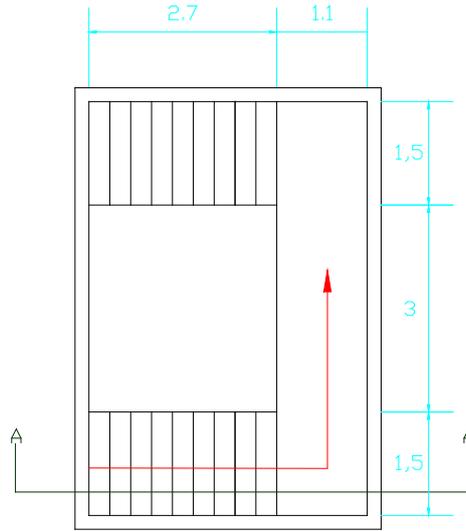
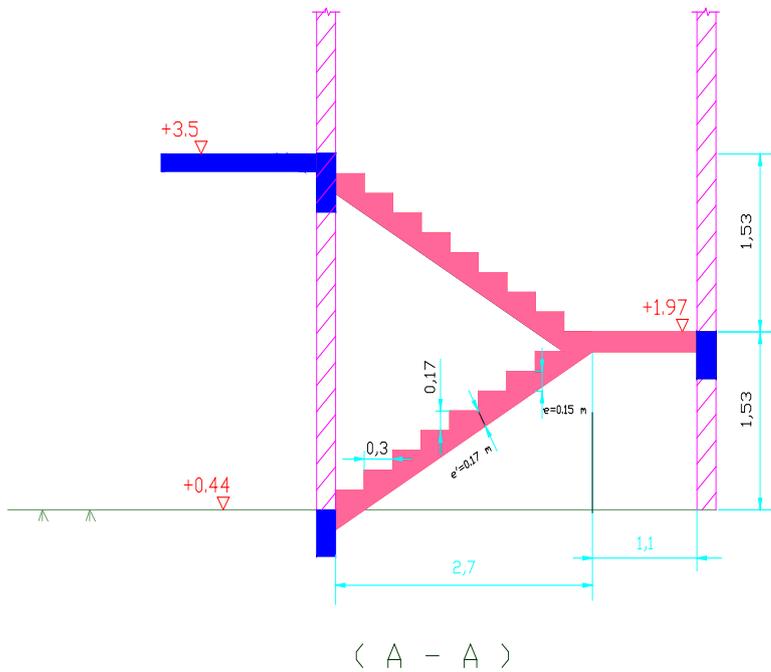


3.4 تصميم السلالم:
1.3.4 السلم الرئيسي:
1.1.3.4 حساب الأبعاد:

- حسب المواصفات الخاصة بالمباني الإدارية تؤخذ أبعاد الدرجة الواحدة للنائم 30 سم و للقائم 17 سم.
- بشكل عام يفضل أن تكون زوايا ميل الأدرج الخاصة بالاستعمالات الخارجية من 20° إلى 30° ، لتخفيف المساحات الأفقية المخصصة للدرج [5] .



شكل (4-23) يوضح الأبعاد الأفقية للسلم.



شكل (4-24) يوضح الارتفاعات للسلم.

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \frac{1.53}{2.70} = 29.54^\circ \quad o.k \quad \text{زاوية ميل الدرج}$$

$$L = \sqrt{1.53^2 + 2.7^2} = 3.1m = 3100mm \quad \text{طول الشاحط}$$

يتم حساب سمك الشاحط (e) للسيطرة على الانحراف حسب المواصفات الأمريكية ACI Code table 9.5 a من المعادلة :

$$e = \frac{L}{24}$$

$$e = \frac{3100}{24} = 129.2mm \approx 130mm$$

use $e = 150mm$

$$\bar{e} = \frac{e}{\cos t} = \frac{150}{\cos 29.54} = 170mm$$

2.1.3.4 حساب الأحمال:

