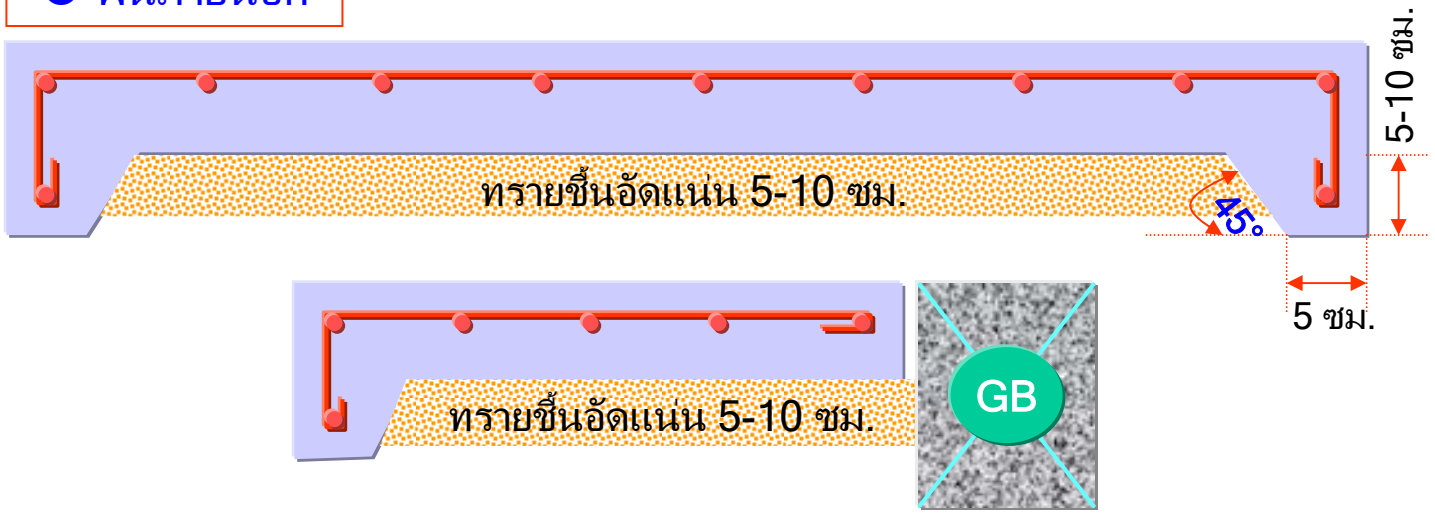
บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

โปรแกรมนี้ยกเลิกใช้ในโลกยุคใหม่ แต่ยังมีประโยชน์ในการเรียนรู้

ลักษณะของแผ่นพื้นวางบนดิน

❶ พื้นภายใน

❷ พื้นภายนอก



บทที่ 3 การออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน(Slab On Grade)

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบ

❶ ออกแบบโดยอ้างอิงวิธีของ Portland Cement Association(1966)

① ซึ่งการออกแบบตามวิธีดังกล่าวต้องอาศัย Design Chart โดย Design Chart มีอยู่ 2 ส่วนคือ(PCA. ใช้หนาต่ำสุด 10 cm.)

- Design Chart สำหรับรถประเภทน้ำหนักเพลาเดี่ยว
- Design Chart สำหรับรถประเภทน้ำหนักเพลาคู่

② ข้อมูลการออกแบบที่จะต้องทราบก่อน ก่อนที่จะไปใช้ Design Chart

☑ค่าโมดูลัสการต้านแรงของดิน(k) : PCA. ใช้ 100 Pci.

ชนิดของดินที่ใช้เป็น Subgrade	K(ปอนด์ / ลูกบาศก์นิ้ว ; Pci.)
ดินเหนียว(Plastic Clay)	50 - 100
ดินเหนียว(Silt and Silty Clay)	100 - 200
ทราย , ดินผสมกรวด(Sands , Clayey Gravels)	200 - 300
กรวด(Gravel)	300 ขึ้นไป
1 ปอนด์ / ลูกบาศก์นิ้ว = 27.68 กรัม / ลูกบาศก์เซ็นติเมตร หรือเท่ากับ 27,680 กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร	

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีแห่งอาณาจักร

☑หน่วยแรงดัดที่ยอมให้(Stress) : PCA. ใช้ 350 Psi.(24.61 ksc.)

