การออกแบบและคำนวณฐานรากทาวเวอร์เครน

แบบ STATIC

ภาพประกอบใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

จัดทำโดย นายทวีศักดิ์ หนูทอง

สามัญวิศวกรโยธา

มิถุนายน 63

3. การออกแบบฐานรากและตัวค้ำยัน

3.1 กำหนด Design Loads และ Load Cases.
- Static Tower Crane
- Climbing Crane.

3.2 ออกแบบฐานรากตามประเภทของ Tower Crane
- Static Tower Crane
- Climbing Crane.

3.3 ออกแบบตัวค้ำยัน (Bracing) สำหรับ Static Tower Crane

3.1.1 ข้อควรระวัง ในการกำหนด Design Load ในการออกแบบฐานราก.

- Tower Crane แต่ละรุ่น (ยี่ห้อ) ใช้ข้อมูลลมที่แตกต่างกันออกไป การตรวจสอบค่าแรง (โมเมนต์) กระทำที่ฐาน ตามที่ระบุไว้ใน specification ว่าสอดคล้องกับค่าแรงกระทำ ที่ได้กระทำ เกิดขึ้นจากแรงลมในพื้นที่ใช้งานจริงหรือไม่

** - ค่าแรงกระทำที่ฐานกรณีหยุดใช้งาน (out of service) ** ที่ระบุไว้ใน specification เป็นกรณีที่ปล่อยให้ Tower Crane หมุนอย่างอิสระตามแรงลมเท่านั้น ในกรณีที่ Tower Crane ถูกล็อค หลังจากการใช้งานแล้ว ควรพิจารณาแรงลมที่กระทำเพิ่มเติมในทิศทางอื่นเพิ่มเติมไปด้วย.

3.2.2 Foundation For Tower Crane

- Foundation for Static Tower crane.
  - Concrete Foundation
  - Steel Platform.
- Support for Climbing Crane.
  - Steel Platform

3.3.3 Design Bracing For Static Tower Crane.

- Load case.
- Joint design.

ออกแบบฐานราก Tower crane.

POTAIN MC 115 B

Criteria อาคารพักอาศัยรวม.

Materials.

Concrete $f_c' = 200$ ksc. (cylinder)

Rebar grade SD40 ; $f_y = 4000$ ksc.

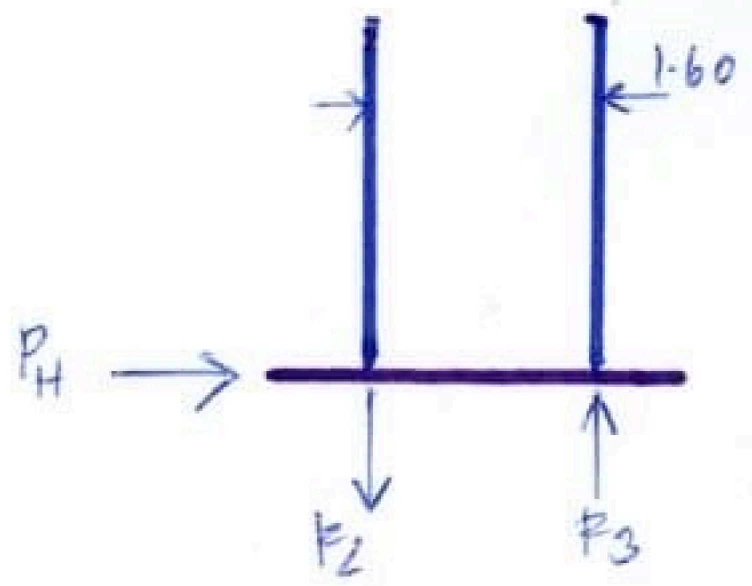
Anchor bolt grade DIN 8.8 ; $F_T = 3080$ ksc.

$F_V = 1470$ ksc.

Steel beam grade SM400 ; $F_y = 2400$ ksc.

Steel plate grade SS400 ; $F_y = 2400$ ksc.

Electrode arc welding E70 ; $F_{vw} = 1470$ ksc.