أ :- حساب الأحمال على القلبة المتكررة:

$$e. \gamma = 0.15 \times 25 = 3.75 \text{ kN} / m^2 \quad \text{وزن بلاطة السلم}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.3 \times 0.17 \times 25 = 0.64 \text{ kN} / m^2 \quad \text{وزن الدرجات}$$

وزن الإنهاءات

$$0.44 \text{ kN} / m^2 \quad \text{وزن طبقة البلاط}$$

$$0.4 \text{ kN} / m^2 \quad \text{وزن المونة الأسمنتية}$$

$$0.4 \text{ kN} / m^2 \quad \text{وزن طبقة البياض الأسمنتي}$$

$$0.37 \text{ kN} / m^2 \quad \text{وزن إضافي}$$

$$\sum DL = 6 \text{ kN} / m^2$$

$$\sum L.L = 5 \text{ kN} / m^2$$

$$W_u = 1.4 \times 6 + 5 \times 1.7 = 16.9 \text{ kN} / m^2$$

ب :- حساب الأحمال على الاستراحة:

$$e \cdot \gamma_c = 0.15 \times 25 = 3.75 \text{ kN / m}^2$$

وزن بلاطة الاستراحة

وزن الإنهاءات :

$$0.44 \text{ kN / m}^2$$

وزن طبقة البلاط

$$0.4 \text{ kN / m}^2$$

وزن المونة الأسمنتية

$$0.4 \text{ kN / m}^2$$

وزن طبقة البياض الأسمنتي

$$0.26 \text{ kN / m}^2$$

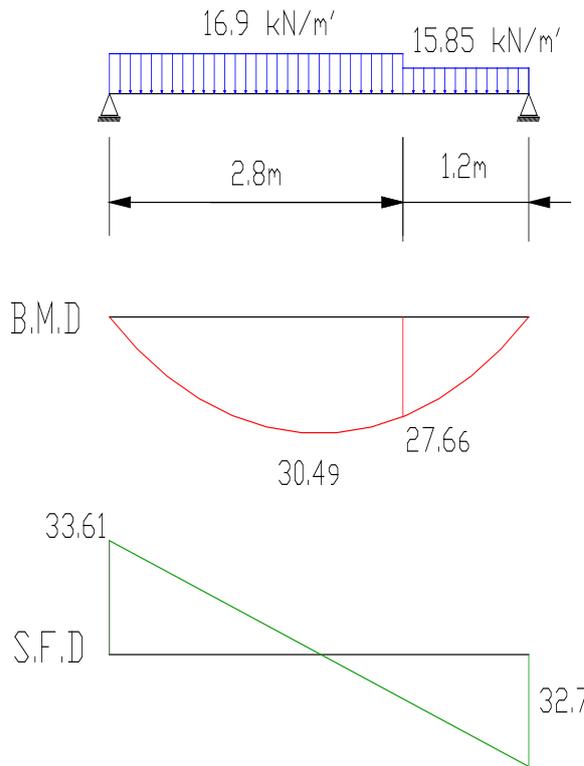
وزن إضافي

$$\sum DL = 5.25 \text{ kN / m}^2$$

$$\sum L.L = 5 \text{ kN / m}^2$$

$$W_u = 1.4 \times 5.25 + 5 \times 1.7 = 15.85 \text{ kN / m}^2$$

3.1.3.4 التحليل الإنشائي لبلاطة السلم:



الشكل (4-25) يوضح التحليل الإنشائي للسلم.

4.1.3.4 حساب حديد التسليح:

أولاً : الحديد الرئيسي المقاوم للعزم الموجب:

use $\phi 12 \text{ mm}$ use Cover 20 mm

$$d = e - \frac{db}{2} - \text{Cover}$$
$$= 150 - \frac{12}{2} - 20 = 124 \text{ mm}$$

$$M_u = 30.49 \times 10^6 \text{ N / mm} , \quad d = 124 , \quad f_y = 400 , \quad f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$k_u = \frac{M_u}{f_c' . b . d^2} = \frac{30.49 \times 10^6}{0.9 \times 25 \times 1000 \times 124^2} = 0.088131575$$

$$w = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \times 0.088}}{1.18} = 0.0933$$

