

اصول مهندسی پل



بارگذاری و طراحی کوله و پایه

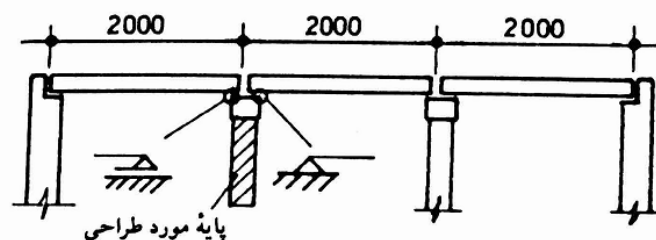
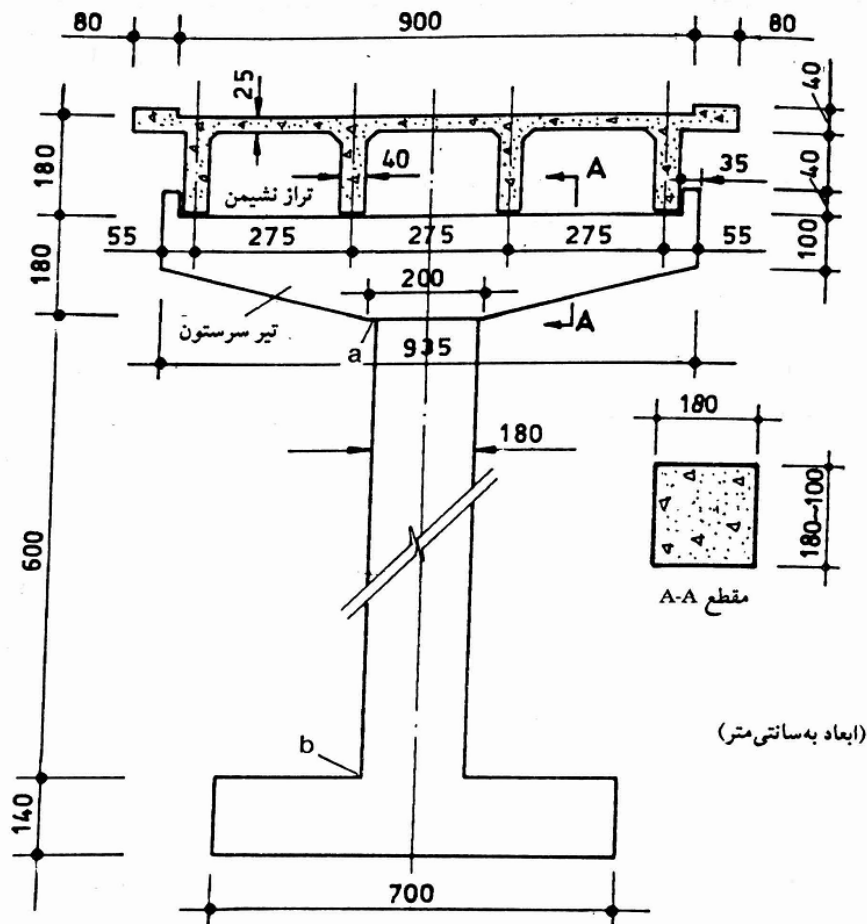
مدرس: دکتر محمد رضا میرجلیلی

دانشگاه نیرود - نیم سال اول ۹۵-۹۶

(توضیح: مطالب این جزوه در حد اختصار بوده و توضیحات تکمیلی در کلاس درس ارائه خواهد شد)

محاسبات ایستایی پایه در مقابل بارهای جانبی

- در این تمرین فقط بارهای جانبی ناشی از بار ترمز، بار باد عرضی و طولی، بار زلزله عرضی و طولی مورد نظر است.
 - بارهای فوق برای هر جزء جداگانه محاسبه شده و در نقطه اثر متناظر اعمال شود.
 - نیروی برش و لنگر حداکثر وارد بر پایه را در محل اتصال پایه به فونداسیون در دو جهت عرضی و طولی محاسبه کنید. (برای هر کدام از بارهای جانبی ترمز، باد و زلزله جداگانه محاسبه شود)
 - نیروی برش و لنگر خمشی طراحی پایه برای هر جهت طولی و عرضی تحت ترکیب بارهای مختلف ارائه گردد.
- توضیح: برای بار مرده مورد نیاز در وزن لرزه ای، علاوه بر بار مرده سازه ای، ۱۰ سانتیمتر آسفالت و ۳۰۰ کیلوگرم بر متر طول عرشه وزن نرده منظور شود. پل مورد نظر در شهر تهران بوده و خاک نوع ۲ می باشد.



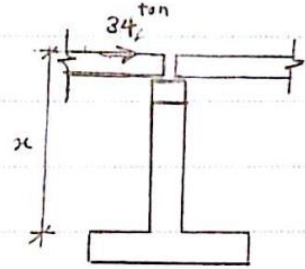


$$F_{\#} = 200 + 7 L_{\#} \leq 400 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{\#} = 200 + 7(20) = 340 \text{ (kN)} \leq 400 \text{ (kN)}$$

ارتفاع عرشه
سرسون
پایه

$$x = 6 + 1,8 + 1,8 + 0,1 = 9,7 \text{ (m)}$$



«تقاطع طولی پل»

۱-۲- محاسبه بار باد:

$$\text{مساحت پایه} = 6 \times 1,8 = 10,8 \text{ m}^2$$

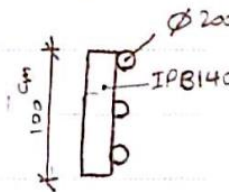
$$\text{مساحت سرسון} = 1,8 \times 1,8 = 3,24 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح جانبی سرسון} = (1,8 - 0,25) \times 20 = 31 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بادگیر دال و ستون} = 0,4 \times 20 = 8 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بادگیر خرده بادگیر} = 1,5 \left[\left(\frac{20}{3} + 1 \right) \times 1 \times 0,14 + 3 \times 20 \times 0,2 \right] = 19,61 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بادگیر دیواره ستون} = 2 \times 20 = 40 \text{ m}^2$$



جزئیات خرده

* محاسبه بار عرضی وارد بر سازه (WS)

$$V_{W \text{ عرشه}} = (31 + 8 + 19,61) \times 0,25 = 14,65 \text{ ton}$$

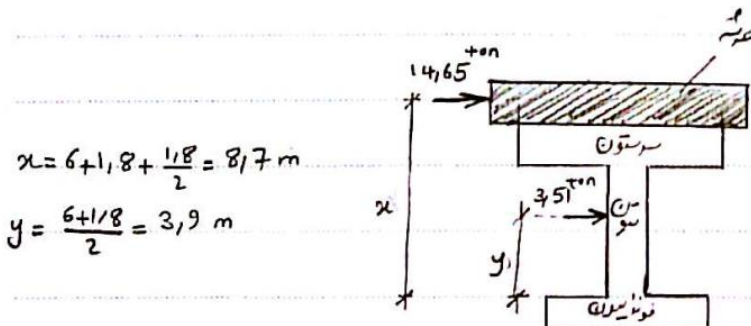
$$V_{W \text{ پایه}} = (10,8 + 3,24) \times 0,25 = 3,51 \text{ ton}$$

* محاسبه بار عرضی وارد بر سازه و تیرهای (WS و WL)

$$V_{W \text{ عرشه}} = (31 + 8 + 40) \times 0,125 = 9,88 \text{ ton}$$

$$V_{W \text{ پایه}} = (10,8 + 3,24) \times 0,125 = 1,76 \text{ ton}$$

کمی حالت بدون تیرهای حاکم بر طرح می باشد.