F_2	89	●
	122	▩
F_3	60	●
	96	▩
⏢	36	

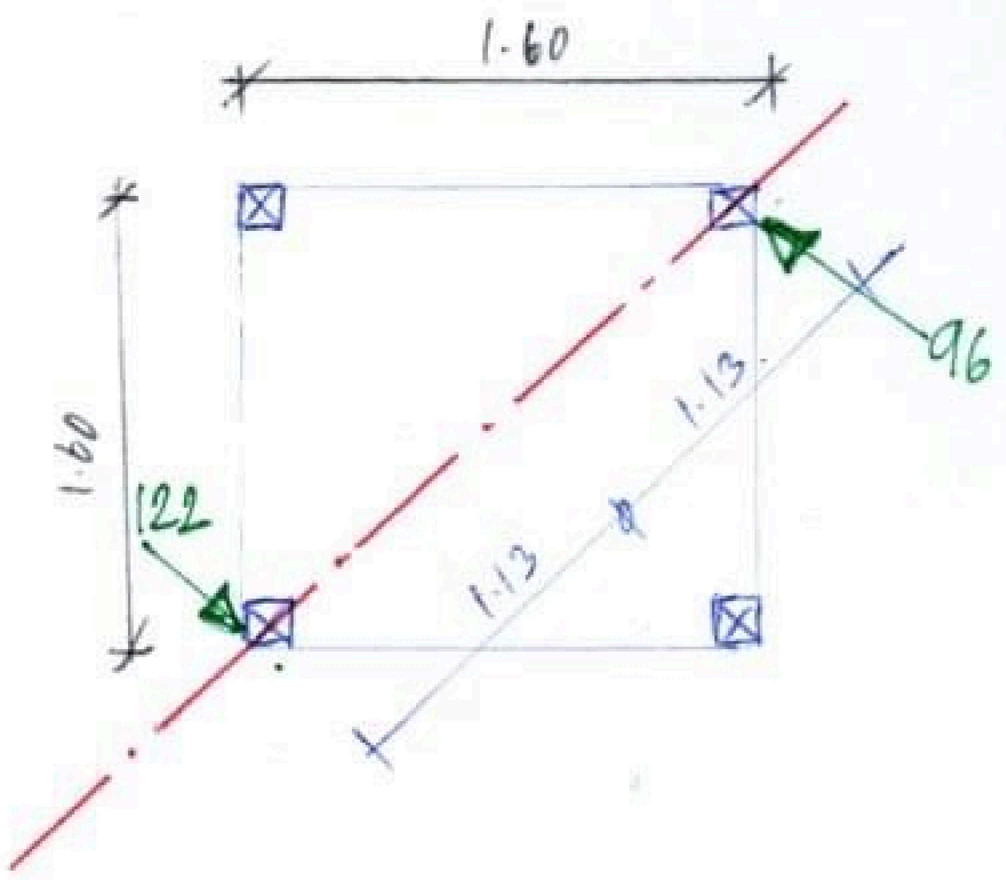
Symbol ● In service
▩ Out of service
⏢ Mass weight.

Design Load ; $F_{2\,MAX} = 122$ Ton.

$F_{3\,MAX} = 96$ Ton.

Used $P_H = 12$ Ton.

Design Moment



$M = 122(1.13) + 96(1.13)$

$= 246.34$ T.m

$V = 2(122 - 96)$

$= 52$ Ton.

Find Bending Moment.

CASE I From pile reaction.

CASE II From Tower crane product.

CASE I. From pile reaction.