$$\rho = w \frac{f_c'}{f_y} = 0.00583$$

$$\rho_{\min} = w \frac{1.4}{f_y} = 0.0035$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \left[0.85 \times 0.85 \times \frac{25}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \right]$$

$$\rho_{\max} = 0.02$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$A_s = \rho . b . d = 0.00583 \times 1000 \times 124 = 722.9 \text{ mm}^2$$

use $7\phi 12 \text{ mm} / m^1$

$$S = \frac{(A_s) \text{ of one bar}}{\rho . d} \leq 3h_s$$
$$\leq 450$$

$$= \frac{113}{0.00583 \times 124} = 156.3 \approx 150 \text{ mm}$$

$$S \leq \begin{cases} 150 \text{ mm} \\ 3h_s = 3 \times 150 = 450 \text{ mm} \\ 450 \text{ mm} \end{cases}$$

use $S = 150 \text{ mm}$

use $\phi 12 \text{ mm} @ 150 \text{ mm } c \setminus c$

ثانياً : حديد الحرارة والانكماش:

use $\phi 10 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = \frac{0.0018 \times 400}{f_y} = \frac{0.0018 \times 400}{400} = 0.0018$$

$$d = 150 - 20 - 12 - \frac{10}{2} = 113 \text{ mm}$$

$$A_s = \rho \times b \times d \\ = 0.0018 \times 1000 \times 113 = 203.4 \text{ mm}^2$$

$$S = 386 \text{ mm} \leq 3hs = 450 \\ \leq 450 \quad o.k$$

use $\phi 10 \text{ mm} @ 375 \text{ mm } c \setminus c$

ثالثاً : حديد التسليح للعزم السالب:

تسلح منطقة الاتصال بين قلبة السلم والاستراحة بكمية تسليح تساوي نصف الكمية المستعملة لمقاومة العزم الموجب وذلك لتلافي العزوم السالبة في حالة حدوثها :

$$A_s = \frac{723}{2} = 362 \text{ mm}^2$$

use $4 \phi 12 \text{ mm} / m^1$

رابعاً : تدقيق القص:

$$\phi V_c = \phi \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \times bw \times d$$

$$= 0.85 \times \frac{\sqrt{25}}{6} \times 1000 \times 124 \times 10^{-3} = 87.83 \text{ kN}$$

$$V_u = 32.73 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c \quad \Rightarrow \quad o.k$$

\therefore لا يحدث قص

5.1.3.4 تصميم عتبة استراحة السلم:

- تحديد إبعاد العتبة:

يحدد ارتفاع العتبة بما يتوافق مع ملاءمتها لمقاومة الانحراف حسب متطلبات الكود . ACI code 318-83-9.5(a)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6000}{16} = 375 \text{ mm}$$

use $h = 400 \text{ mm}$

$$\left(\frac{h}{3} < b < \frac{2h}{3} \right) = (133.3 - 266.6) \quad \text{use } b = 200 \text{ mm}$$

- الأحمال المسلطة على الكمرة [3] :