«تقاطع عرضی پل»



$$\text{مساحت پایه} = 6 \times 1,8 = 10,8 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت سرستون} = (9,35 \times 2,2) - (8,65 \times 0,4) - 2 \left(\frac{1}{2} \times 8,68 \times 0,18 \right) = 14,17 \text{ m}^2$$

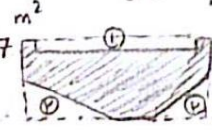
$$\text{سطح جانبی تیر} = \frac{1}{2} \times 31 = 15,5 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بارگیر دال ویناژ در} = \frac{1}{2} \times 8 = 4 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بارگیر تیر با فیتینگ ۱,۵} = \frac{1}{2} \times 17,61 = 9,81 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بارگیر تیرانگ} = \frac{1}{2} \times 40 = 20 \text{ m}^2$$

ب) بار بار طولی :



«تقاطع سرستون»

محاسبه می باد طولی وارد بر سازه (W_ک)

$$V_W = (15,5 + 4 + 9,81) \times 0,25 = 7,33 \text{ ton}$$

$$V_W = (10,8 + 14,17) \times 0,25 = 6,24 \text{ ton}$$

محاسبه می بار طولی وارد بر سازه و تیرانگ (W_ک و W_ت)

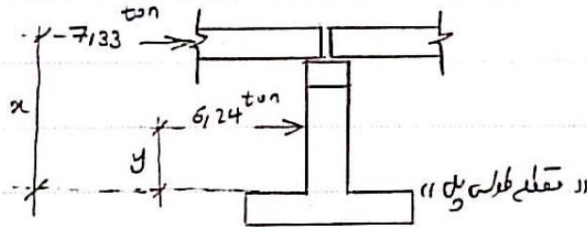
$$V_W = (15,5 + 4 + 20) \times 0,125 = 4,94 \text{ ton}$$

$$V_W = (10,8 + 14,17) \times 0,125 = 3,12 \text{ ton}$$

که حالت بدون تیرانگ حاکم بر طرح می باشد.

$$x = 6 + 1,8 + \frac{1,8}{2} = 8,7 \text{ m}$$

$$y = \frac{6 + 1,8}{2} = 3,9 \text{ m}$$



۳-۱- محاسبه می بار زلزله : $I = 1,2$ و $R = 3$ و $A = 0,35$ → ضریب سستی

$$K = \frac{3 \times (2,1 \times 10^5) \times \left(\pi \times \frac{90^4}{4} \right)}{600^3} = 1,5 \times 10^5 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right)$$

$$\text{وزن عرشه} = [4 \times (0,4 \times (1,8 - 0,25)) + (10,6 \times 0,25) + 2 \times (0,18 \times 0,15)] \times 20 \times 2,5 +$$

$$+ (9 \times 0,1 \times 20) \times 2,2 = 308,1 \text{ ton}$$

$$\text{وزن سرستون} = 14,17 \times 1,8 \times 2,5 = 63,8 \text{ ton}$$

$$\text{وزن پایه} = 6 \times \frac{\pi \times 1,8^2}{4} \times 2,5 = 38,2 \text{ ton}$$

$$\text{وزن تیرانگ} = 0,3 \times 20 = 6 \text{ ton}$$



$$W = 308,1 + 6 + 63,8 + \frac{1}{4} \times 38,2 = 387,45 \text{ ton} = 387450 \text{ kg}$$

$$\rightarrow T = 2\pi \times \sqrt{\frac{387450}{1,5 \times 10^5 \times 9,81}} = 0,32 \text{ (s)}$$

II رسیدن نوع $\rightarrow T_0 = 0,1$ و $T_5 = 0,5$ و $S = 1,5$ و $S_0 = 1$

$$\rightarrow 0,1 < T = 0,32 < 0,5 \rightarrow B_1 = S + 1 = 1,5 + 1 = 2,5$$

$$\Rightarrow B = B_1 \times N = 2,5 \times 1 = 2,5$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0,35 \times 2,5 \times 1,2}{3} = 0,35$$

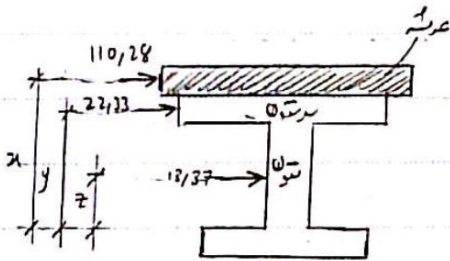
* چون ستون مورد نظر در هر دو جهت طولی و عرضی به صورت یک ستون است پس ضریب پراش برای هر دو جهت یکسان است.

در نتیجه

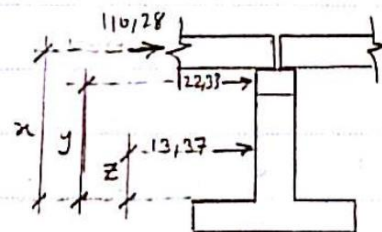
$$F_D = 0,35 \times (308,1 + 6) = 110,28 \text{ ton}$$

$$F_b = 0,35 \times 63,8 = 22,33 \text{ ton}$$

$$F_c = 0,35 \times 38,2 = 13,37 \text{ ton}$$



تقاطع عرضی پیل



مقطع طولی پیل

ارتفاع خاکی

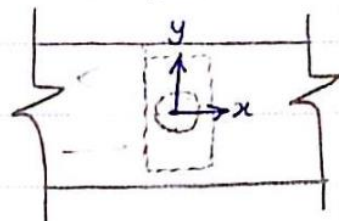
$$x = 6 + 1,8 + \frac{11,8 + 0,1}{2} = 8,75 \text{ m}$$

$$y = 4 + \frac{1,8}{2} = 4,9 \text{ m}$$

$$z = \frac{6}{2} = 3 \text{ m}$$



۲- محاسبه نیروی برشی و گسرنششی حداکثر دارد برایم در سطح انعام باید به نونداسیون :



$$34 \text{ ton} = \text{نیروی برشی حداکثر ناشی از بار ترمنز}$$

$$14,65 + 3,51 = 18,16 \text{ ton} = \text{از بار باد عرضی}$$

$$7,33 + 6,24 = 13,57 \text{ ton} = \text{از بار باد طولی}$$

$$110,28 + 22,33 + 13,37 = 145,98 \text{ ton} = \text{از زلزله عرضی}$$

$$145,98 \text{ ton} = \text{از زلزله طولی}$$

پلان پل

$$34 \times 9,7 = 329,8 \text{ ton} \cdot \text{m} = \text{لگرنششی حداکثر ناشی از بار ترمنز}$$

$$14,65 \times 8,7 + 3,51 \times 3,9 = 141,14 \text{ ton} \cdot \text{m} = \text{از بار باد عرضی}$$

$$7,33 \times 8,7 + 6,24 \times 3,9 = 88,11 \text{ ton} \cdot \text{m} = \text{از بار باد طولی}$$

$$110,28 \times 8,75 + 22,33 \times 6,9 + 13,37 \times 3 = 1159,14 \text{ ton} \cdot \text{m} = \text{از زلزله عرضی}$$

$$1159,14 = \text{از زلزله طولی}$$

برش و گسرنششی در سطح	$V_x^{(ton)}$	$V_y^{(ton)}$	$M_x^{(ton \cdot m)}$	$M_y^{(ton \cdot m)}$
نیروی ترمنز	34	—	329,8	—
بار عرضی	—	18,16	—	141,14
بار طولی	13,57	—	88,11	—
زلزله عرضی	—	145,98	—	1159,14
زلزله طولی	145,98	—	1159,14	—