Flexural Tensile Stress = โมดูลัสการแตกหัก(MR) / FS.

∴ Stress = [7.5√fc'] / 2.0 ; Psi.

วิศวกรไทยบางคนใช้ 0.85*(0.25fc'); ksc.

MR = ควรมีค่าประมาณ 650-700 Psi.

[1ksc. = 14.223 Psi.(โดยประมาณ)]

☑น้ำหนักที่กระทำ(Load) : PCA. เผื่อ Impact Loadไว้ 20 %

-น้ำหนักเพลาเดี่ยวใช้ต่ำสุด 10 kips. = 4.536 mton

-น้ำหนักเพลาคู่ใช้ต่ำสุด 20 kips. = 9.072 mton

[1 mton. = 2.2045 kip.(โดยประมาณ)]

-ที่จอดรถยนต์ & รถจักรยานยนต์ เทศบัญญัติ กทม. ใช้ 400 ksm.(~10 kips)

-ที่จอดรถยนต์บรรทุกเปล่า เทศบัญญัติ กทม. ใช้ 800 ksm.(~15 kips)

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีแห่งอาณาจักร

③ปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ - การจัดวาง และ รอยต่อ(Joint)

➲ ปริมาณเหล็กเสริม : ในแผ่นพื้นวางบนดินเราใช้เหล็กเสริมเพื่อ

1.ป้องกันการแตกร้าวในแผ่นคอนกรีต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง (ความแตกต่าง)ของอุณหภูมิระหว่างผิวด้านบนและผิวด้านล่าง

2.ช่วยลดการแอ่นตัวของแผ่นพื้น

3.ช่วยลดรอยต่อของแผ่นคอนกรีต

4.เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของแผ่นพื้น

$$A_{ST} = [1.5*L*W]/[2*fs]$$

$$A_{ST} = [1.5*L*(2{,}400*t_{(m.)})]/[2*fs]$$

$$\therefore A_{ST} = [1{,}800*L_{(m.)}*t_{(m.)}]/fs_{(ksc.)} \text{ ; } cm.^2/m.$$

เมื่อ L or S = ความยาวด้านที่ต้องการวางเหล็กตั้งฉาก

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีแห่งอาณาจักร

➲ การจัด-วาง เหล็กเสริม

1.ให้วางห่างจากผิวบนสุด 3-5 ซม. ≤ t/2 ซม.

2.ระยะห่างระหว่างเส้น ≤ $3*t_{(cm.)}$ ≤ 30 ซม. (เนื่องจากบ้านเราร้อน)

➲ รอยต่อเพื่อการหดตัว(Contraction Joint)

1.ความยาวของพื้นสูงสุดไม่ควรเกิน 8-9 m. ทั้งนี้มีเพื่อเป็นการควบคุมหรือบังคับให้แผ่นพื้นเกิดการแตกร้าวตรงจุดที่ต้องการ

