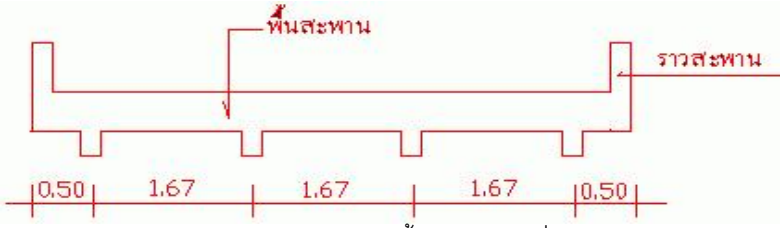
การออกแบบสะพาน(Bridge Design)รูปแบบสะพานสามารถแบ่งออกได้โดยทั่วไป ดังนี้

1.แบบคาน (Beam Bridge)

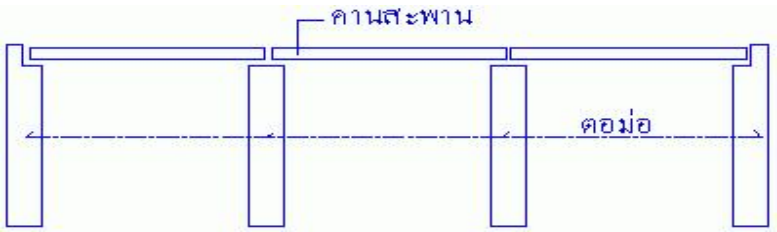


โครงสร้างหลักของสะพานแบบนี้ คือ ตัวคาน ซึ่งอาศัยคุณสมบัติการรับแรงดัดของวัสดุเป็นแรงต้านทางในการรับน้ำหนักพื้นสะพานจะถ่ายแรงสู่คานก่อนแล้วจึงถ่ายลงตอม่อ.

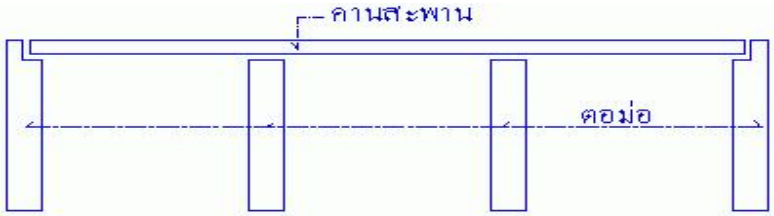
รูปตัดสะพานแบบคาน

สะพานแบบคานนี้อาจแบ่งตามพฤติกรรมของโครงสร้างได้อีกดังนี้

1.1 Simple Span ช่วงเดียวหรือหลายช่วง

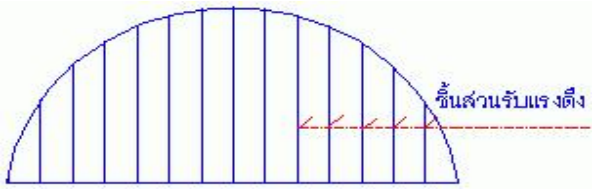


ในกรณีสะพานที่เป็น Simple Span หลายช่วง คานรับพื้นสะพาน จะแยกขาดออกจากกัน และคานในแต่ละช่วงจะไม่ถ่ายหน่วยแรง (Stress) ผ่านกันและกัน.



1.2 Continuous Span คานในแต่ละช่วงจะยึดติดกัน และถ่ายหน่วยแรง (Stress) ผ่านกันและกัน.

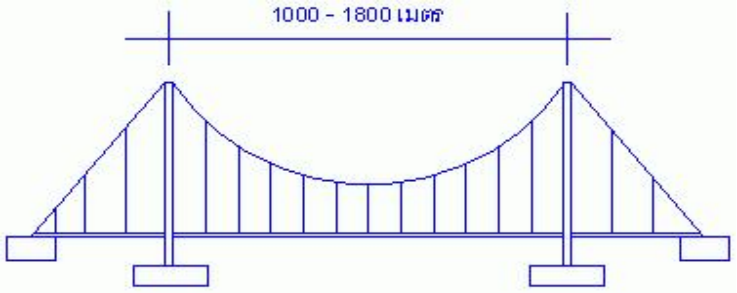
.2. แบบโค้ง (Arch Bridge)



หลักการกว้าง ๆ ของสะพานแบบ Arch คือ การอาศัยแรงอัด หรือแรงกดของวัสดุเป็นแรงต้านทาง ในการรับน้ำหนัก โดยจะถือเสมือนว่าน้ำหนักพื้นสะพาน น้ำหนักรถและน้ำหนักอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องแขวนอยู่กับโครงสร้างส่วนที่โค้ง สิ่งสำคัญของการออกแบบโครงสร้างชนิดนี้ ต้องมีฐานรองรับArch ที่มั่นคง แข็งแรงไม่เลื่อนไหลไปในทางใด ๆ.

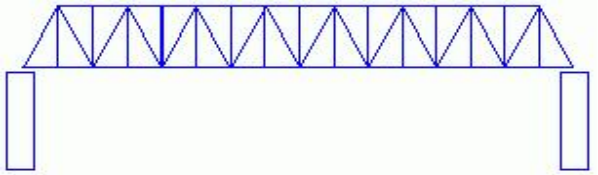
.3. **แบบแขวน** (Suspension Bridge)

เป็นสะพานที่ใช้กันมาตั้งแต่โบราณ กล่าวกันว่า ชาวจีนรู้จักการทำสะพานชนิดนี้มาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ โดยใช้เถาวัลย์หรือหนังสัตว์โยงข้ามระหว่างสองฝั่งแม่น้ำ โดยยึดปลายทั้งสองข้างไว้กับเสาหรือต้นไม้



สะพานแขวนมีความเหมาะสมที่จะใช้กับสะพานที่มีช่วงความยาวมากเป็นพิเศษ และต้องการความสวยงาม.

.4. **แบบโครงข้อหมุนหรือโครงถัก** (Truss Bridge)



โครงสร้าง Truss ประกอบด้วยชิ้นส่วนเป็นจำนวนมาก บางชิ้นส่วนจะรับแรงอัด บางชิ้นส่วนจะรับแรงดึง บางชิ้นส่วนอาจจะต้องรับทั้งแรงอัดและแรงดึง วัสดุที่จะนำมาใช้จึงต้องสามารถรับทั้งแรงอัด และแรงดึงได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงมักไม่ค่อยเห็นแบบ Truss ซึ่งก่อสร้างด้วยคอนกรีต ส่วนใหญ่จะเป็นสะพานเหล็กหรือไม้เท่านั้นปัจจุบันสะพานแบบ Truss มักใช้ในงานก่อสร้างสะพานคนเดินข้ามถนนและสะพานโครงเหล็กสำเร็จรูปในงานก่อสร้างสะพานชั่วคราว.