محاسبه نیروی برشی و گشتاور خمشی در تکیه‌گاه‌ها و در وسط پانچ (برای بارهای متحرک و ثابت)

ترکیب بارهای استاندارد ۱	$V_{u1} = 1,25 * (1,3 * 34) = 55,25 \text{ ton}$
	$M_{u1} = 1,25 * (1,3 * 329,8) = 535,92 \text{ ton.m}$
ترکیب بارهای استاندارد ۲	$V_{u2} = 1,25 * (1 * 13,57) = 16,96 \text{ ton}$
	$M_{u2} = 1,25 * (1 * 88,11) = 110,14 \text{ ton}$
ترکیب بارهای استاندارد ۳	$V_{u3} = 1,25 * (1 * 34 + 0,3 * 3,12 + 1 * 4,94) = 49,84 \text{ ton}$
	$M_{u3} = 1,25 * (329,8 + 0,3 * (3,12 * 3,9) + (4,94 * 8,7)) = 470,5 \text{ ton.m}$
ترکیب بارهای استاندارد ۷ ☒	$V_{u7} = 1,25 * (145,98) = 182,48 \text{ ton}$
	$M_{u7} = 1,25 * (1159,14) = 1448,93 \text{ ton.m}$

((نیروی برشی و گشتاور خمشی در تکیه‌گاه‌ها و در وسط پانچ))

ترکیب بارهای استاندارد ۲	$V_{u2} = 1,25 * (18,16) = 22,7 \text{ ton}$
	$M_{u2} = 1,25 * (141,14) = 176,42 \text{ ton.m}$
ترکیب بارهای استاندارد ۳	$V_{u3} = 1,25 * (0,3 * 1,76 + 1 * 9,88) = 13,01 \text{ ton}$
	$M_{u3} = 1,25 * [0,3 * (3,9 * 1,76) + (9,88 * 8,7)] = 110,02 \text{ ton.m}$
ترکیب بارهای استاندارد ۷ ☒	$V_{u7} = 1,25 * (145,98) = 182,48 \text{ ton}$
	$M_{u7} = 1,25 * (1159,14) = 1448,93 \text{ ton.m}$

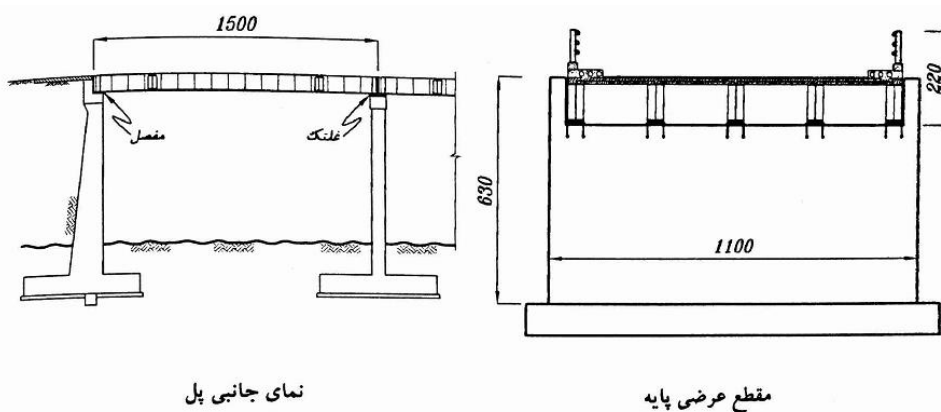
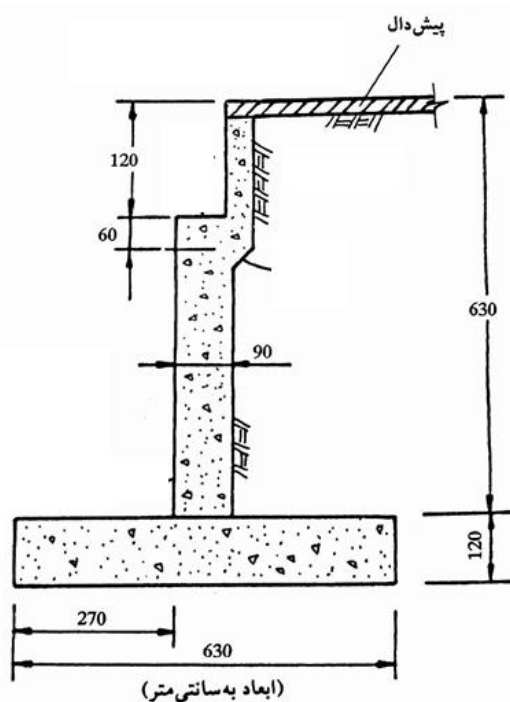


محاسبات ایستایی کوله در مقابل بارهای جانبی

در محاسبات باد ضخامت عرشه و تیر ۱۲۰ سانتیمتر می باشد.

- در محاسبات فشار خاک زاویه اصطکاک داخلی خاک ۲۸ درجه و وزن مخصوص خاک ۱.۸ تن بر مترمکعب می باشد.

- سایر فرضیات به صورت مناسب انجام شود.

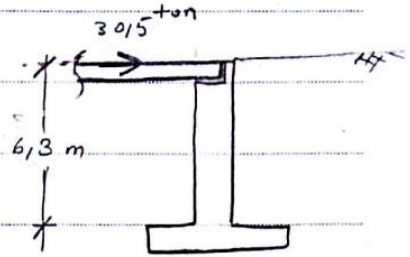




$$F_d = 200 + 7.6 \leq 400 \text{ kN}$$

۱-۱- محاسبه بار ترنر:

$$\rightarrow F_d = 200 + 7 \times 15 = 305 \text{ kN} \leq 400 \text{ kN}$$



نمای جانبی

$$\text{سطح بارگیر دیوار} = 11 \times (6.3 - 1.2) = 56.1 \text{ m}^2$$

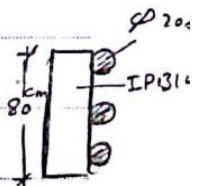
۱-۲- محاسبه بار بار طولی:

$$\text{سطح جانبی تیر} = \frac{1}{2} \times \left(1 \times \frac{15}{2}\right) = 3.75 \text{ m}^2$$

{ ارتفاع تیر = ۱ م فرض }

$$\text{سطح بارگیر دال و ستون} = \frac{1}{2} \times \left(0.4 \times \frac{15}{2}\right) = 1.5 \text{ m}^2$$

{ پهنای دال = ۰.۴ م }
{ پهنای ستون = ۰.۱۲ م }
{ فرض } $\times 0.14 = 0.12 + 0.12$



جزئیات ترنر

$$\text{سطح بارگیر ترنر و ستون} = \frac{1}{2} \times 1.5 \times \left[\left(\frac{7.15}{3} + 1\right) \times 0.18 \times 0.14 + 7.15 \times 3 \times 0.12\right] = 3.67 \text{ m}^2$$

$$\text{سطح بارگیر ستون} = \frac{1}{2} \times (2 \times 7.15) = 7.15 \text{ m}^2$$