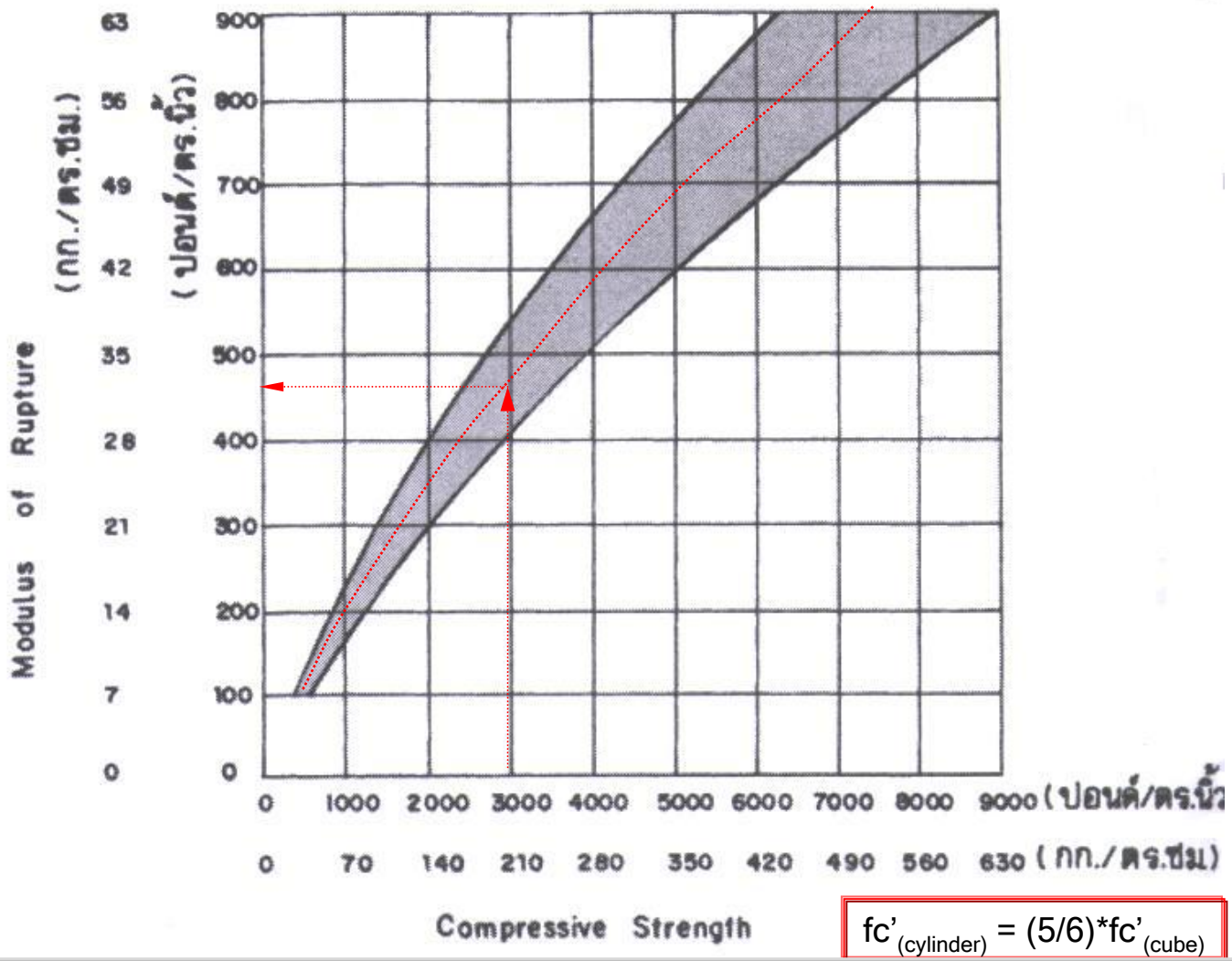
2.ให้เซาะร่องระหว่างแผ่น(ตัดจุดต่อ)กว้าง 1.9 - 2.5 cm. และลึก t/4 cm. แล้วยาแนวด้วย Sealing Compound ตลอดแนว

รอยต่อเพื่อการขยายตัว(Expansion Joint) มีไว้เพื่อป้องกันความเสียหายของถนน(แผ่นพื้น)จากการขยายและหดตัวของคอนกรีต ซึ่งระยะห่างของ Joint ดังกล่าวสามารถหาได้จาก [$\Delta L = \alpha L \Delta t$] เมื่อ ΔL = 1.9-2.5 cm. , α = $7.5\text{-}12*10^{-6}/c°$, Δt = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดตลอดช่วงอายุของการใช้งาน(c°) หรืออาจกำหนดให้มีในทุกช่วง 40 m. เลยก็ได้(หากไม่มีการคำนวณ)...ปัจจุบัน(2544)ในอเมริกาเลิกใช้แล้ว...!

บทที่ 3 การออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน(Slab On Grade)

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

รูปที่ ① กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า fc' & MR ของ PCA.