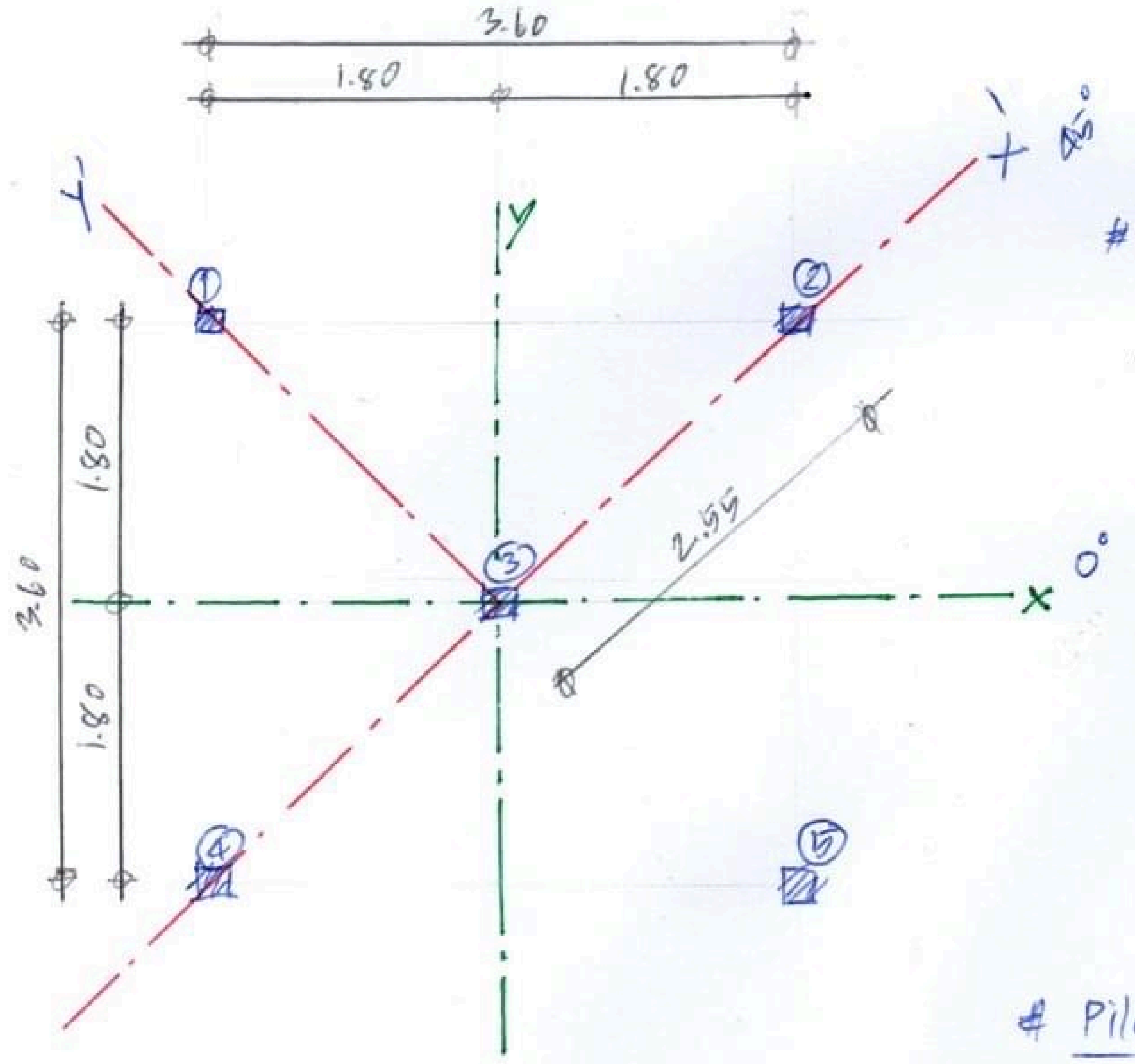
Used PC. pile ⇒ Try 5 PC. PILE ◻ 400 × 400 × 10000 MM.

SAFE LOAD 80 TON/PILE

FOUNDATION SIZE 4.40 × 4.40 × 1.50 M.

$P_F = 69.7$ Ton.