محاسبه بار طولی و در بر سازه (WS)

$$V_w = (3.75 + 1.5 + 3.67) \times 0.25 = 2.23 \text{ ton}$$

$$V_w = 56.1 \times 0.25 = 14.02 \text{ ton}$$

محاسبه بار طولی و در بر ترافیک و سازه (WS, WT)

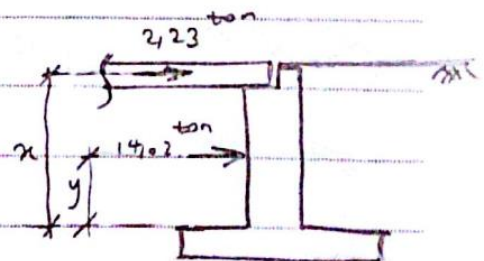
$$V_w = (3.75 + 1.5 + 7.15) \times 0.125 = 1.59 \text{ ton}$$

$$V_w = 56.1 \times 0.125 = 7.01 \text{ ton}$$

که جامع بدون ترافیک حالت بر طر است

$$x = 5.1 + \frac{2.12}{2} = 6.2 \text{ m}$$

$$y = \frac{5.1}{2} = 2.55 \text{ m}$$



نمای جانبی



۳-۱ - محاسبه بار زلزله: (درجه ۲ ضعیف از زمین‌لرزه) $R=3$ و $I=1,2$ و $A=0,135$: بزرگ

$$K = \frac{3 \times 2,1 \times 10^5 \times \left(\frac{1100 \times 90}{12}\right)^3}{510^3} = 317372 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

درجه ۱ ضعیف

وزن دیوار = $11 \times 0,9 \times 5,1 \times 2,5 = 126,2 \text{ ton}$

Back wall: وزن دیوار پس = $11 \times 1,8 \times 0,4 \times 2,5 = 19,8 \text{ ton}$

$\left[\text{ضریب تیر} = 0,4 \right]$ فرض

وزن عرشه = $15 \times 10,2 \times 0,98 = 149,94 \text{ ton}$

$\left[\text{عرض عرشه} = 11 - 2 \times 0,4 = 10,2 \text{ m} \right]$ فرض

$W = 149,94 + 19,8 + \frac{126,2}{4} = 201,29 \text{ ton}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{201,29 \times 10^3}{317372 \times 9,81}} = 0,16 \text{ (s)}$ $T_0 = 0,16 \text{ (s)}$ $T = 0,16 \text{ (s)}$ $T_5 = 0,7 \text{ (s)}$

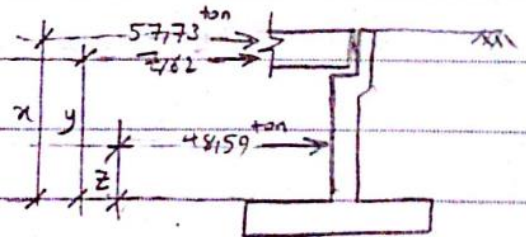
$B = 1 \times (1 + 1,75) = 2,75$ $C = \frac{ABI}{R} = \frac{0,135 \times 2,75 \times 1,2}{3} = 0,1385$

$F_D = 0,1385 \times 149,94 = 57,73 \text{ ton}$
 $F_{BW} = 0,1385 \times 19,8 = 7,62 \text{ ton}$
 $F_W = 0,1385 \times 126,2 = 48,59 \text{ ton}$

$x = 5,1 + \frac{1,2}{2} = 5,7 \text{ m}$

$y = (5,1 - 0,6) + \frac{1,8}{2} = 5,4 \text{ m}$

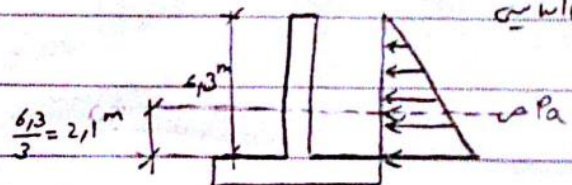
$z = \frac{5,1}{2} = 2,55 \text{ m}$



۳-۲ - محاسبه بار خنک سازه استاتیکی دریناسی: $K_A = \tan^2\left(45 - \frac{28}{2}\right) = 0,36$

$P_a = \frac{1}{2} \times 0,36 \times 1,8 \times 6,3^2 = 12,86 \text{ ton}$

الو استاتیکی





ب) ریناسی: $\delta = \frac{2\phi}{3} = \frac{2 \times 28}{3} = 18,7^\circ$

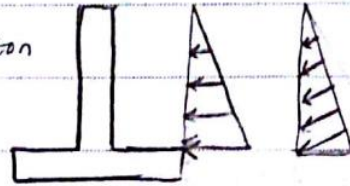
$\theta = \text{Arctg}\left(\frac{k_h}{1 - k_v}\right) = \text{Arctg}\left(\frac{0,175}{1 - 0}\right) = 9,9^\circ$

$\psi = \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(28+18,7) \sin(28+9,9)}{\cos(18,7+9,9) G(0-0)}}\right]^2 = 2,27 \rightarrow k_{AE} = \frac{\cos^2(28-9,9)}{2,27 \times G_{9,9} + G(18,7+9,9)} = 0,46$

$k_{EQ} = k_{AE} - k_A = 0,46 - 0,36 = 0,1$

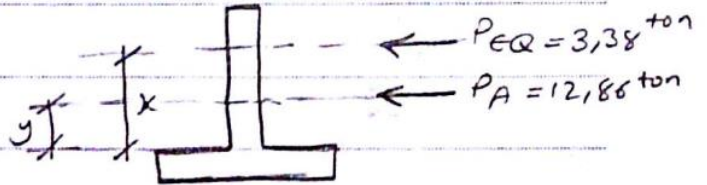
$P_{EQ} = 0,5 \times 0,1 \times 1,8 \times 6,3^2 = 3,57 \times G_{18,7} = 3,38 \text{ ton}$

$P_A = 0,5 \times 0,36 \times 1,8 \times 6,3^2 = 12,86 \text{ ton}$



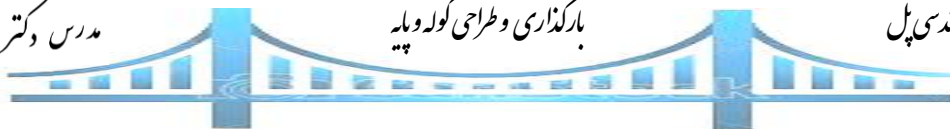
$x = 0,6 H = 0,6 \times 6,3 = 3,78 \text{ m}$

$y = \frac{H}{3} = \frac{6,3}{3} = 2,1 \text{ m}$



۲- گستره و برش حداکثر در راستای طول برای هر بار بجز بار جانبی:

نوع بار	$V(\text{ton})$	$M(\text{ton.m})$
نیروی آرمز	30,5	$30,5 \times 6,3 = 192,15$
نیروی باد طوسی	$2,23 + 14,02 = 16,25$	$2,23 \times 6,2 + 14,02 \times 2,55 = 49,58$
نیروی زلزله طوسی	$57,73 + 7,62 + 48,59 = 113,99$	$57,73 \times 5,7 + 7,62 \times 5,14 + 48,59 \times 2,55 = 424,11$
نیروی خاکی (ایستایی)	12,86	$12,86 \times 2,1 = 27$
نیروی خاکی (ایستایی)	$3,38 + 12,86 = 16,24$	$3,38 \times 3,78 + 12,86 \times 2,1 = 39,78$



طراحی کوله و فونداسیون آن

- پل مورد نظر از دو دهانه تشکیل شده است. دهانه a با سیستم عرشه دال تخت و دهانه b با سیستم عرشه دال بتنی با تیر درجا پوشانده می شود.