.5. **แบบขึง** (Cable Stayed Bridge)

สะพานขึงเป็นสะพานที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยแรงดึง เป็นแรงต้านทานในการรับน้ำหนักเหมือนสะพาน แขวน แตกต่างกันที่สะพานแขวน Main Cable จะถูกขึงโยงตลอดแนวความยาวสะพาน และมี Stringers จำนวนมากห้อยจาก Cable มาผูกยึดตัวสะพานไว้ แต่สะพานขึงจะใช้ Cable หลาย ๆ เส้น ขึงจากตอม่อลงมายึดตัวสะพานโดยตรง ความแตกต่างอีกประการหนึ่ง คือ ในสะพานแขวนน้ำหนักที่ถ่ายลงตอม่อจะมาจาก Main Cable เท่านั้น ส่วนสะพานขึงนั้น นอกจากแรงจะมาจาก Cable แล้วจะถ่ายมาจากตัวสะพานโดยตรงด้วย.

หลักในการเลือกใช้สะพาน

1.สำรวจแนวทางข้างลำน้ำ โดยเลือกช่วงที่สั้นที่สุด ซึ่งจะนำมาสู่การออกแบบที่ประหยัด

2.สำรวจข้อมูลลำน้ำ

2.1 รูปตัดลำน้ำ

2.2 ระดับน้ำสูงสุด, ต่ำสุด

2.3 สภาพดินท้องลำน้ำ

2.4 สิ่งที่มาตามลำน้ำ เช่น ขอนไม้, เรือใหญ่ที่สุด เพื่อกำหนดช่วงลอดสะพาน (ช่วง Span) ระดับพื้นสะพาน

2.5 ข้อมูลอื่น ๆ

* ข้อมูลในข้อ 1 และ 2 จะนำมาสู่ขั้นตอนการเลือกช่วงและกำหนดความยาวสะพาน

โดยขั้นตอนมีลำดับดังนี้

1. เขียนรูปตัดลำน้ำจากข้อมูลสำรวจ คำนวณปริมาณน้ำ โดยให้มีทางน้ำไหลอย่างน้อยเท่ากับ หน้าตัดของท้องลำน้ำหรือมากกว่า.

. หรืออาจคำนวณจากข้อมูล อุทกวิทยา โดยใช้แผนที่ซึ่งกำหนดเส้นชั้นความสูง (Base Map Contour)

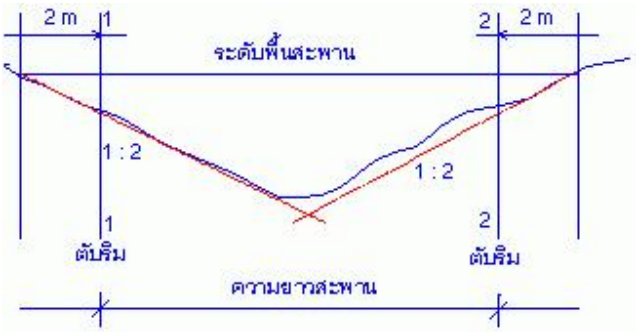
2. ลากเส้นลาดริมตลิ่ง ความชัน 1:2 (ดิ่ง : ราบ)

3. กำหนดระดับพื้นสะพาน (จากข้อมูลที่หามาได้)

4. จากจุดที่เส้นลาดริมตลิ่งตัดกับเส้นระดับพื้นสะพาน วัดระยะ OFF–SET เข้ามาในแนวสะพาน 2 เมตร จะได้ตำแหน่งของตอม่อตับแรก

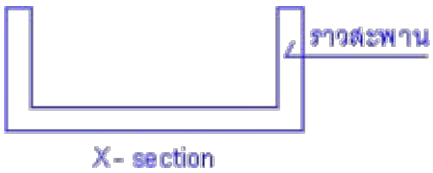
และตับสุดท้าย ซึ่งทำให้ทราบความยาวสะพาน

5. แบ่งส่วนสะพานตามความเหมาะสม แต่ไม่ควรให้ตำแหน่งของตอม่อตับกลางอยู่กึ่งกลางลำน้ำ



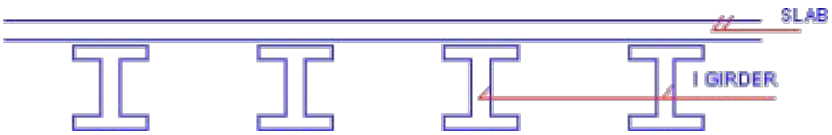
6. นำช่วงสะพานที่แบ่งได้มาพิจารณาออกแบบโครงสร้างสะพาน.

แนวทางเลือกโครงสร้างสะพาน (แนะนำโดยกรมทางหลวง)



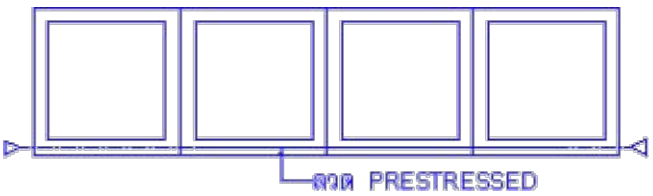
เป็นทางเลือกซึ่งมาจากประสบการณ์ออกแบบ (Experimental) ของกรมทางหลวง ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ ดังนี้

- Span ช่วง 5 – 10 เมตร มักใช้เป็น แบบพื้นท้องเรียบ (Slab Type)



- Span ช่วง 10 – 15 เมตร มักใช้เป็น แบบคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา (Girder Type).

.



- Span ช่วง 15 – 20 เมตร มักใช้เป็น แบบคอนกรีตอัดแรง (Box Girder Type) (ถ้าใช้คอนกรีตเสริมเหล็กจะทำให้โครงสร้างใหญ่ ไม่ประหยัด).

- ถ้า Span ยาวมาก ๆ กล่าวคือ 40 – 60 เมตร ใช้แบบ Truss.

ในการออกแบบ นอกจากข้อมูลที่ได้แล้ว ยังมีความจำเป็นอย่างอื่นอีกดังนี้

- ความกว้างของรถ
- จำนวนเลน
- ความกว้างทางเท้า เช่น ย่านชุมชน กว้าง 1.00 – 1.50 เมตร
  ชนบท กว้าง 0.50 เมตรหรือไม่มี

- เลือกขนาด และชนิดสะพาน

น้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ (Loading Design)

น้ำหนักบรรทุกใช้งานคงที่ (Dead Load) คือ น้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้าง เช่น พื้น, คาน, ราว, ทางเท้า ฯลฯ

น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ประกอบด้วยน้ำหนักของรถที่วิ่งบนโครงสร้าง, คนเดินเท้า, น้ำหนักส่วนเพิ่ม (Surcharge) และอื่น ๆ น้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้ออกแบบ

แรงกระแทกของน้ำหนักบรรทุกจร (Impact Load) เกิดเนื่องจากรถวิ่งแรงตะกุยของล้อที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) เกิดในสะพานในลักษณะ Dynamic Loading

แรงลม (Wind Load) ลมอาจพัดปะทะสะพาน หรือรถวิ่ง เข้าสะพานถูกลมพัดทำให้เกิด Effect กับสะพาน (ตอม่อ)

แรงหนีศูนย์ (Centrifugal Force) รถวิ่งเข้าทางโค้งจะเกิดแรงเหวี่ยง ทำให้เกิด Stress กับสะพาน