$P_T = 36 + 69.7 = 105.7$ Ton



Pile reaction at 0°

$$\Sigma d_{i_{x^\circ}} = 4(1.80^2) = 12.96$$

$$P_1 = P_4 = \frac{105.7}{5} - \frac{246.34(1.80)}{12.96} = -13.07 \text{ Ton}$$

$$P_3 = \frac{105.7}{5} = 21.14 \text{ Ton.}$$

$$P_2 = P_5 = \frac{105.7}{5} + \frac{246.34(1.80)}{12.96} = 55.38 \text{ Ton}$$

Pile reaction at 45°

$$\Sigma d_{i_{45^\circ}} = 2(2.55^2) = 13$$

$$P_2 = \frac{105.7}{5} + \frac{246.34(2.55)}{13} = 69.46 \text{ Ton}$$

$$P_4 = \frac{105.7}{5} - \frac{246.34(2.55)}{13} = -27.18 \text{ Ton}$$

$$P_1 = P_3 = P_5 = \frac{105.7}{5} = 21.14 \text{ Ton}$$

Note; การตรวจสอบ pile reaction ทุกๆ 45° ของการหมุนของ Tower crane.
เนื่องจาก อาจมีกรณีที่เสาเข็มไม่สมมาตรในแต่ละแกน อาจทำให้
pile reaction ของเสาเข็มบางต้นไม่สามารถรับมาเท่ากันได้(อาจวิกฤตอย่างนี้)

Pile reaction Max

	COMPRESSION, ton	TENSION, ton
CASE 0°	55.38	-13.07
CASE 45°	69.46	-27.18

Pile reaction Max = 69.46 ton < 80 ton (Pile capacity) — ok —

Anchor pile = -27.18 ton.

↳ ดูจากข้อมูลดิน จากข้อมูล friction รอบเสาเข็ม = $\frac{Pf}{Fs} > 27.18$ ton.

Bending Moment from pile reaction.

- CASE 0° = $(2 \times 55.38 \times 1.80) - (2 \times 13.07 \times 1.80) = 152.32$ T.m
- CASE 45° = $(69.46 \times 2.55) - (27.18 \times 2.55) = 107.81$ T.m

M_{MAX} (bottom) CASE 0° = 152.32 T.m → ออกแบบเหล็กเสริม จาก Pile reaction.

$M_{(top)}$ (tower crane) = 246.34 T.m

Try footing depth; T = 1.50 m. ; d = 1.40 m.

Flexural design # concrete fc' = 240 ksc. ; Rebar SD40 ; fy = 4000 ksc.

f_s = 1700 ksc.

R = 16.9 ksc.

j = 0.88

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} \quad ; b = 440 \text{ cm.}$$

$$= \sqrt{\frac{246.34 \times 1000 \times 100}{16.9 \times 440}}$$

$$= 57.56 \text{ cm.} < 140 \text{ cm}$$ — ok —

M_{case} = M_1 = 152.32 T.m

$M_{tower\ crane}$ = M_2 = 246.34 T.m

$$A_{s_1} = \frac{M_1}{f_s j d} = 72.73 \text{ cm}^2 \Rightarrow 15DB25^{\#} \text{ OR } 24DB20^{\#}$$

$$A_{s_2} = \frac{M_2}{f_s j d} = 117.62 \text{ cm}^2 \Rightarrow 24DB25^{\#}$$

Check shear

One way shear; $V = 2(122-96)$

$= 52$ Ton.

$V_c = 0.29\sqrt{f_c'}\,b\,d$

$= \dfrac{0.29\sqrt{240} \times 440 \times 140}{1000}$

$= 276.75$ Ton. > 52 Ton

— ok —

1) Punching shear Footing ; $V_{p_1} = 96$ Ton.

⇒ Assume base plate tower crane = 25 × 25 cm

; $b_o = [4(25+140)]$

$= 660$ cm.

$V_{pc} = 0.53\sqrt{f_c'}\,b_o\,d$

$= \dfrac{0.53\sqrt{240}\,(660)(140)}{1000}$

$= 758.67$ Ton. > 96 Ton

— ok —

2). Punching Shear pile ; $V_{p_2} = 75.87$ Ton

↑ ไม่สามารถใช้ค่านี้ได้เนื่องจาก เป็นตัวเริ่ม พิจารณาแล้วไม่ครอบคลุม ระยะ Punching shear จะเกิดเฉพาะต้นที่ 3

$V_{p_2} = 21.14$ Ton.