۱. محاسبه بارهای وارد بر کوله

- بار مرده عرشه
- بار مرده دیوار و خاک روی پاشنه فونداسیون
- نیروی زلزله عمود بر دیوار
- فشار جانبی خاک (استاتیکی و زلزله)

۲. محاسبه لنگر طراحی در پای دیوار (جهت طراحی دیوار) تحت ترکیب بار شماره ۷ نشریه ۳۸۹ (دقت شود فقط نیروهای جانبی منظور می گردد).

۳. طراحی آرماتورهای قائم (خمشی) دیوار بر اساس آبا (مبحث نهم)

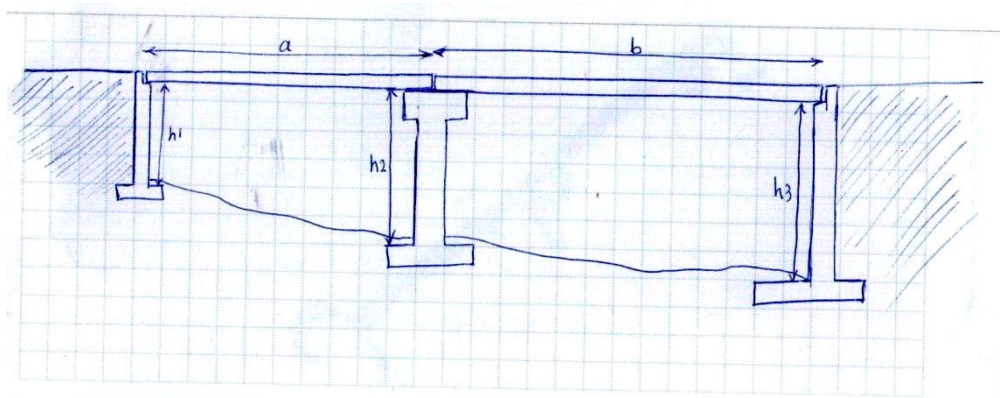
۴. طراحی آرماتورهای افقی دیوار بر اساس ضوابط حداقل آرماتور دیوارها مبحث نهم

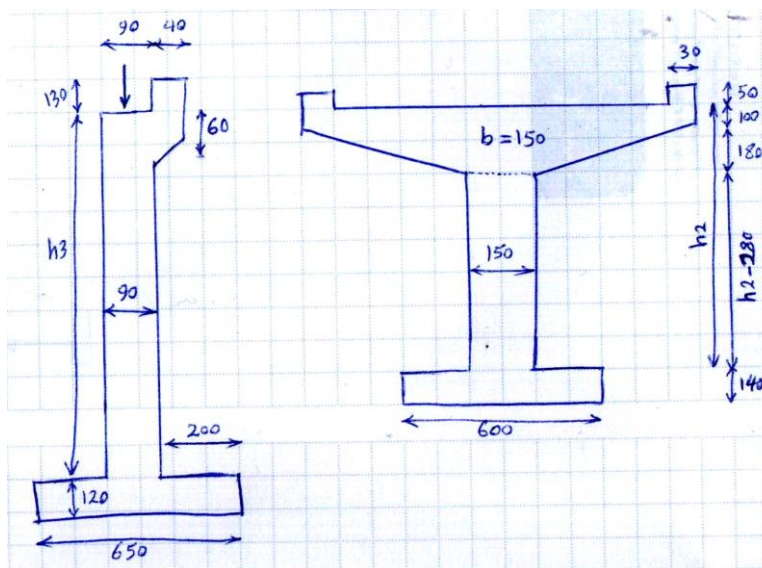
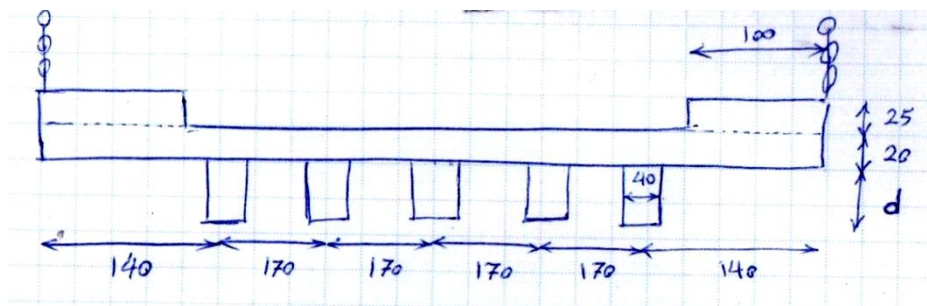
۵. محاسبه نیروی قائم و لنگر واژگونی کوله (لنگر محرک منهای لنگر مقاوم) تحت ترکیب بار ۷ (راهنمایی: لنگرها نسبت به پنجه محاسبه شوند)

۶. تعیین توزیع تنش طراحی زیر فونداسیون و محاسبه لنگر طراحی پنجه و پاشته

۷. طراحی آرماتورهای فونداسیون بر اساس آبا

۸. رسم آرماتورگذاری دیوار و فونداسیون





موقعیت	a [m]	b [m]	t1 [cm]	d [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]
یزد	7.5	11.5	45	105	6	6

حل:

۱- محاسبه بارهای وارد بر کوله:

الف) بار مرده عرشه:

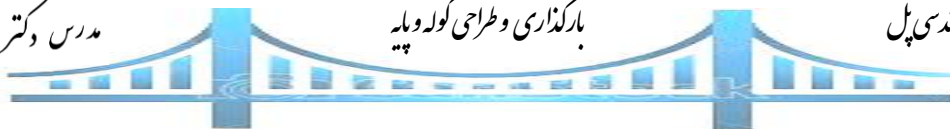
$$(2 * 0.2) = \text{وزن مرده نرده}$$

$$\text{وزن مرده دال و شاهتیر} = (5 * 0.4 * 1.05 + 9.60 * 0.20 + 2 * 1.00 * 0.25) * 2.5 = 11.3 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{وزن زیر اساس و آسفالت} = (0.30 * 7.60) * 1.92 + (0.1 * 7.60) * 2.2 = 6.05 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{وزن مرده عرشه} = 0.4 + 11.3 + 6.05 = 17.75 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{وزن کل عرشه} = 17.75 * 11.5 = 204.125 \text{ ton}$$



$$\text{سهم راستی کوله} = \frac{204.125}{2} = 102.06 \text{ ton}$$

$$\text{وزن واحد طول عرشه} = \frac{102.06}{9.6} = 10.63 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

واکنش ناشی از بار زنده:

تانک:

$$R_{\text{col}} = \frac{20 * 3.5 * (11.5 - 1.75)}{11.5} = 59.34 \text{ ton}$$

کامیون:

$$R_{\text{col}} = \frac{8 * 4.1 + 16 * 10.1 + 16 * 11.5}{11.5} = 32.9 \text{ ton}$$