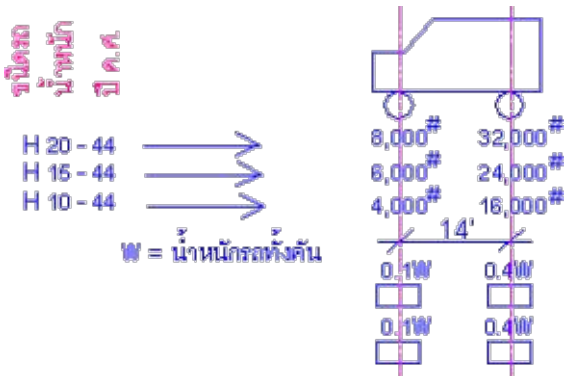
แรงดันดิน (Earth Pressure) การคำนวณแรงดันดินใช้สูตรของ Rankine อย่างไรก็ตาม แรงดันที่กระทำต่อโครงสร้างต้องไม่น้อยกว่าแรงดันของเหลวที่มีมวลเท่ากับ 80 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในกรณีที่มียวดยานแล่นใกล้ส่วนบนของโครงสร้าง ในระยะทางน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงของโครงสร้าง ให้เพิ่ม Surcharge Load อีกไม่น้อยกว่าน้ำหนักดินถมสูง 0.60 เมตร

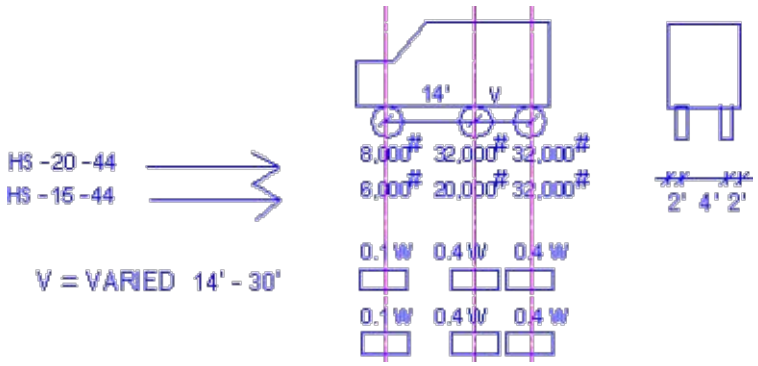
แรงลอยตัว (Buoyancy Force) เป็นแรงที่น้ำยกตอม่อให้ลอย

เมื่อได้แรงมาแล้ว จะนำไปจัดชั้นของแรง (Class of Loading) โดยจัดดังนี้

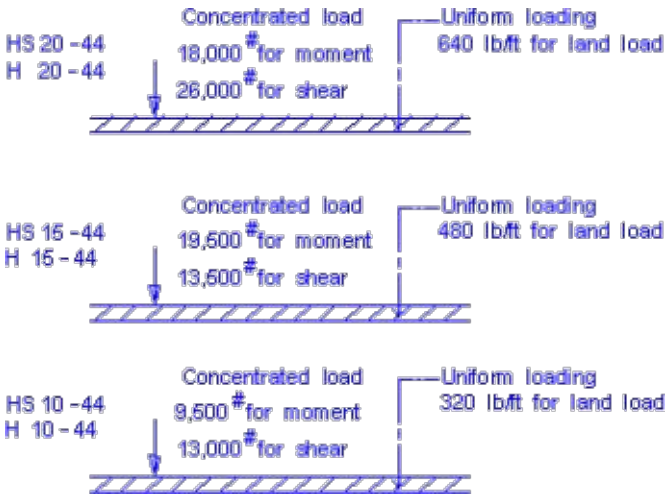
LL. Of Highway Loading



1.H – Loading.



2.HS – Loading.



3.Lane Loading

การพิจารณาว่าเมื่อใดจะใช้ Load ชนิดใดมีแนวทางดังนี้

- H – Loading
- HS – Loading
- Lane Loading เป็นตัว Check เปรียบเทียบ

เช่น - Primary Highway ซึ่งกำหนดรถหนัก 32 ตัน อาจใช้ HS – Loading เวลาออกแบบใช้ Lane Loading เปรียบเทียบกับ H, HS – Load ชนิดใดมากกว่า ใช้เป็นตัว Control

4.Side Walk Loading

Span 0' - 25' ใช้ 85 lb/ft^2

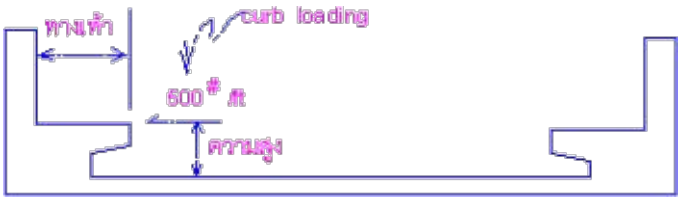
Span 26' - 100' ใช้ 60 lb/ft^2

Span มากกว่า 100' ใช้ P = (30 + 3000/L) x (55 – W)/L $\geq$ 60 lb/ft^2

เมื่อ P = Live load per ft^2 (max. 60 lb/ ft^2)

L = Length of side walk (feet)

W = Width of side walk (feet)

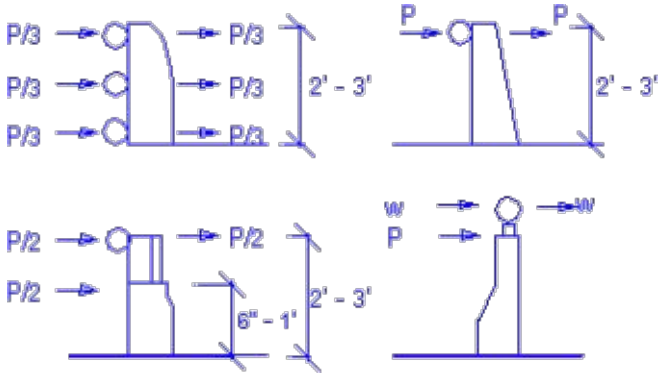


5.Curb Loading

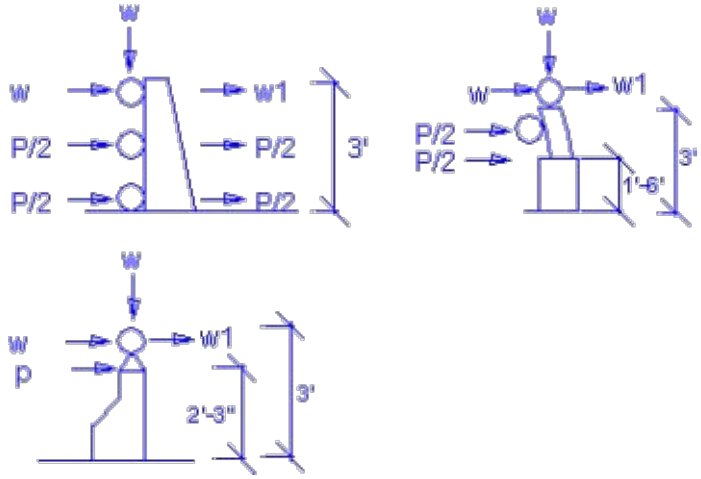
เป็น Lateral load ขนาด 500#/ft กระทำที่จุดยอดของ Curb (มาตรฐานกำหนดจุดยอด Curb ที่ 9” หรือประมาณ 23 เซนติเมตร) ถ้า Curb สูงเกิน 10” ให้กระทำที่ 10”