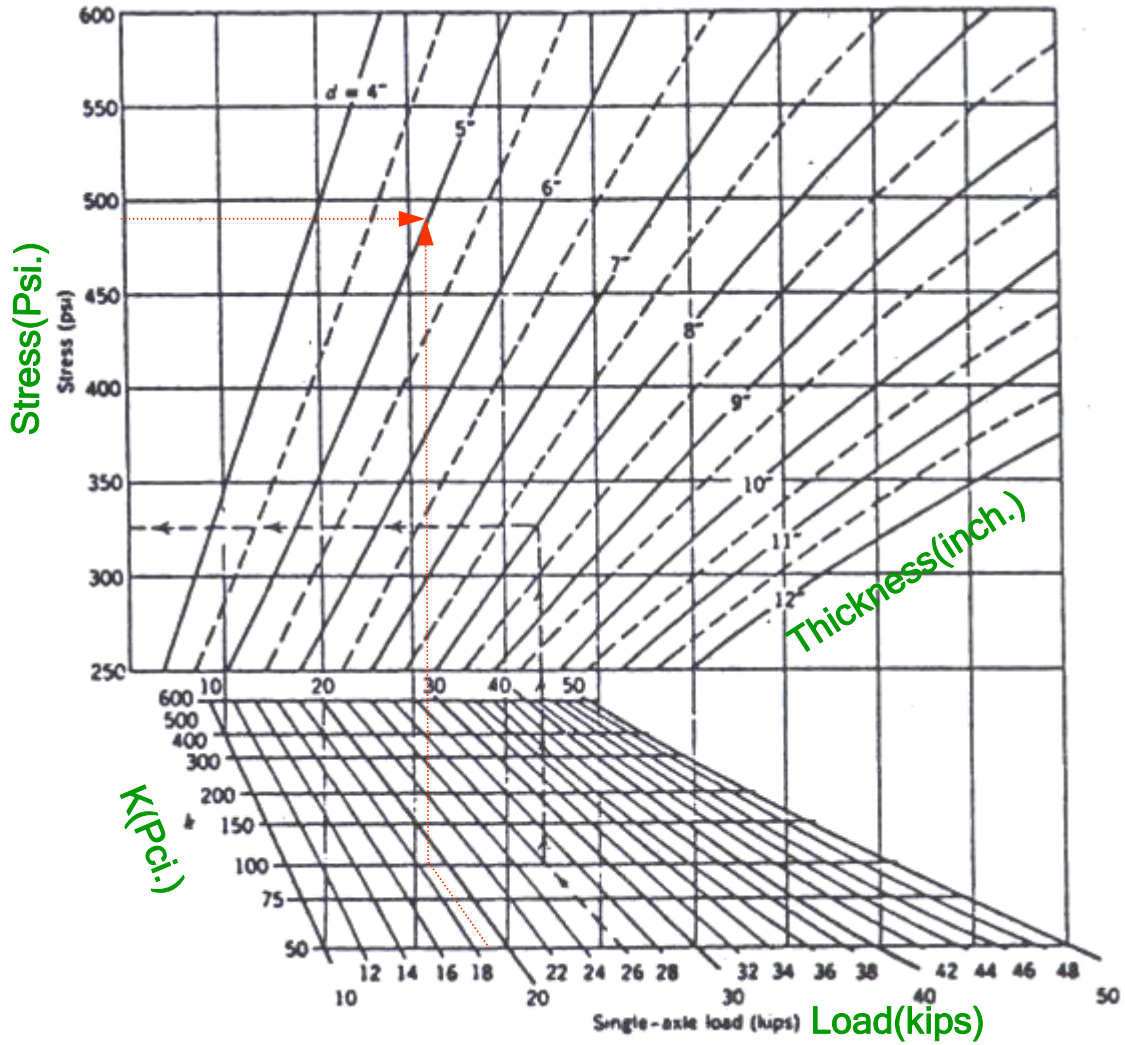


$$fc'_{(cylinder)} = (5/6)*fc'_{(cube)}$$

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รูปที่② Design Chart : สำหรับรถน้ำหนักเพลาเดี่ยว



บทที่ 3 การออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน(Slab On Grade)