اثر بار زنده تانک بر طول واحد کوله:

$$W_{\text{col}} = \frac{59.34}{9.6} = 6.18 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

محاسبه بار مرده دیوار و خاک روی پاشنه فونداسیون:

$$\text{بار مرده قائم دیوار} = (0.90 * 6.0) * 2.5 = 13.5 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{بار مرده فونداسیون} = (6.5 * 1.20) * 2.5 = 19.5 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{بار مرده زبانه} = (1.9 * 0.4) * 2.5 = 1.9 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

محاسبه بار مرده خاک روی پاشنه فونداسیون:

$$\text{خاک زیر زبانه} = (5.4 * 0.4) * 1.9 = 4.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{خاک روی پاشنه} = (1.60 * (6 + 1.30)) * 1.9 = 22.19 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

محاسبه نیروی زلزله عمود بر دیوار:

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.25 * 2.75 * 1.2}{3} = .27$$

$$E_{\text{عرشه}} = 17.75 * 0.27 = 4.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$E_{\text{زبانه}} = 1.9 * 0.27 = 0.3 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$E_{\text{دیواره قائم}} = 13.5 * 0.27 = 2.6 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$W = 0.25 * W_{col} + W_{beam,deck}$$

$$= 0.25 * (22.19 + 4.1 + 13.5 + 19.5 + 1.9) + 10.63 + .5 * 6.18$$

$$= 29.02 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{960 * 90^3}{12} = 58320000 \text{ cm}^4, E = 249750 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, K = \frac{3EI}{L^3}$$

$$= \frac{3 * 249750 * 0.58 * 10^8}{600^3} = 202265.88 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi * \sqrt{\frac{29.02 * 1000}{981 * 202265.88}} = 0.235 \text{ sec}$$

یزد زمین نوع سوم می باشد و با توجه به ویرایش چهارم ۲۸۰۰ داریم

$$T_0 = 0.1, T_s = 0.7, B_1 = S + 1 = 1.75 + 1 = 2.75, N = 1, R = 3$$

اثر زلزله بر روی فشار جانبی خاک:

فرض: $\alpha = 0^\circ, \beta = 90^\circ, \phi = 30^\circ$ بنابر این $k_a = 0.333$ روش تقریبی محاسبه K_{ae} :

$$K_{ae} = K_a + 0.75 * K_h = 0.33 + 0.75 * 0.5 * 0.25 = 0.423$$

$$P_{ae} = 0.5\gamma AH^2 K_{ae} = 0.5 * 1.9 * (6 + 1.3)^2 * 0.423 = 21.41 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

محاسبه فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی:

$$P_a = 0.5\gamma H^2 K_a = 0.5 * 1.9 * (6 + 1.3)^2 * 0.33 = 16.7 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

نقطه اثر برآیند P_{ae} از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$z = \frac{0.6H \cdot \Delta P_{ae} + P_a \cdot H/3}{P_{ae}} = \frac{0.6 * 6 * (21.41 - 16.70) + 16.7 * 2}{21.42} = 2.35 \text{ m}$$

محاسبه لنگر طراحی در پای دیوار (جهت طراحی دیوار، تحت ترکیب بار ۷):

مقدار محرک	بازو لنگر	مقدار نیرو	نوع نیرو
ton. m/m	m	ton/m	واحد
35.28	$6.0 + 1.05 + 0.3 = 7.35$	4.8	زلزله (عرشه)
1.71	$6.0 - 0.3 = 5.7$	0.3	زلزله (زبان)
7.80	3.0	2.6	زلزله (دیواره قائم)
45.30	$6 * \frac{1}{3} = 2$	22.65	فشار خاک استاتیکی
68.22	2.35	29.03	فشار خاک دینامیکی



ترکیب بار شماره ۷ :

$$M_U = \beta_D * M_D + \beta_E * M_E + M_{EQ}$$

$$\beta_E = 1.3, M_{U,1} = 1.25[\beta_E * M_E + M_{EQ}]$$

$$= [1.3 * 68.22 + (35.28 + 1.71 + 7.8)] = 166.85 \text{ ton.m/m}$$

$$\beta_E = 1.15, M_{U,2} = 1.25[\beta_E * M_E + M_{EQ}]$$

$$= 1.25[1.15 * 45.3 + (35.28 + 1.71 + 7.8)] = 121.10 \text{ ton.m/m}$$

$$M_U = 166.85 \text{ ton.m/m}$$

طراحی آرماتورهای قائم خمشی دیوار بر حسب آبا:

$$q_{\max} = 0.33 * 1.90 * 6.0 = 3.76 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$V_u = 3.76 * \frac{6}{2} = 11.28 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\phi V_c = 0.5 * 0.2 * 0.65 * \sqrt{30} * 1000 * (900 - 70) = 295 \text{ kN} = 29.5 \text{ ton}$$

$$V_u = 11.28 \leq \phi V_c = 29.5$$

نیازی به طراحی برای برش در دیوار نمی باشد.

$$M_u = 11.28 * \frac{1}{3} * 6 = 22.56 \text{ ton.m/m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0.9 * 1000 * 830^2} = 0.36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c} = 13.33$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * R_n}{f_y}} \right) = 0.0011$$

$$\rho_{\min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho_{\min} b h = 0.0015 * 1000 * 900 = 1350 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1350}{300} = 4.5 \rightarrow 5 \quad \frac{1350}{5} = 270 \text{ mm}^2 = 2.7 \text{ cm}^2$$

$$\text{USE: } \phi 20 @ 30 \text{ cm}$$

$$A_{s,\text{pro}} = 1570 \text{ mm}^2$$

طراحی آرماتورهای افقی دیوار:

$$A_s = \rho_{\min} b h = 0.0025 * 1000 * 900 = 2250 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{2250}{300} * 0.5 = 3.75 \rightarrow 4 \quad \frac{2250}{4 * 2} = 281.25 \text{ mm}^2 = 2.81 \text{ cm}^2$$



$$USE: 2 * \varnothing 20 @ 30 \text{ cm}$$

$$A_{s,pro} = 1570 \text{ mm}^2$$

محاسبه نیروی قائم و لنگر واژگونی کوله:

لنگر مقاوم حول نقطه O (پنجه):

قسمت	بار	بازو	لنگر مقاوم
-	Ton/m	M	Ton.m/m
W_1	1.90	4.70	8.93
W_2	13.5	4.05	54.67
W_3	19.5	3.25	63.37
W_4	22.19	5.70	126.48
W_5	4.10	4.70	19.28
$W_{Dead,Deck}$	10.63	4.05	43.05
$W_{Live,Deck}$	6.18	4.05	25.03

محاسبه لنگر واژگونی حول نقطه O (پنجه):

$$= 22.65 * \frac{8.50}{3} = 64.175$$

لنگر ناشی از فشار استاتیکی خاک

$$M_{Fr} = (0.3 + 0.1 + 0.2 + 1.05 + 6.0 + 1.2) * 2.92 = 25.84 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$M_{EQ} = (1.2 + 6.0 + 1.05 + 0.3) * 4.8 + (6.0 + 1.2) * 0.3 + (3.0 + 1.2) * 2.6$$

$$= 54.12 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

محاسبه نیروی ترمز:

$$\text{نیروی ترمز} = 200 + 7L = 200 + 11.5 * 7 = 28 \text{ ton}$$

$$\text{نیرو واحد عرض ترمز} = \frac{28}{9.6} = 2.92 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