6.Railing Loading

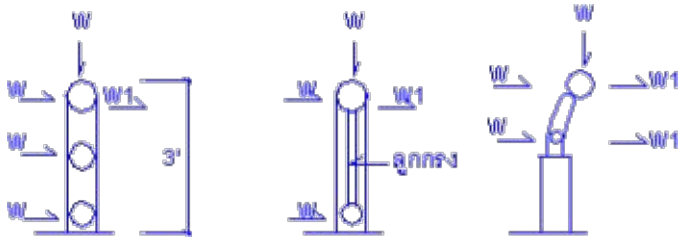
Railing Loading นี้ AASHTO มีการปรับปรุงอยู่เสมอ ดังนั้น Load จะเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่หลักการคำนวณยังคงเดิม



a) Traffic Railing ซึ่งออกแบบให้กันรถชนได้



b) Combination Railing



c) Pedestrian Railing

โดยที่ ทั้ง a, b, c

P = 10,000

L = Spacing of Post

W = 50#/ft

7.Impact load

เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร ทำให้สั่นสะเทือนโดยล้อรถตะกุย จะให้เพิ่มหน่วยแรง (Stress) ในโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

<u>โครงสร้าง กลุ่ม A</u> : คิดแรงกระแทก แต่คิดไม่เกิน 30%

1. โครงสร้างส่วนบน (Super Structure) ได้แก่ คาน, พื้น, ราว, ทางเท้า ฯลฯ

2. โครงสร้างคอนกรีต โครงสร้างเหล็กที่ต่อเนื่องกับโครงสร้างส่วนบน (Super Structure) เสมือนเป็น Rigid Frame

<u>โครงสร้าง กลุ่ม B</u> : ไม่คิดแรงกระแทก

1. ตอม่อตับริม กำแพงกันดิน เสาเข็ม

2. ฐานราก
3. โครงสร้างไม้
4. ท่อระบายน้ำและโครงสร้างซึ่งมีดินคลุมมากกว่า 0.90 เมตร
5. น้ำหนักจรบนทางเท้า

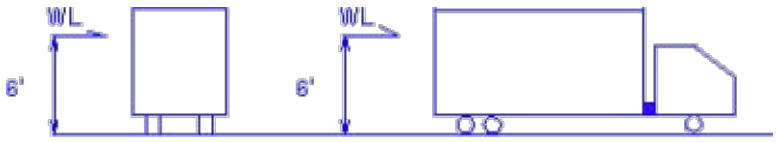
ตามมาตรฐาน AASHTO Art. 3.8

Impact Factor ; $I = \frac{15.24}{L} \leq 0.3$

โดยที่ L = ความยาวช่วงคานที่น้ำหนักบรรทุกจรให้โมเมนต์ดัดสูงสุด หน่วยเมตร

8.Wind Load

1. แรงลมที่กระทำบนโครงสร้างส่วนบน (Superstructures) AASHTO กำหนดให้ ออกแบบ ให้รับความเร็วลม 100 ไมล์ต่อชั่วโมง สำหรับกรมทางหลวงกำหนดให้ ออกแบบ ให้รับความเร็วลม 200 Kg/m2



2. แรงลมที่กระทำบนน้ำหนักบรรทุกจร

แรงลมตามแนวขวาง = 150 Kg/ m2

แรงลมตามแนวยาว = 60 Kg/ m2

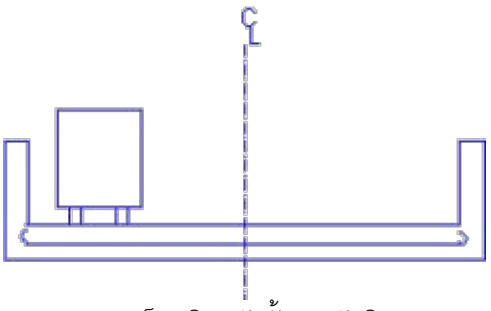
9.Longitudinal Force

แรงตามยาวเท่ากับ 5% ของน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมดในทุกช่องทางรถวิ่ง ในทิศทางเดียวกันน้ำหนักไม่รวมแรงกระแทกใช้ตาม Standard Lane Loading สำหรับกรณีโมเมนต์ จุดศูนย์ถ่วงของแรงตามแนวยาวอยู่ที่ 1.80 เมตรเหนือผิวสะพาน (AASHTO Art. 3.9)แรงตามยาวเกิดขึ้นจากการที่รถวิ่ง แล้วมีแรงตะกุยของล้อเกิดขึ้นไปตามแนวยาว

การหา Bending Moment on Slab

ตาม ข้อกำหนด AASHTO ให้เสริมเหล็กใน 2 ทิศทาง

1. เสริมเหล็กตั้งฉากกับทิศทางการจราจร ; CASE 1
2. เสริมเหล็กขนานกับทิศทางการจราจร ; CASE 2



CASE 1 เหล็กเสริมหลักตั้งฉากกับทิศทางการจราจร.

LL. Moment for Simple Span สำหรับ HS-20 Loading

= ((S+2)/2)P_{20} ft - pound/ft of width of slab

เมื่อ P20 = 16000 #

S = Span Length (feet)

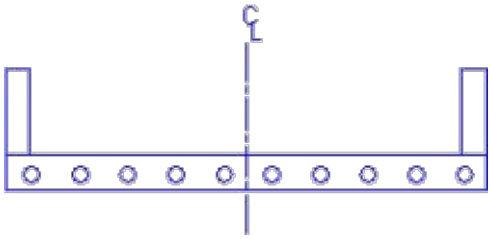
LL. Moment for Simple Span สำหรับ HS-15 Loading

= ((S+2)/32)P15 ft - pound/ft of width of slab

เมื่อ P20 = 16000 #

S = Span Length (feet)

ASSHTO แนะนำในกรณีที่เป็น Continuous Span มากกว่า 3 Support ให้ใช้ continuty 0.8 (คำนวณ Moment จาก Simple Span แล้วคูณด้วย 0.8)



CASE 2 เหล็กเสริมหลักขนานกับทิศทางการจราจร.