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

รูปที่ ③ Design Chart : สำหรับรถน้ำหนักเพลาคู่

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

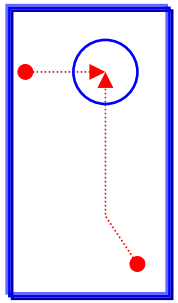
โปรแกรมนี้ยังไม่สมบูรณ์ ยังมีข้อผิดพลาดอีกมาก ผู้เขียนไม่รับผิดชอบใดๆ ทั้งสิ้น

④ขั้นตอนการออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน(รวมถึงถนนด้วย)

☑ในการออกแบบมักนิยมใช้ Design Chart ของรถน้ำหนักเพลาเดี่ยว

1.หาน้ำหนักที่มากระทำต่อแผ่นพื้นทั้งหมด แล้วให้คิดเป็นน้ำหนักกดของล้อ(ทำ Uniform Load ให้เป็น Point Load)

เบื้องต้นแนะนำ100-150 Pci.



2.เลือกใช้ค่า Modulus of Subgrade Reaction(k) ของดินที่นำมาทำการบดอัดเพื่อรองรับแผ่นพื้น ตามชนิดของดินที่เลือกใช้...ดูในหัวข้อที่ ②

3.กำหนดหรือเลือกออกแบบค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต(fc') จากนั้นนำไปหาค่า MR , Stress...ดูในหัวข้อที่ ② และ รูปที่ ①

4.ใช้ Design Chart โดยเริ่มจากลากเส้นขนานแกนน้ำหนักล้อ ไปตัดกับแกนของค่า k จากนั้นหักเส้นให้ขนานกับแนวดิ่ง แล้วลากเส้นต่อเนื่องให้ขนานกับแนวดิ่งไปตัดกับเส้นที่ลากในแนวนอนจากแกนของ Stress จุดที่ 2 เส้นตัดกันจะเป็น "ค่าความหนา" ที่ต้องการซึ่งต้อง ≥ 10 ซม.

5.คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมกันร้าวที่ต้องการ จัดเรียงเหล็กเสริมและการตัด Joint...ดูในหัวข้อที่ ③

ข้อสังเกต :

⦸ ในการออกแบบโดยอ้างอิงจาก PCA. ความหนาของแผ่นพื้น(ถนน) ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำหนักกดจากล้อโดยแท้จริง จาก Chart จะเห็นว่าที่ Load คงที่ที่ค่าหนึ่งๆความหนาจะเปลี่ยนแปลงตามค่า k และ Stress เป็นสำคัญ (PCA. สร้าง Chart โดยใช้ค่า k = 100 Pci. ซึ่งเทียบได้กับดิน CL,CH,CM และ ML , ใช้ค่า MR = 700 Psi. , FS. = 2(จริงๆจะอยู่ในช่วง 1.7-2.0) , ใช้ค่าต่ำสุดของ fc' ≈ 300 ksc. และ Load = 4.536 mton(เมตริกตัน)

❷ ออกแบบโดยอ้างอิงผลงานวิจัยและเผยแพร่ตาม Code TI 809-02(Sept.,1999)

① Code ดังกล่าวใช้สำหรับออกแบบ "Slabs On Grade" โดยได้อาศัย "ACI. Committee 302 Report" ในส่วนของ "Guide to Concrete Floor and Slab Construction" เป็น guidelines ซึ่งตาม Code ดังกล่าวได้ใช้ค่า k = 100 Pci.(2.75 kg./cm.^{3}) เพื่อกำหนดหรือหาความสัมพันธระหว่าง "ความหนา และน้ำหนักบรรทุกจร" ซึ่งได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

โปรแกรมนี้ยังไม่สมบูรณ์ ยังมีข้อผิดพลาดอีกมากมาย

บทที่ 3 การออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน(Slab On Grade)

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบ

TI. 809-02(1 September 1999) "Slabs On Grade"	
ความหนาของแผ่นพื้น	น้ำหนักบรรทุกจรสูงสุดที่รับได้
100 mm.(4")	7 Kpa.(150 psf.) ≈ 700 ksm.
150 mm.(5")	12 Kpa.(250 psf.) ≈ 1,200 ksm.
200 mm.(6")	20 Kpa.(400 psf.) ≈ 2,000 ksm.