رد الفعل الناتج من القلبات المتكررة

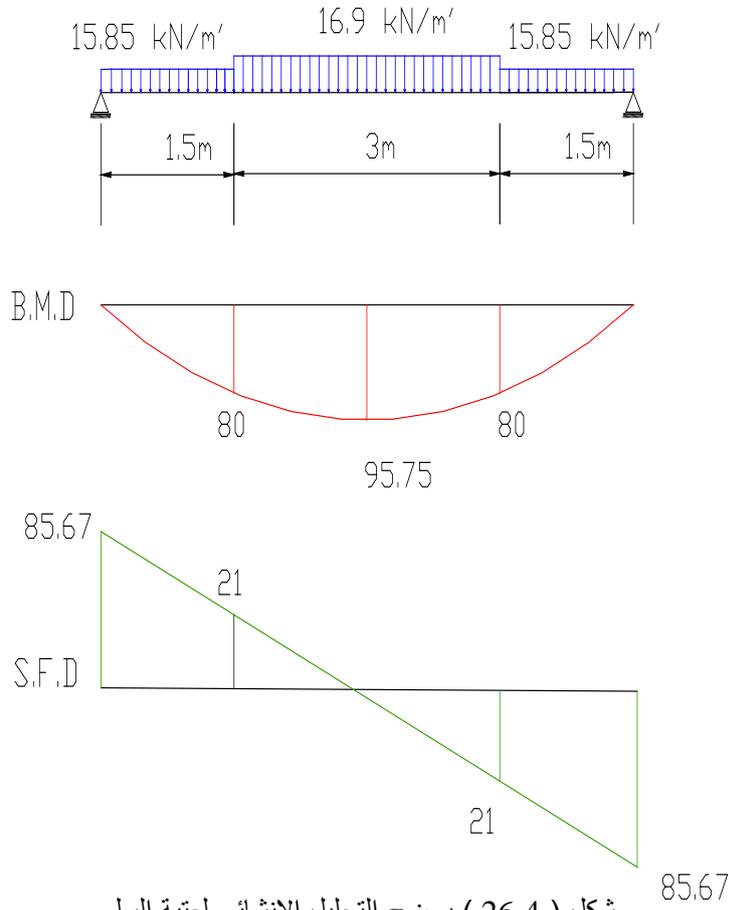
الأحمال العائدة من استراحة السلم :

حمل الوزن الذاتي

حمولة الجدران

- التحليل الإنشائي :

$$32.73 \text{ kN/m}$$
$$0.15 \times 25 \times 1.2 = 4.5 \text{ kN/m}$$
$$0.4 \times 0.2 \times 25 = 2 \text{ kN/m}$$
$$7.5 \text{ kN/m}$$



- التصميم الإنشائي:

$$M = 95.75 \text{ kN.m} \quad d = 370 \text{ mm} \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

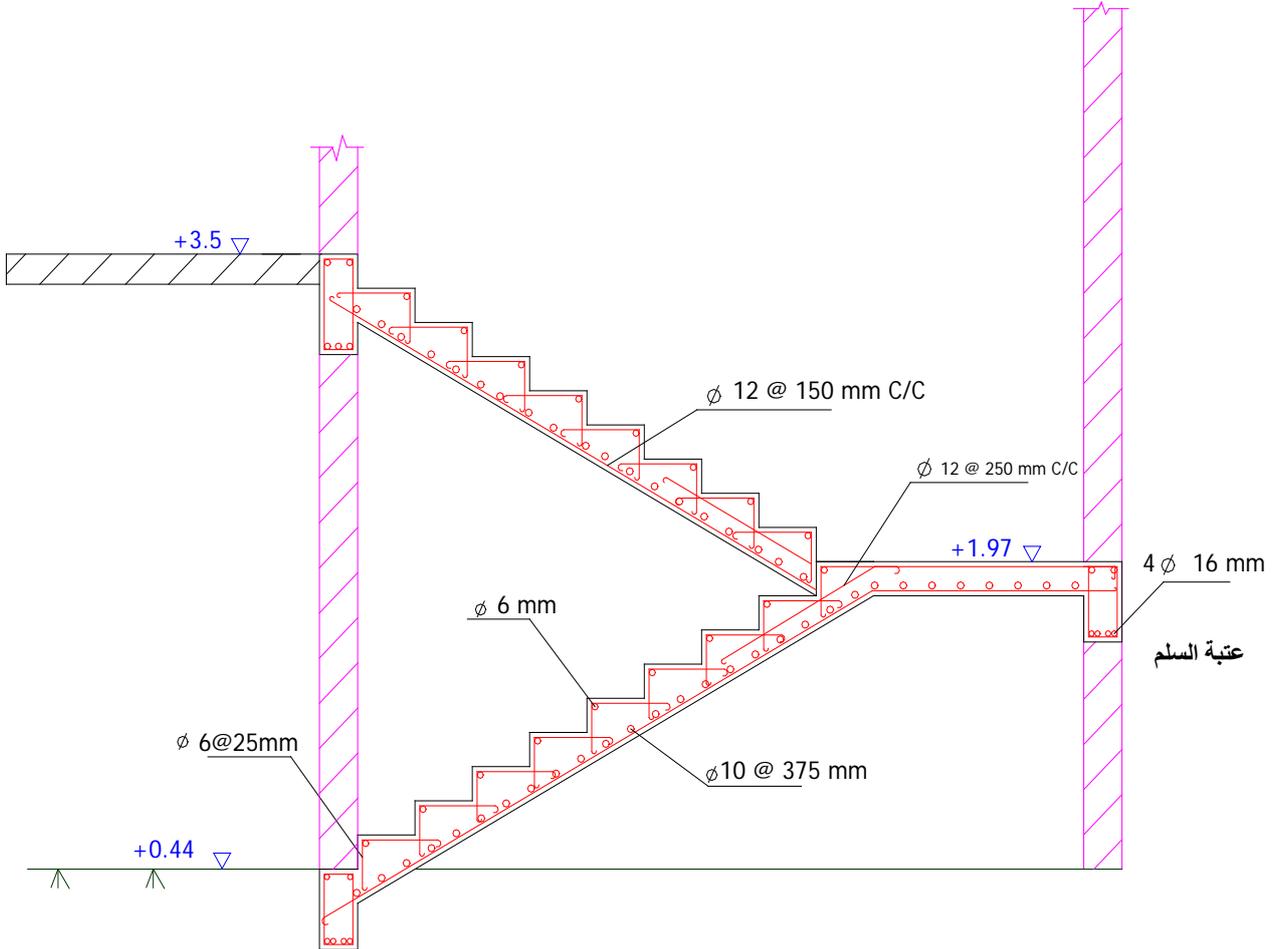
$$k_u = 0.155 \quad W = 0.173 \quad \rho = 0.0108$$