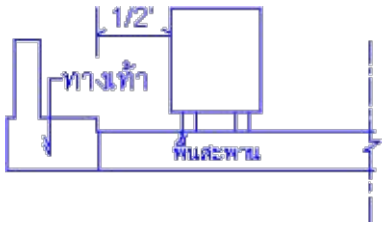
LL. Moment for Simple Span สำหรับ HS-20 Loading สำหรับ Span 0 ' - 50 '

= 900S ft-pound/ft of width of slab

LL. Moment for Simple Span สำหรับ HS-20 Loading สำหรับ Span 50 ' - 100 '

= 1000(1.3S-20) ft-pound/ft of width of slab

เมื่อ S = Span Length of Slab (feet)



การหา Bending Moment on side walk on curb

พิจารณา คานตัวริม(Edge Beam)

LLM. = 0.1 PS (จากล้อรถ)

เมื่อ

P = wheel Load

= 16000 # สำหรับ HS-20

= 12000 # สำหรับ H-15

S = Span Length of Slab (feet)

นอกจากนี้ยังต้องรวม LLM. ที่เกิดจาก คน, ราวสะพาน ฯลฯ

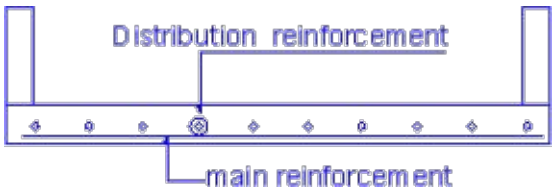
การหา Distribution Reinforcement

สำหรับ เหล็กเสริมหลักซึ่งขนานกับทิศทางจราจร

Percentage = $1000/ S^{1/2}$; (max 50%)

สำหรับ เหล็กเสริมหลักซึ่งตั้งฉากกับทิศทางจราจร

Percentage = $220/ S^{1/2}$; (max 67%)



เมื่อ S = Span Length of Slab (feet)

ตัวอย่างการออกแบบ

สำหรับ Slab type (Simple Span)

- Span 8.00 m
- ผิวจราจรกว้าง 7.00 m
- ทางเท้ากว้าง 1.00 m

Strength of concrete for 28 days cube = 210 ksc

Or for 28 days cylender = 175 ksc

Reinforcement

fs = 1200 ksc for SR 24

fs = 1400 ksc for SD 30

AASHTO

Allowable stress of concrete

For Flexture

Extreme fiber in compession = 0.4 f 'c

= 0.4 (175) = 70 ksc

$C = \frac{1}{2} f_c K d.b$

$C = T$

$T = A_s f_s$

$M = C$

$R = 0.5 f_c kj$

$M = Rbd^2$

$Es = 30 \times 10^6$ psi

$Ec = 2 \times 10^6$ psi

$n = Ec/Es = 30 \times 106/^2 \times 10^6 = 15$

$k = 1/(1+(fs/15fc))$

$k = 0.428$

หาค่า j

$jd = d - \underline{kd}$

j = 0.857

R = 0.5 fcjk

= 0.5 (70) (0.857) (0.428)

= 12.8 Ksc

a) Slab (เหล็กเสริมหลักซึ่งขนานกับทิศทางการจราจร

CASE I

LLM = 900 S

= 900 (8 x 3.28)

= 23,616 lb/ft/ft of slab

Assume d = 0.45 m

DL of Slab = 0.45 x 2400 = 1,080 kg/m^2

M_{DL} = $\frac{1}{}$ x 1080 x 8^2

= 8,640 kg-m

.

พิจารณาจาก LLM ซึ่งไม่รวม Input Load

I = $\frac{50}{}$ = $\frac{50}{}$.

= 0.33 > 30% ใช้ 30%

Total LL. (LLM + Impact)

= $\frac{23616 \times 1.30}{}$

= 13,955 kg/m

Total Moment = 8640 + 13955

= 22,595 kg-m/m

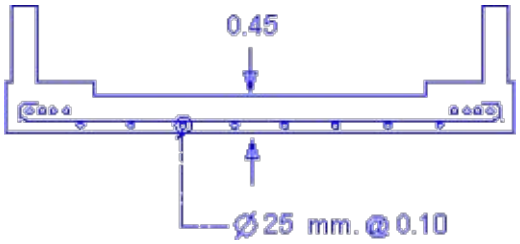
M_R = Rbd^2

= 12.8 x 1.00 x 40^2

= 20480 > 22595 OK

A_S = $\frac{22595}{}$

= 47 cm^2/m



use ∅ 25 mm @ 0.10 พาดตอม่อ

Distribution Steel

จาก AASHTO

- เหล็กเสริมหลัก ซึ่งขนานกับทิศทางการจราจร

Percentage = $100/ S^{1/2}$

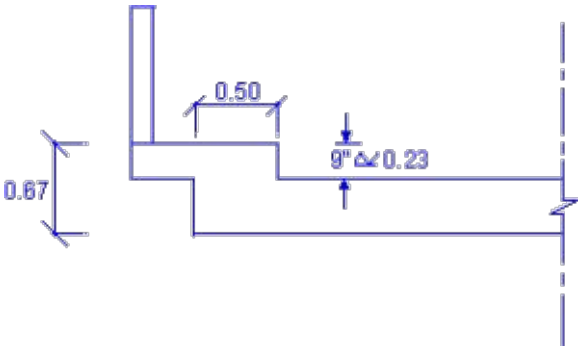
= $100/ 25.42^{1/2}$

= 20.00%

A_{Sd} = 0.20 (47)

= 9.4 Cm^2

use & 12 mm @ 0.14



(b) Design Curb

DL = 0.50 x 0.67 x 2400

= 804 kg/m

L.L (ทางเท้า) = 150 kg/m

LL (Railing & Post) = 270 kg/m

รวมน้ำหนัก = 1224 kg/m

LLM on Curb = 0.1 P

= 0.1 x 16000 x 25.42

= 40672 ft.lb

หรือ = 5636 kg-m

คิด Impact 30%

= 5636 x 1.30

= 7327 kg-m

MDL + P + Railing $= \frac{1 \times 1224 \times 8^2}{8}$

= 9792 Kg-m

Total M = 9792 + 7327

= 17,119 kg-m

$M_R = Rbd^2$

= 12.8 x 0.50 x (62)2

= 49203 > 17,119 OK

$A_s = \frac{17,119}{1400 \times 0.857 \times 0.62}$

= 23 Cm^2

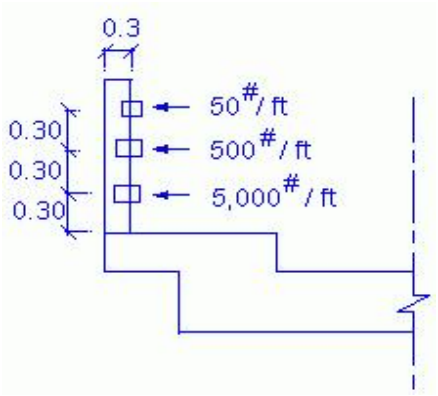
use 4 – & 25 mm

C) Railing and Post (Spacing 1.80 m)

Railing No1

DL = 0.10 x 0.20 x 2400 = 48 kg/m

Mx = 1 (48 + 75) x $(1.8)^2$; (75 kg/m = 50 lb/ft)