خلاصه نتایج

بار	$P \downarrow \frac{\text{ton}}{\text{m}}$	$H \rightarrow \frac{\text{ton}}{\text{m}}$	لنگر مقاوم	لنگر محرک
بار زنده عرشه	6.18		25.03	
بار مرده عرشه	10.63		43.05	
وزن زبانه	1.90		8.93	
وزن دیوار	13.50		54.67	



وزن فونداسیون	19.50		63.37	
وزن خاک روی پاشنه	22.19		126.48	
وزن خاک زیر زبانه	4.10		19.28	
فشار جانبی استاتیکی خاک		16.7		64.17
فشار جانبی دینامیکی خاک		29.03		68.22
ترمز		2.92		25.84
زلزله (عرشه)		4.8		41.04
زلزله (زبانه)		0.3		2.16
زلزله (دیواره قائم)		2.6		10.92

لنگر واژگونی کوله تحت ترکیب بار ۷:

لنگر مقاوم:

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1.25 [\beta_D * M_D + \beta_E * M_E + M_{EQ} + M_{LL}] \\
 &= 1.25 * [(43.05 + 8.93 + 54.67 + 63.37 + 126.48 + 19.28) \\
 &\quad + 25.03] = 426.01 \frac{\text{ton.m}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

لنگر محرک:

$$\begin{aligned}
 M_U &= \beta_D * M_D + \beta_E * M_E + M_{EQ} + M_{LL} \\
 &= 1.25 [1.3 * 68.22 + (41.04 + 2.16 + 10.92)] = 178.51 \frac{\text{ton.m}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= \beta_D * M_D + \beta_E * M_E + M_{EQ} + M_{LL} \\
 &= 1.25 [1.15 * 64.17 + (41.04 + 2.16 + 10.92)] \\
 &= 159.875 \frac{\text{ton.m}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$159.875 - 426.01 = -266.135 = \text{لنگر مقاوم} - \text{لنگر محرک} = \text{لنگر واژگونی}$$

۶. تعیین توزیع تنش طراحی زیر فونداسیون:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{P}{LB} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) = \frac{P}{LB} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) = 1.38, 1.02 \text{ kgf/cm}^2$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{266.135 - 78 * 6.5/2}{78} = 0.16 \leq \frac{L}{6} = 1.08$$

for B = 7.6 m,

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{P}{LB} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) = \frac{P}{LB} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) = 1.16, 0.89 \text{ kgf/cm}^2$$



محاسبه لنگر طراحی پنجه و پاشنه:

$$M_u = 4.06 * 1.8467 - 1.41 * 3.19 = 2984709 \text{ kg.cm} = 298.4709 \text{ KN.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{1000 * 1200^2} = .207 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \rho = \rho_{min} = 0.0035, A_s = \rho b h$$

$$= 4200 \text{ USE}; \phi 22 @ 20 \text{ cm}$$

در جهت مقابل به دلیل نبود مقطع بحرانی آرماتور حداقل به منظور توزیع تنش وارده به خاک در نظر گرفته می شود.

$$A_s = \rho_{min} b h = 4200, \quad \text{USE}; \phi 22 @ 20 \text{ cm}$$

طراحی پایه تک ستونی

بار مرده عرشه:

$$W_{\text{Base, Asphalt}} = 0.3 * 7.6 * 1.92 + 0.1 * 7.6 * 2.2 = 6.05 \text{ ton}$$

$q =$ بار مرده واحد طول عرشه دو عنصری

$$= 2.5 * (1.05 * 0.4 * 5 + 7.6 * 0.2 + 2 * 1 * .25) + 0.1 * 7.6 * 2.2$$

$$+ 0.2 + 0.3 * 7.6 * 1.92 = 14.87 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

واکنش در هر شاهتیر:

$$R_D = \frac{14.87}{5} * \left(\frac{7.5}{2} + \frac{11.5}{2} \right) = 28.25 \text{ ton}$$

اگر تیر سر ستون را به صورت یکنواخت فرض کنیم، برای وزن یک تیر سر ستون داریم:

$$w = ((4 * 1.7 + 0.4 * 2 + 0.3 * 2) * 2.8 + 2 * 0.3 * 0.5 - 1.8 * 3.45) * 1.5$$

$$* 2.5 = 66.04 \text{ ton}$$

$$q \text{ بار یکنواخت} = \frac{66.04}{8.4} = 7.68 \text{ ton}$$

تحلیل تیر سر ستون:

لنگر و برش ناشی از بار مرده:

$$V_D = 66.04 * 3 + 7.68 * 3.45 = 224.616 \text{ ton}$$



$$M_D = 66.04 * (0.7 + 2.4) + 7.68 * \frac{3.45^2}{2} = 250.43 \text{ ton.m}$$

لنگر و برش ناشی از بار زنده:

$$R = (1 * 8 + 8 * 0.87 + 4 * 0.35 + 0.75 * 3.2 * 0.5 * 0.446) = 16.89 \text{ ton}$$

$$I = 1.3 - 0.005 * 19 - 0.015 * 0.4 = 1.199$$

$$R_{L+I} = 1.199 * 16.89 = 20.251 \text{ ton}$$

به کمک روش کوربن واکنش ناشی از بار زنده را محاسبه می کنیم:

$$R = \frac{\sum w}{n} * \left(1 + \frac{\sum I}{\sum \rho^2 I} (\rho_x)(e) \right)$$

$$\rho_1 = -\rho_5 = 3.4 \text{ m}, \quad \rho_2 = -\rho_4 = 1.7 \text{ m}, \quad e = 0.8 \text{ m}$$

$$\sum I = 5I, \quad \sum \rho^2 I = I(3.4^2 * 2 + 1.7^2 * 2) = 28.9I$$

$$\sum w = 4 * 20.25 = 81 \text{ ton}$$

$$R_1 = \frac{81}{5} * \left(1 + \frac{5}{28.9} * 3.4 * 0.8 \right) = 23.82 \text{ ton}$$

$$R_2 = \frac{81}{5} * \left(1 + \frac{5}{28.9} * 1.7 * 0.8 \right) = 20.01 \text{ ton}$$

$$R_3 = \frac{81}{5} * \left(1 + \frac{5}{28.9} * 0 * 0.8 \right) = 16.20 \text{ ton}$$

$$R_4 = \frac{81}{5} * \left(1 + \frac{5}{28.9} * (-1.7) * 0.8 \right) = 12.38 \text{ ton}$$

$$R_5 = \frac{81}{5} * \left(1 + \frac{5}{28.9} * (-3.4) * 0.8 \right) = 8.57 \text{ ton}$$

$$\text{زنده بار عرشه} = P = 23.82 + 20.01 + 16.20 + 12.38 + 8.57 = 81.0 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.00 \quad V_x = V_y = 0$$

$$M_y = (23.82 * 3.4) + (20.01 * 1.7) - (12.38 * 1.7) - (8.57 * 3.4) \\ = 64.82 \text{ tonf.m}$$



محاسبه نیروی ترمز:

$$\text{نیروی ترمز} = 200 + 7L = 200 + 7 * 9.5 = 26.65 \text{ ton}$$

محاسبه نیروی زلزله (طولی و عرضی):

$$\begin{aligned} W &= 0.25 * W_{\text{پایه}} + W_{\text{عرشه}} + W_{\text{سرستون}} \\ &= 0.25 * \left(\frac{\pi}{4} * (6 - 2.8) * 1.5^2 * 2.5 \right) + 14.87 + 66.04 \\ &= 3.53 + 14.87 + 66.04 \\ &= 84.44 \text{ ton} = 84.44 * 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \end{aligned}$$