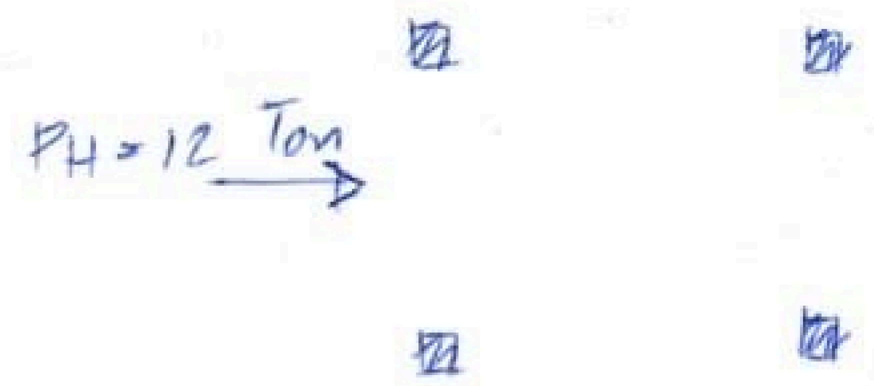
$b_o = [4(40+140)]$

$= 720$ cm.

∴ $V_{pp} = \dfrac{0.53\sqrt{240}\,(720)(140)}{1000}$

$= 827.64$ Ton > 21.14 Ton

Design Anchor bolt. ⇒ Used 4 M42/Joint.



Shear from; $P_H = \frac{12}{4 \times 4} = 0.75$ Ton/1 bolt.

Tensile stress in Anchor bolt; $f_{tb} = \frac{P_T}{A_{sb}}$

$PT = \frac{96}{4} = 24$ Ton/1 bolt. ; $A_{sb} = \frac{\pi (4.2)^2}{4} = 13.85\ cm^2$

$\therefore f_{tb} = \frac{24 \times 1000}{13.85}$

$= 1732$ ksc.

Shear stress in Anchor bolt.

$\therefore f_{v_b} = \frac{V}{A_V}$; $V = 0.75$ Ton, $A_V = 13.85\ cm^2$.

$= \frac{0.75 \times 1000}{13.85}$

$= 54.15$ ksc.

Combine Stress

$$\frac{f_{tb}}{FT} + \frac{f_{vb}}{FV} < 1.00$$

$$\frac{1732}{3080} + \frac{54.15}{1470} = 0.60. < 1.00$$

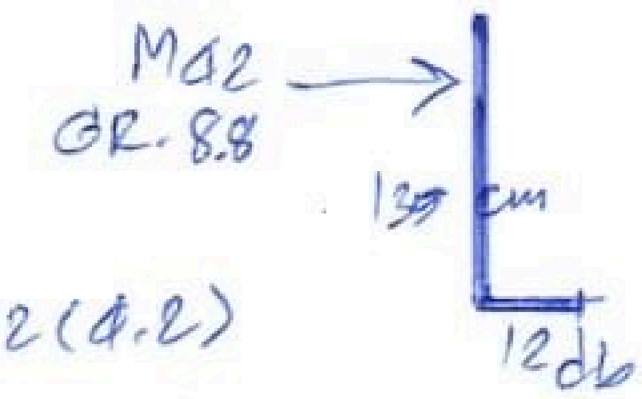
— "OK" —

Check Development Length ; Ld (Anchor bolt).