10

= 39.9 kg/m

My = 1 x 75 x $(1.8)^2$

10

= 24.3 kg/m

Mx = 39.9 kg/m

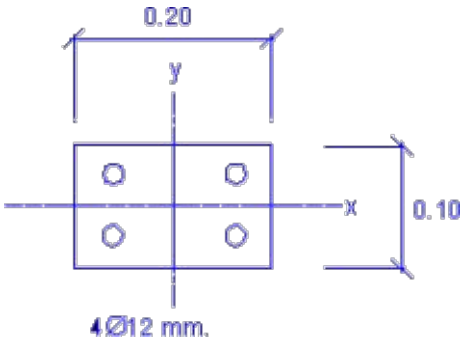
My = 24.3 kg/m

Mox_e = 12.8 x 0.20 x 6^2

= 92.2 kg-m Control

Mox_s = 2.262 x 1400 x 0.06

= 190 kg-m



Moy_e = 12.80 x 0.15 x 16^2

= 491.50 kg-m

Moy_s = 2.262 x 1400 x 0.16

= 506.70 kg-m Control Mx + My = 39.9 + 24.30

Mox Moy 92.2 491.50

= 0.48 < 1

Railing No2 และ No3

DL = 0.15 x 0.25 x 2400

= 90 kg/m

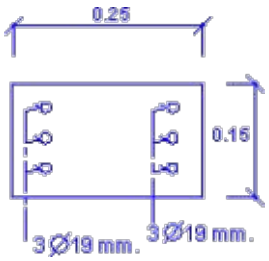
Mx = $\frac{1 \times 90 \times 182}{10}$

= 29.2 Kg/m

My = $\frac{5000 \times 1.8 \times 0.8}{2.2 \quad 4}$

= 818 kg-m

$(Mox)_c$ = $12.8 \times 0.25 \times 11^2$



= 387 kg-m

$(Mox)_s$ = 3.393 x 1400 x 0.11

= 523 kg-m

(Moy)c = $12.8 \times 0.15 \times 21^2$

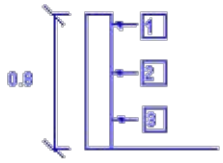
= 846 Kg-m

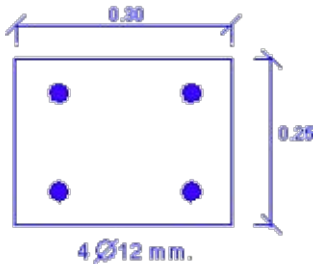
(Moy)s = 3.393 x 1400 x 0.26

= 1235 Kg-m

Mx + My = 29.2 + 818

Mox Moy 387 846





= 1.04 ~ 1

Post

M = 75 x 1.80 x 0.80 + 5000 x 0.6 + 5000 x 0.3 2.2

2.2 = 2,153 kg-m

P = (75 x 1.8) + (48 + 90 + 90) x 1.80

= 545 Kg

Po = 0.225 fc' Ag + Asfs

= 0.225 (175) (30 x 25) + 11.4 x 1400

= 45,491 kg

$(Mo)_c$ = 12.8 x 0.25 x 26^2

= 2,163 kg-m

$(Mo)_s$ = 5.7 x 1400 x 0.26

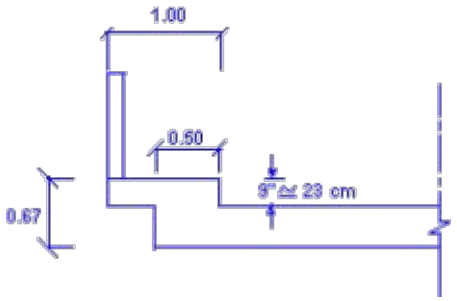
= 2074.8 kg-m

P + M = 545 + 2153

Po Mo 45491 2163

= 1.007 ~ 1.00

D) Design Slab ยื่น (ส่วนของทางเท้า)



DL = 0.50 x 0.67 x 2400 + 0.25 x 0.50 x 2400

= 1,104 kg/m

LL (pedestrain) = 300 kg/m

Railing x post = 270 kg/m

รวมแรง = 1,674 kg/m

M_{DL+LL} (pedestrain)+(Raiting+post = $\frac{1 \times 1{,}674 \times 0.75^2}{3}$

= 314 kg-m

สมุติพื้นหนา 0.15

j_{MR} = Rbd^2

= (12.8) (1) (15^2)

= 2,880 kg-m > 3/4 kg-m

As = $\frac{314}{(1400 \times 0.852 \times 0.15)}$

= 1.76 Cm^2/m

$f_{allow} = 0.29\sqrt{f'c}$

$= 0.29\sqrt{175}$

$= 3.84 \ kg/cm^2$

$f = \frac{1{,}256}{(100 \times 15)} = 0.84 \ kg/cm^2 < 3.84 \ kg/cm^2$

ใช้ ∅ 9 มม. @ 0.35 (ขนานทิศทางจราจร)

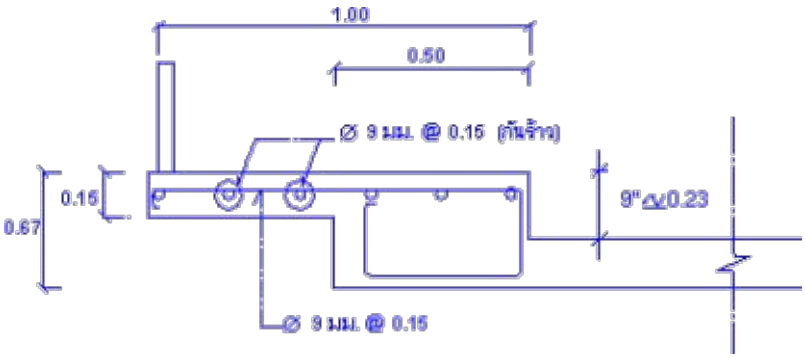
หาเหล็กกันร้าว

As = 0.0025 bt = 0.0025 (100) (15)

$= 3.75 \ cm^2/m$

ใช้ ∅ 9 มม. @ 0.15

ตรวจสอบแรงเฉือน



Design Sub – Structure

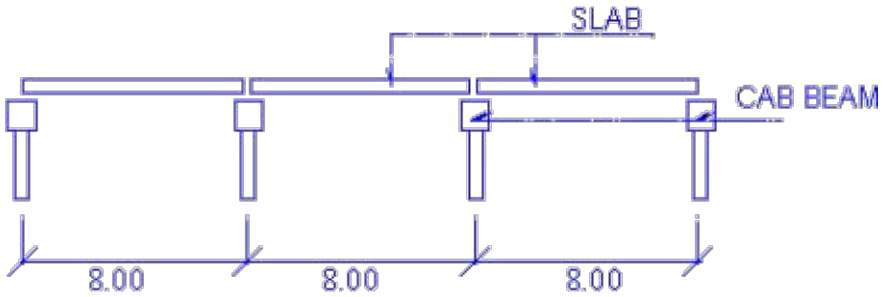
Pier

a) Cap Beam (คานหัวเสา)