② ส่วนเหล็กเสริมกันร้าว ให้ใช้ไม่น้อยกว่า "$0.0015*b_{(cm.)}*t_{(cm.)}$" ทั้งทางด้านสั้นและด้านยาว และให้วางห่างจากผิวบนลงมาประมาณ 40 mm.(1.5") ส่วน ระยะห่างระหว่างเส้น ≤ $3*t_{(cm.)}$ ≤ 35 ซม.

③ ส่วนรอยต่อก็ใช้เหมือนกับ PCA.(ดังที่กล่าวมาแล้ว)

④ ขั้นตอนการออกแบบ

1.หาน้ำหนักที่กระทำทั้งหมด จากนั้นก็ไปเลือกความหนาจากตาราง

2.จากนั้นก็มาออกแบบเหล็กเสริมกันร้าวซึ่งต้อง ≥ $0.0015*b_{(cm.)}*t_{(cm.)}$ ระยะเรียงต้อง ≤ $3*t_{(cm.)}$ ≤ 35 ซม.

❸ ออกแบบโดยวิธีของออสเตรเลีย : SFB(23) Eq.4 UDC 69.025.1 Jan. 1976

ซึ่งมาตรฐานการออกแบบดังกล่าว ใช้สำหรับ “Slab-On-Ground Floors”โดยเฉพาะ กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

① ดินที่รองรับแผ่นพื้นหรือดินถมจะต้องบดอัดให้แน่น

② รองพื้นทรายอัดแน่นหนา 7.5 ซม. ก่อนเทคอนกรีตแผ่นพื้น

③ ใช้กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต fc’ = 20 Mpa. ≈ 200 ksc.

④ ใช้แผ่นพื้นหนา 10 ซม.

⑤ เหล็กเสริมใช้ ∅ 10 มม. ระยะห่างระหว่างเส้นไม่เกิน 30 ซม. และวางต่ำจากผิวบนลงมาไม่เกิน t/2 ซม.

โปรแกรมนี้ยังไม่สมบูรณ์ ยังมีข้อผิดพลาดอีกมาก ผู้ใช้ควรตรวจสอบก่อนนำไปใช้งานจริง

โปรแกรมนี้ยังอยู่ในขั้นทดลองใช้ ยังมีข้อผิดพลาดอยู่อีกมาก

กล่าวโดยสรุป : ตามความเห็นส่วนตัวของผู้เขียนเอง ดังนี้

ในการออกแบบแผ่นพื้นวางบนดิน ไม่ว่าจะเป็นพื้นวางบนดินของอาคารที่พักอยู่อาศัย(พื้นชั้นล่าง) ที่จอดรถ(จักรยานยนต์ , รถยนต์ส่วนบุคคล)ทั้งนี้ไม่รวมถึงลานจอดรถสาธารณะตามหน่วยงาน หรือสถานให้บริการหรือประกอบการต่างๆ รวมถึงสนามกีฬา ตามมาตรฐานต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถออกแบบแผ่นพื้นวางบนดินที่ “ความหนา 10 ซม.(ไม่แนะนำให้ใช้ที่ความหนาต่ำกว่า 10 ซม.)” และ “ปริมาณเหล็กเสริมกันร้าวไม่น้อยกว่า $0.0015*b_{(cm.)}*t_{(cm.)}$ ซม.^{2}/ม. [หรืออาจใช้ตามความเคยชินคือ $0.0025*b_{(cm.)}*t_{(cm.)}$ ซม.^{2}/ม. ก็ได้]” ได้โดยไม่น่ามีปัญหาแต่ต้องอยู่ในเงื่อนไขคือ

1. Ultimate Compressive Strength(fc’) ≥ 145 ksc.(ค1)
2. ดิน Subgrade เป็นดินทั่วๆไปที่ไม่ใช่ดินเหนียว(อาจมีดินเหนียวเป็นส่วนผสมได้บ้างแต่ต้องไม่มากจนเกินไป) บดอัดแน่นพอสมควร-ไม่บวม
3. ความยาว(กว้าง)ไม่ควรเกิน 8 - 9 ม./แผ่น
4. เซาะร่องกว้าง 2 - 2.5 ซม. แล้วยาแนวด้วยด้วย “ยางมะตอยผสมทราย หรือ แผ่นโฟม”