$$\rho_{\min} = 0.0035 \quad \rho_{\max} = 0.02$$

$$\text{use } \rho = 0.0108$$

$$A_s = 0.0108 \times 200 \times 370 = 800 \text{ mm}^2$$

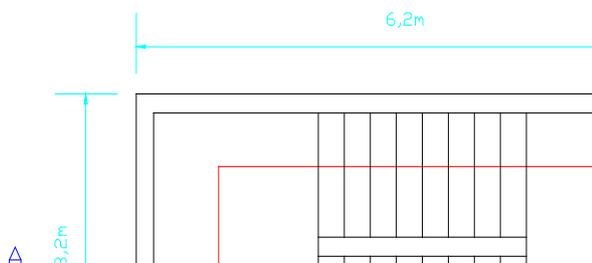
\therefore use 4 ϕ 16 mm



الشكل (4-27) يوضح تفاصيل تسليح السلم الرئيسي.

2.3.4 تصميم سلم الطوارئ:

1.2.3.4 تحديد الأبعاد:



الشكل (28-4) يوضح أبعاد سلم الطوارئ المختارة.

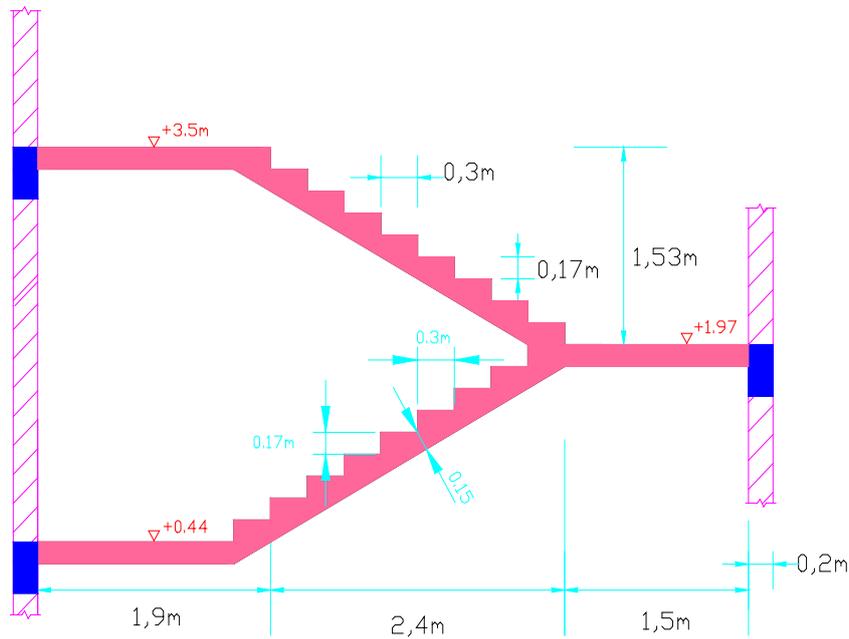
$$\theta = \tan^{-1} \frac{1.53}{2.4} = 32.5^\circ$$