Assume Cap beam 0.50 x 0.70

DL = 0.50 x 0.70 x 2400

= 840 Kg/m



Check ช่วง 8.00 m

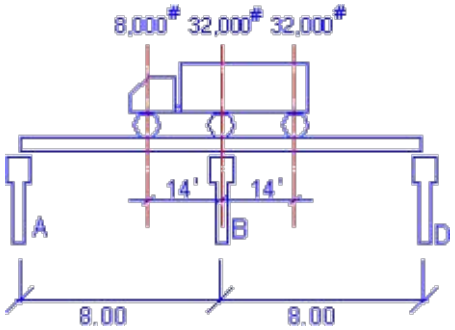
DL.SLAB = 7.00 x 8.00 x 1080

= 60480 kg

DL Rail + Post, Curb = 1212 x 8.00 x 2

= 19344 kg

Lane loading = 955 x 2 x800 + 26000 x 2



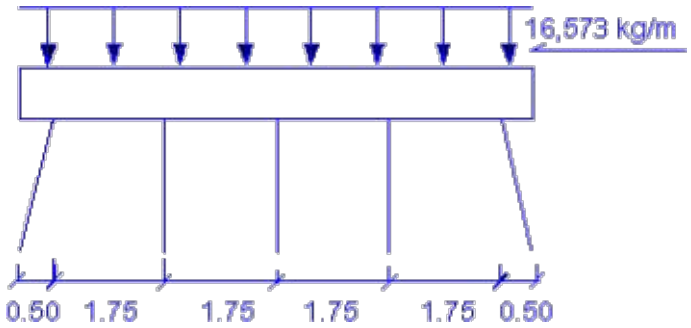
= 38916 kg

RB = $\frac{(3.73 \times 40000 + 32000) \times 2}{8.00}$

= $101{,}300^{\#}$ = 46,045 kg

เป็นน้ำหนักลง Cap beam

Total Load = Rail + Curb + Post + HS



= 125,869 kg

DL of cap beam = 840 x 8

= 6,920 kg

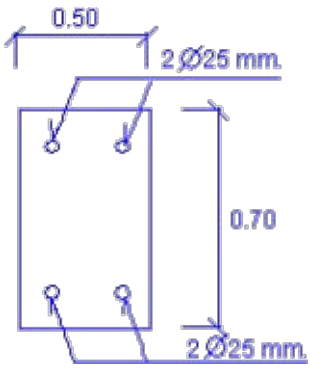
Total load on cap beam = 132,789 Kg

การถ่าย load ลง cap beam = $\frac{132{,}789}{8}$

= 16,573 kg/m

Span of cap beam = 1.75 m

M = $1 \times 16573 \times 1.75^2$



10

$= 5{,}075$ Kg-m

$M_R = Rbd^2$

$= 12.8 \times 0.5 \times 65^2$

$= 27{,}040 > 5{,}075$ OK

$A_S = \dfrac{5{,}075}{1{,}400 \times 0.857 \times 0.65}$

$= 5.6\ Cm^2$

use 2 - & 25 mm

Design Pile

$\sum V = 16{,}573 \times 8$

$= 132{,}584$ kg

Allowable load per pile = 35 TONS

No. of pile = $\dfrac{132{,}586}{35}$

= 3.78

say = 5 ต้น

Check เข็มรับ Lateral Force

Wind load (แรงลม)

Lateral force = 200 x 8.00 x 0.70

= 1,120 kg

Drift load (แรงปะทะจากแพซุง)

= 6,000 kg (คำแนะนำของกรมทางหลวง)

รวม Lateral force = 7,120 kg

Traction force ตามข้อแนะนำ AASHTO

5% of lane load บนทุกเลนที่มีอยู่ รวมกับ Concentrate loading moment

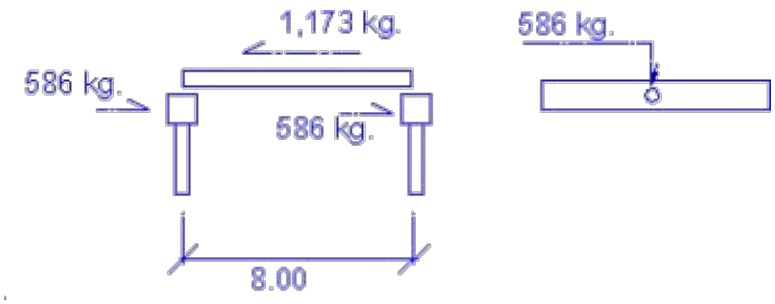
= 5% [955 x 2 x 8.00 + 18000]

2.2

= 1,173 kg-m

แรงตะกุยจะเกิดแรงยันเสาเข็ม

พิจารณา



สำหรับ Cap beam แต่ละตัว = 1173 /2 = 586 Kg

M = 586 x 3.00 ; (ความยาวเสาเข็ม 3 เมตร)

= 1,758 kg-m

Moment ที่เสาเข็มแต่ละต้น

= 1758/5 = 352 kg-m

Check เสาเข็ม

แรงกระทำต่อเสาเข็มแต่ละต้น ; V = 132584/5

= 26517 kg

M = 35.2 kg.m

Po = 0.25 x 175 x 35 x 35 + 19.03 x 1400

= 74,876 kg

MRc = 12.8 x 0.35 x 31^2

= 4,305 kg-m

MRs = 19.63 x 1400 x 0.31

= 8,519 kg-m

Control ที่ ค่า M_R น้อยกว่า

$$\frac{P}{Po} + \frac{M}{Mo} = 1$$

$$\frac{26,517}{72,968} + \frac{352}{4,305} = 0.445 < 1 \text{ OK}$$

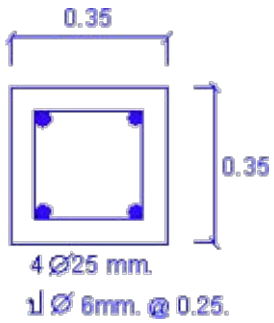
กรณี ออกแบบฐานรากสะพานเป็นฐานแผ่

โดยจากข้อมูลการสำรวจดิน ปรากฏว่าชั้นดินมีค่าการรับน้ำหนักแบกทานได้เพียงพอ

Design ตอม่อ

$\sum V$ = 16,573 x 8

= 132,584 kg



กำหนดเสาตอม่อจำนวน 5 ต้น ขนาดหน้าตัด 0.35x0.35 m 4 - ∅ 25 mm

น้ำหนักกระทำบนตอม่อแต่ละต้น P = 132,584/5 = 26,517 kg

น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยบนตอม่อ

Po = 0.25 x 175 x 35 x 35 + 19.03 x 1400

= 74,876 kg> 26,517 kg OK

MRc = 12.8 x 0.35 x 31^2

= 4,305 kg-m

MRs = 19.63 x 1400 x 0.31

= 8,519 kg-m

สำหรับ Cap beam แต่ละตัว = 1173 /2 = 586 Kg

M = 586 x 3.00 ; (ความยาวตอม่อ 3 เมตร)

= 1,758 kg-m

Moment ที่ตอม่อแต่ละต้น

= 1758/5 = 352 kg-m

Control ที่ ค่า M_R น้อยกว่า

$$\frac{P}{Po} + \frac{M}{Mo} = 1$$

$$\frac{26,517}{72,968} + \frac{352}{4,305} = 0.445 < 1 \text{ OK}$$

Check ตอม่อรับ Lateral Force

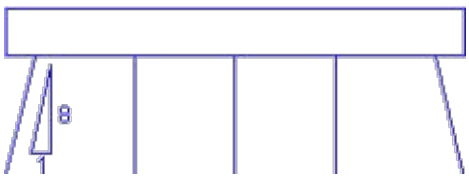
Wind load (แรงลม)

= 200 x 8.00 x 0.70

= 1,120 kg

Drift load (แรงปะทะจากแพ,ซุง)

= 6,000 kg (คำแนะนำของกรมทางหลวง)