$$L_d = \frac{P_T}{\Sigma_0 \mu} \quad ; \mu = 11 \text{ ksc.}$$

$$= \frac{24 \times 1000}{\pi(4.2)(11)}$$

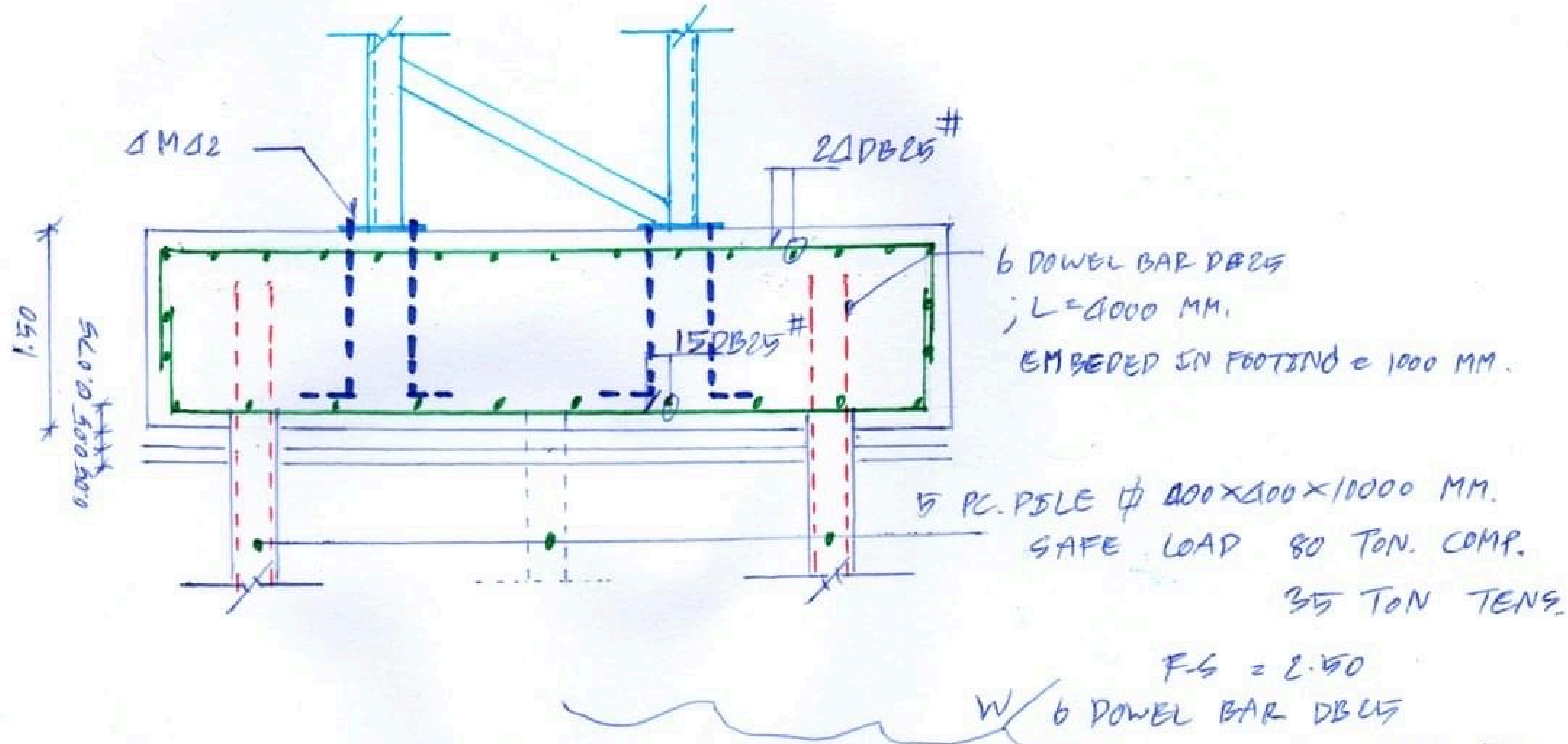
$$= 165 \text{ cm.}$$



$$L_{d\,Actual} = 135 + 12(d_b) = 135 + 12(4.2)$$

$$= 185 \text{ cm} > 165 \text{ cm}$$

"OK"



Design Dowel bar from Pile ; P_T = 33.59 Ton

Used Factor = 1.20 ; $P_{T\,design} = 1.20 \times 33.59$

$= 40.31$ Ton

$$A_{sp} = \frac{P_T}{F_T} = \frac{40.31 \times 1000}{1700} = \quad \text{cm}^2$$

Used 6 DB 25

check ; $\mu = \frac{3.23\sqrt{f_c'}}{d_b} = 20$ ksc.

L_{d_R} Dowel bar $= \frac{33.59 \times 1.2 \times 1000}{6\pi(2.5)(20)}$

$= 42.77$ cm

Used L_{d_R} = 100 cm.