با توجه به اینکه پایه در هر دو جهت طولی و عرضی به صورت تک ستونی است، ضریب برش پایه در هر دو جهت یکسان می باشد.

$$A = 0.25, R = 3, I = 1.2 \quad I = \frac{\pi * .75^4}{4} = 0.25 \text{ m}^4 = 2.5 * 10^7 \text{ cm}^4$$

$$E = 249750 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, K = \frac{3EI}{h^3} = \frac{3 * 249750 * 2.5 * 10^7}{320^3} = 571632.38$$

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi * \sqrt{\frac{84.44 * 1000 * .01}{571632.38}} = 0.241 \text{ sec}$$

یزد زمین نوع سوم می باشد و با توجه به ویرایش چهارم ۲۸۰۰ داریم:

$$T_0 = 0.1, T_s = 0.7, B_1 = S + 1 = 1.75 + 1 = 2.75, N = 1, R = 3$$

$$C_x = C_x = \frac{ABI}{R} = \frac{0.25 * 2.75 * 1.2}{3} = 0.275$$

$$E_{\text{عرشه}} = 0.275 * (28.25 * 5) = 38.91 \text{ tonf}$$

$$E_{\text{سرستون}} = 0.275 * 66.04 = 18.16 \text{ tonf}$$

$$E_{\text{پایه}} = 0.275 * 14.12 = 3.88 \text{ tonf}$$

$$P = 0, \quad V_x = V_y = 60.95 \text{ tonf}$$

$$\begin{aligned} M_x = M_y &= (38.91 * (6 + 0.85) + 18.16 * (3.2 + 2.8 - 1.69) + 3.88 * 1.6 \\ &= 369.17 \text{ tonf.m} \end{aligned}$$



نیروی باد:

با فرض یکسان بودن ضخامت دال در دو دهانه داریم:

باد عرضی:

$$\text{مساحت پایه} = 3.2 * 1.5 = 4.8 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت سر ستون} = 3.3 * 8.4 = 27.72 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت تیر} = 1.05 * 9.5 = 9.975 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت دال} = 0.45 * 9.5 = 4.275 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت نرده} = 1.5 * \left(\left(\frac{9.5}{3} + 1 \right) * 1 * .14 + 3 * 0.2 * 9.5 \right) = 9.425 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت ترافیک} = 2 * 9.5 = 19 \text{ m}^2$$

باد عرضی بدون ترافیک:

$$\text{Wind}_{\text{عرشه}} = (9.425 + 9.975 + 4.275) * 250 = 5.92 \text{ ton}$$

$$\text{Wind}_{\text{پایه}} = 4.8 * 250 = 1.2 \text{ ton}$$

$$\text{Wind}_{\text{سر ستون}} = 27.72 * 250 = 6.93 \text{ ton}$$

باد عرضی با ترافیک:

$$\text{Wind}_{\text{عرشه}} = (19 + 9.975 + 4.275) * 125 = 4.15 \text{ ton}$$

$$\text{Wind}_{\text{پایه}} = 4.8 * 125 = 0.6 \text{ ton}$$

$$\text{Wind}_{\text{سر ستون}} = 27.72 * 125 = 3.46 \text{ ton}$$

$$M_x = 4.15 * 6.96 + 3.46 * (3.2 + 1.4) + 0.6 * 1.60 = 45.80 \text{ ton}$$

باد عرضی بدون ترافیک کنترل کننده است.

$$P = 0, \quad V_x = 5.92 + 6.93 + 1.2 = 14.05 \text{ ton}$$

$$M_x = 5.92 * (6 + 0.96) + 6.93 * (3.2 + 1.4) + 1.6 * 1.2 = 75 \text{ ton.m}$$

باد طولی:



$$\text{مساحت پایه} = 3.2 * 1.5 = 4.8 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت سر ستون} = 2.8 * 8.4 - 2 * \frac{3.45 * 1.8}{2} + 2 * 0.3 * 0.5 = 17.61 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت تیر} = 0.5 * 9.975 = 5.00 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت دال} = 0.5 * 4.275 = 2.14 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت نرده} = 0.5 * 9.425 = 4.71 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت ترافیک} = 0.5 * 19 = 9.50 \text{ m}^2$$

باد طولی بدون ترافیک:

$$W_{\text{عرشه}} = (4.9875 + 2.1375 + 4.7125) * 250 = 2.96 \text{ ton}$$

$$W_{\text{پایه}} = 4.8 * 250 = 1.2 \text{ ton}$$

$$W_{\text{سر ستون}} = 17.61 * 250 = 4.4 \text{ ton}$$

باد طولی با ترافیک:

$$W_{\text{عرشه}} = (9.5 + 4.9875 + 2.1375) * 125 = 2.078 \text{ ton}$$

$$W_{\text{پایه}} = 4.8 * 125 = 0.6 \text{ ton}$$

$$W_{\text{سر ستون}} = 17.61 * 125 = 2.2 \text{ ton}$$

باد طولی بدون ترافیک حاکم است.

$$V_y = 2.96 + 1.2 + 4.4 = 8.56 \text{ ton}$$

$$M_y = 2.96 * 6.96 + 4.4 * 4.6 + 1.2 * 1.6 = 42.76 \text{ ton}$$

محاسبه لنگر طراحی وارد بر تیر سر ستون (در محل اتصال تیر به ستون) تحت ترکیب بار ۱ نشریه ۳۸۹:

ارائه جدول نیروی محوری، برشی، لنگر خمشی عرضی و طولی برای هر یک از بارهای محاسبه شده در محل

اتصال ستون به فونداسیون

	P	V _x	V _y	M _x	M _y
بار مرده	221.41	0	0	0	0
زنده با اثر ضربه	81.00	0	0	0	64.82



ترمز	0	26.65	0	0	159.90
زلزله	0	60.95	60.95	369.17	369.17
باد عرضی	0	14.05	0	75.0	0
باد طولی	0	0	8.56	0	42.76

محاسبه ترکیب بارهای هفت گانه نشریه ۳۸۹ برای نیروی محوری و لنگر خمشی عرضی (ناشی از نیروهای

جانبی عرضی):

نیروی محوری:

- 1) $1.25 * [221.41 + 1.3 * 81] = 408.38 \text{ ton}$
- 2) $1.25 * [221.41] = 276.76$
- 3) $1.25 * [221.41 + 81] = 378.01 \text{ ton}$
- 4) $1.25 * [221.41 + 81] = 378.01 \text{ ton}$
- 5) $1.25 * [221.41] = 276.76$
- 6) $1.25 * [221.41 + 81] = 378.01 \text{ ton}$
- 7) $1.25 * [221.41] = 276.76$

لنگر خمشی عرضی:

- 1) $1.25 * [0] = 0$
- 2) $1.25 * [75] = 93.75$
- 3) $1.25 * [0.3 * 75 + 45.80] = 85.37$
- 4) $1.25 * [0] = 0$
- 5) $1.28 * [75] = 93.75$
- 6) $1.25 * [0.3 * 75 + 45.80] = 85.37$
- 7) $1.25 * [0] = 0$