รวม Lateral force = 7,120 kg

Check lateral force ที่กระทำต่อตอม่อ

= 74,876 *2/8 = 18,719 kg > 7,120 kg OK

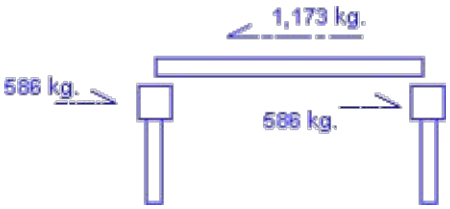
Traction force **ตามข้อแนะนำ** AASHTO

5% of lane load บนทุกเลนที่มีอยู่ รวมกับ Concentrate loading moment

$$= \frac{5\% \,[955 \times 2 \times 8.00 + 18000]}{2.2}$$

= 1,173 kg-m

แรงตะกุยจะเกิดแรงยันตอม่อ



พิจารณา

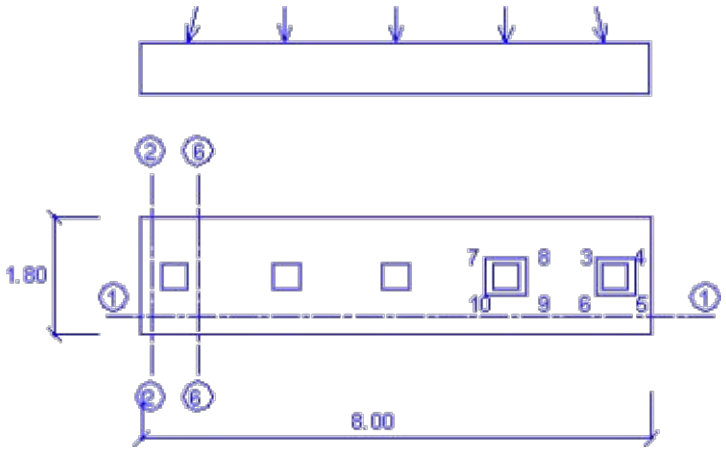
สำหรับ Cap beam แต่ละตัว = 1173 /2 = 586 Kg

M = 586 x 3.00 ; (ความยาวตอม่อ 3 m)

= 1,758 kg-m

Moment ที่ตอม่อแต่ละต้น

= 1758/5 = 352 kg-m < 1,758 kg-m OK



Design ฐานราก

น้ำหนักถ่ายจากตอม่อ = 132,584 kg

สมมุติน้ำหนักฐานราก 10 % = 13,258 kg

รวมน้ำหนัก = 145,842 kg

หน่วยแรงดันดินที่ปลอดภัย = 20,000 kg/m^2

สมมุติขนาดฐานราก = 1.80 x 8.00 m

= 14.4 m^2

พื้นที่ฐานรากที่ต้องการ = 145,842/20,000

= 7.30 m2 < 14.40 m^2

หน่วยแรงดันดินขึ้นสุทธิ = 145,842/14.40

= 10,129 kg/m^2

วิเคราะห์ Moment

พิจารณาด้านที่ขนานด้านยาว

- โมเมนต์ที่ขอบเสา = 10,129x0.15^2/2

= 114 kg-m

และ = 10,129x1.75^2/10

= 3,102 kg-m Control

พิจารณาด้านที่ขนานด้านสั้น

- โมเมนต์ที่ขอบเสา = 10,129x0.73^2/2

= 2,699 kg-m

check ความหนาฐานราก

d = $(M/Rb)^{0.5}$

d = $(3102x100/(12.8x100))^{0.5}$

= 15.58 cm

เลือกใช้ ความหนาฐานราก 0.25 m d = 0.20 m

.

ก. พิจารณาแรงเฉือน

- ด้านขนานด้านยาว ตามแนว 1-1 ห่างจากขอบตอม่อ 0.20 m

vc = $0.29(175)^{0.5}$

= 3.84 kg/cm^2

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น = (8x(0.72-0.2)x10129)/(800x20)

= 2.63 kg/cm^2 < 3.84 kg/cm^2 OK

- ด้านขนานด้านสั้น ตามแนว 2-2 ห่างจากขอบตอม่อ 0.20 m

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น = (1.8x0.30x10129)/(180x20)

= 1.52 kg/cm^2 < 3.84 kg/cm^2 OK

- ด้านขนานด้านสั้น ตามแนว b-b ห่างจากขอบตอม่อ 0.20 m

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น = (1.8x0.50x10129)/(180x20)

= 2.53 kg/cm^2 < 3.84 kg/cm^2 OK

ข. พิจารณาแรงเฉือนทะลุที่หน้าตัด

vc = $0.53(175)^{0.5}$

= 7.011 kg/cm^2

- ที่ระยะ 0.10 m ตามเส้นขอบเสาตอม่อ 3-4-5-6

หน่วยแรงเฉือนทะลุที่เกิดขึ้น = 10129x ((1.8x1.37)-$(0.35+0.20)^2$)/(4x55x20)

= 4.98 kg/cm^2 < 7.011 kg/cm^2 OK

- ที่ระยะ 0.10 m ตามเส้นขอบเสาตอม่อ 7-8-9-10

น่วยแรงเฉือนทะลุที่เกิดขึ้น = 10129x ((1.8x1.75)-$(0.35+0.20)^2$)/(4x55x20)

= 6.55 kg/cm^2 < 7.011 kg/cm^2 OK

ง. ออกแบบเหล็กเสริม

As = M/fsjd

- เหล็กเสริมที่ขนานด้านสั้น

As = 2,699x100/(1400x0.857x20)

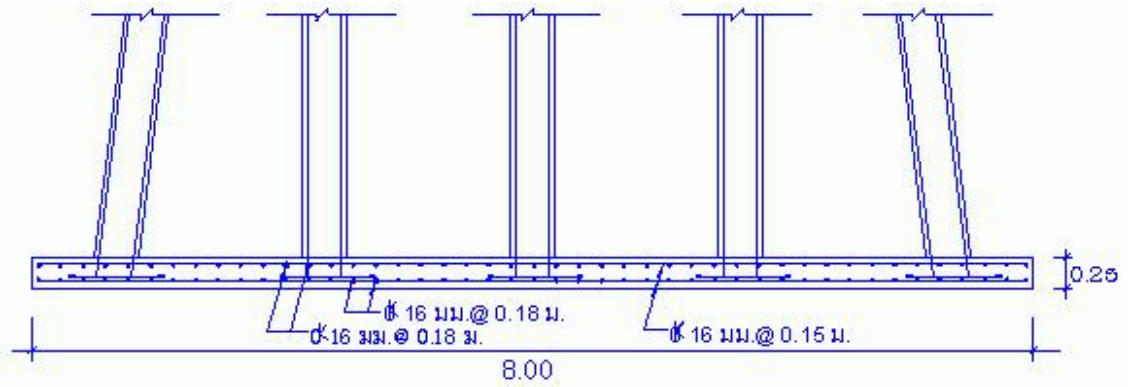
= 11.25 cm^2/1.75m

USE 16 mm @ 0.18 cm

- เหล็กเสริมที่ขนานด้านยาว

As = 3,102x100/(1400x0.857x20)

= 12.95 cm^2/1.8 m



USE 16 mm @ 0.15 cm