$$L = 2846 \text{ mm}$$

$$e = \frac{L}{21} = \frac{2846}{21} = 135.5 \text{ mm}$$

$$\text{use } e = 170 \text{ mm}$$

$$\bar{e} = \frac{e}{\cos \theta} = \frac{170}{\cos 32.5} = 200 \text{ mm}$$



الشكل (29-4) يوضح أبعاد سلم الطوارئ.

2.2.3.4 تحديد الحمولات:

أ:- حساب الحمولات على القلبة المتكررة :

$$e \cdot \gamma = 0.17 \times 25 = 4.25 \text{ kN / m}^2$$

وزن بلاطة السلم

$$= \frac{1}{2} \times 0.3 \times 0.17 \times 25 = 0.64 \text{ kN / m}^2$$

وزن الدرجات

$$1.24 \text{ kN / m}^2$$

وزن الإنهاءات

$$0.07 \text{ kN / m}^2$$

وزن إضافي

$$\sum DL = 6.2 \text{ kN / m}^2$$

$$\sum L.L = 5 \text{ kN / m}^2$$

$$W_u = 1.4 \times 6.2 + 5 \times 1.7 = 17.18 \text{ kN / m}^2$$

ب :- حساب الأحمال على استراحة السلم :

$$= 0.17 \times 25 = 4.25 \text{ kN / m}^2$$

وزن بلاطة الاستراحة

$$1.24 \text{ kN / m}^2$$

وزن الإنهاءات

$$0.01 \text{ kN / m}^2$$

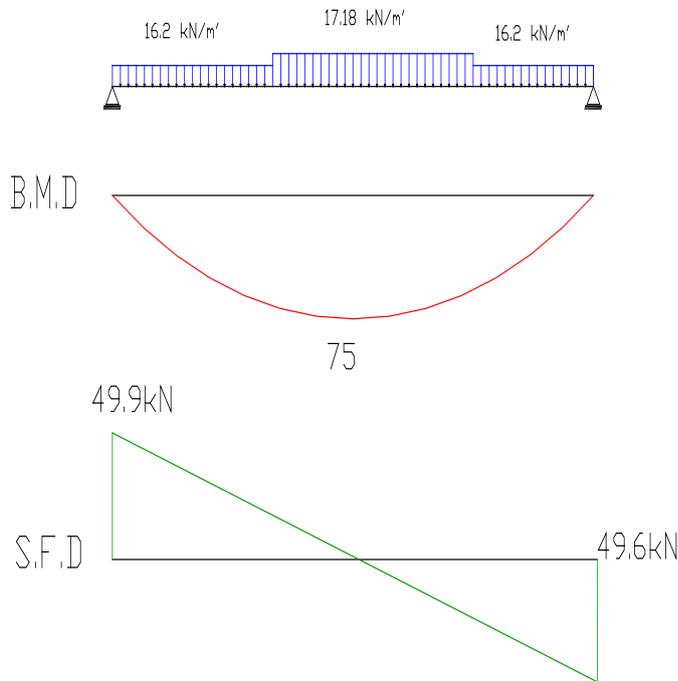
وزن إضافي

$$\sum DL = 5.50 \text{ kN / m}^2$$

$$\sum L.L = 5 \text{ kN / m}^2$$

$$W_u = 1.4 \times 5.5 + 5 \times 1.7 = 16.2 \text{ kN / m}^2$$

2.2.3.4 التحليل الإنشائي:



الشكل (4-30) يوضح التحليل الإنشائي لبلاطة سلم الطوارئ

3.2.3.4 حساب حديد التسليح:

أولاً :- التصميم للعزم الموجب:

use ϕ 16mm use Cover 20mm

$$d = e - \frac{db}{2} - Cover$$

$$= 170 - \frac{16}{2} - 20 = 142 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa} \quad , \quad f_y = 400 \text{ MPa} \quad M_{+ve} = 74.3$$

$$k_u = 0.165 \quad w = 0.1856$$

$$\rho = 0.011$$

$$\rho_{\min} = 0.035$$

$$\rho_{\max} = 0.02$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$A_s = 1322 \text{ mm}^2 / m$$

$$\text{use } 7\phi 16 \text{ mm} / m^1$$

ثانياً :- تصميم الحديد المقاوم للعزم السالب:

بأخذ نصف قيمة مساحة الحديد للعزم الموجب.

$$A_s = \frac{1322}{2} = 661 \text{ mm}^2$$

$$\text{use } 4\phi 16 \text{ mm} / m^1$$

ثالثاً :- حديد الحرارة والانكماش:

$$\text{use } \phi 10 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{0.018 \times 400}{f_y} = 0.018$$

$$d = 170 - 20 - 16 - \frac{10}{2} = 129 \text{ mm}$$

$$A_s = 0.0018 \times 1000 \times 129 = 232.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{use } 3\phi 10 \text{ mm} \setminus m^1$$

رابعاً :- تدقيق القص:

$$\phi V_c = 0.85 \times \frac{\sqrt{25}}{6} \times 1000 \times 142 \times 10^{-3} = 100.6 \text{ kN}$$

$$V_u = 50 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_C \text{ o.k}$$

4.2.3.4 تصميم عتبة استراحة السلم:

- تحديد الأبعاد :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6000}{16} = 375 \text{ mm}$$

$$\text{use } h = 400 \text{ mm}$$

$$\left(\frac{h}{3} < b < \frac{2h}{3} \right) = (133.3 \text{ mm} - 266.6 \text{ mm})$$

$$\text{use } b = 200 \text{ mm}$$

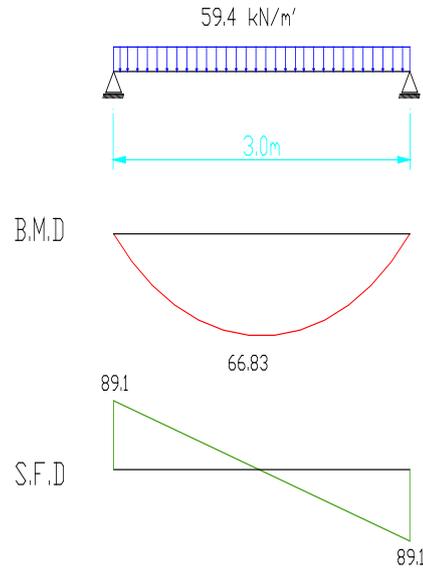
- تحديد الأحمال المسلطة [3] :

رد الفعل الناتج على القلبات المتكررة والاستراحة 49.9 kN/m

الوزن الذاتي $0.2 \times 0.4 \times 25 = 2 \text{ kN/m}$

وزن الجدران 7.5 kN/m

- التحليل الإنشائي:



الشكل (4-31) يوضح التحليل الإنشائي للكمرات سلم الطوارئ

- التصميم الإنشائي:

$$d = 400 - 20 = 370 \text{ mm}$$

$$M_{+ve} = 66.83 \text{ kN/m}$$

$$k_u = 0.1087$$

$$w = 0.1168$$

$$\rho = 0.0073$$

$$\rho_{\min} = 0.0035$$

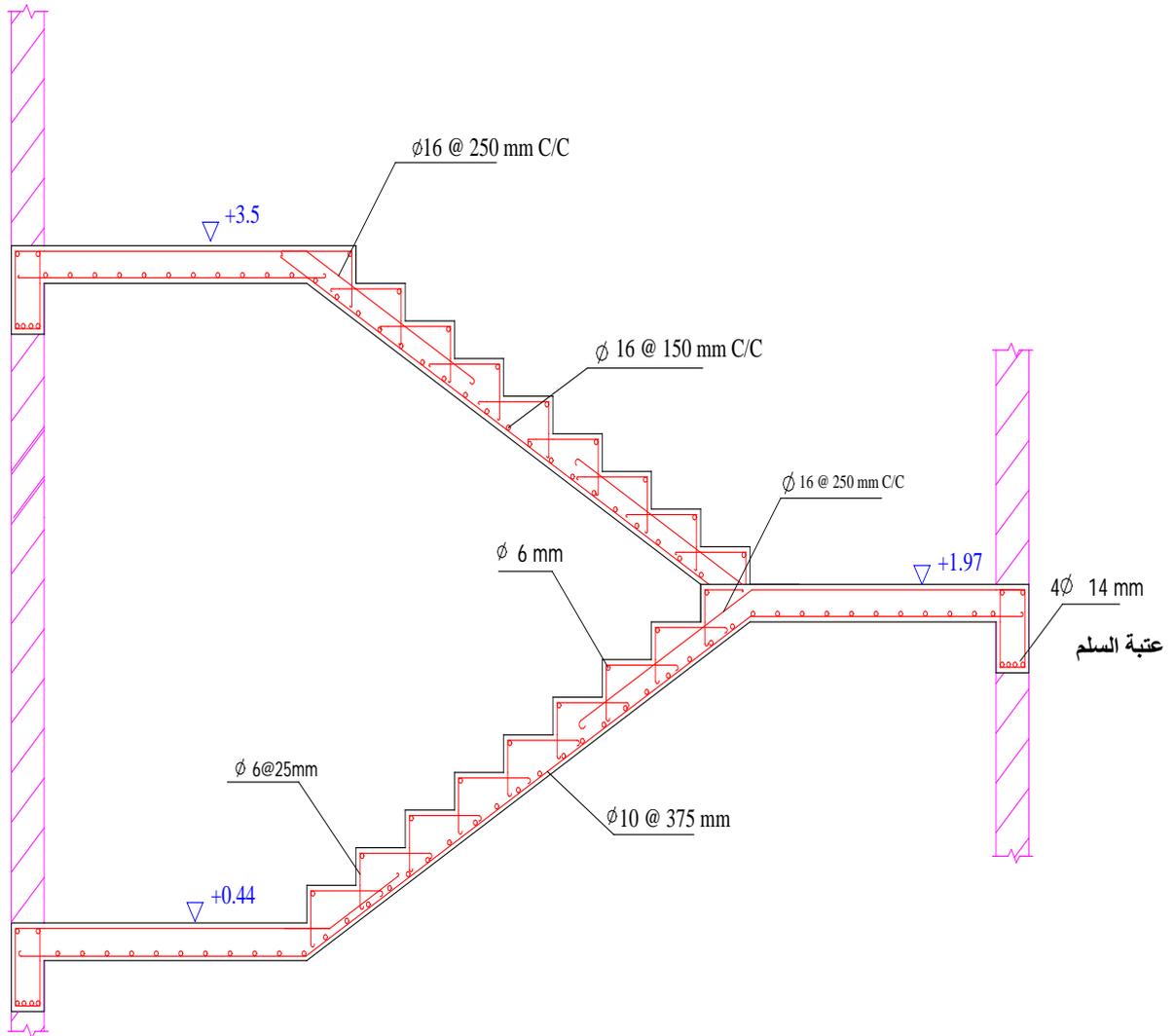
$$\rho_{\max} = 0.02$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

o.k

$$A_s = 540.23$$

use 4 $\phi 14\text{mm}$



الشكل (4-32) يوضح تفاصيل التسليح لسلم الطوارئ.