

طراحی دال بتنی دهانه ۹ متر همسطح راه

داده های ورودی :

N	1	تعداد دهانه
L_{net}	9 m	طول دهانه مفید
L1	0.6 m	طول نشیمنگاه
ts	0.6 m	ضخامت دال
f_y	4000 kg/cm^2	مقاومت مشخصه فولاد
f_c	250 kg/cm^2	مقاومت مشخصه بتن در دال
γ_{conc}	2.5 ton/m^3	وزن مخصوص بتن
$\gamma_{asphalt}$	2.2 ton/m^3	وزن مخصوص آسفالت

فرضیات :

در تحلیل دال برای بارهای تانک ارتشی ۷۰ تنی و تریلی تانک بر، به منظور حصول حداکثر نیروهای داخلی کمترین عرض برای عبورگاه (عرض ۹ متر) در نظر گرفته شده است.

طراحی دال بتن مسلح :

طول دهانه محاسباتی :

مطابق بند (۱۵-۲-۳) نشریه ۳۸۹، برابر حداقل دو مقدار زیر در نظر گرفته می شود:

$L_{cal} =$	9.6	• طول دهانه آزاد + ضخامت دال :
$L_{cal} =$	9.6	• فاصله محور تا محور تکیه گاه:
$L_{min} =$	9.6	طول دهانه محاسباتی:

تعیین عرض موثر دال :

برای تحلیل دال تحت اثر بار مرده و بار زنده کامیون از مدل تیر دو سر مفصل استفاده می شود. در این حالت عرض موثر دال برای توزیع بار چرخ کامیون مطابق نشریه ۳۸۹ و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E = 1.20 + 0.06 L_{cal} = 1.78 \text{ m}$$

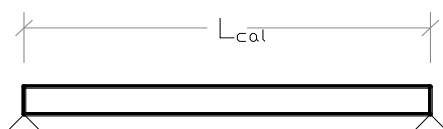
بار خط عبور در ۲ برابر عرض توزیع بار چرخ توزیع می شود:

$$2E = 3.55 \text{ m}$$

ضریب توزیع بار خط عبور برابر است با:

$$K = 1 \div 2E = 0.28$$

برای تحلیل دال و تعیین نیروهای حداکثر تحت اثر بارهای زنده تانک ارتشی و تریلی تانک بر از مدل سه بعدی برای مدل صفحه دال استفاده می شود. در این مدل طول دهانه دال برابر طول دهانه محاسباتی و عرض دال برابر ۹ متر لحاظ می شود.



بارگذاری :	۳	۲	
بار مرده :	۱	۳	۲

برای بارگذاری مرده دال بتنی از گزینه Selfweight نرم افزار استفاده شده است.

بار مرده روسازی اعمالی روی دال:

روسازی شامل لایه اساس بضخامت ۱۵ سانت و آسفالت بضخامت ۱۷ سانت (۱۲ سانت آسفالت اولیه و ۵ سانت روکش آتی) در نظر گرفته می شود.

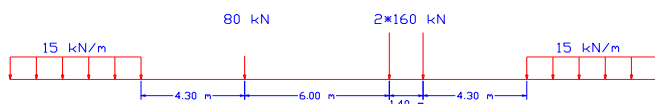
بار مرده اساس ۱۵ سانت	$\gamma \times 0.15 =$	0.3 ton /m ²
بار مرده آسفالت ۱۷ سانت	$\gamma \times 0.17 =$	0.374 ton /m ²
بار مرده روی دال (DL1)		0.674 ton /m ²

بار زنده :	۲	۳	۲
------------	---	---	---

بارگذاری زنده، شامل سه نوع بار زنده به شرح زیر میباشد.

Mov1	بار نوع اول :	۱	۲	۳	۲
------	---------------	---	---	---	---

این بارگذاری که بارگذاری کامیون ۴۰ تن عادی نامیده میشود، به شرح زیر میباشد.



Mov2	بار نوع دوم :	۲	۲	۳	۲
------	---------------	---	---	---	---

این بار معادل ۸۰ کیلو نیوتن است که سطح اثر آن مربعی به ابعاد ۳۰ سانتی متر فرض می شود.

	بار نوع سوم :	۳	۲	۳	۲
--	---------------	---	---	---	---

این نوع بار شامل بار تانک و بار تریلی تانک بر میشود.

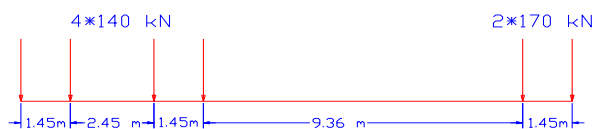
بار تانک: Mov3

این بار به میزان ۷۰۰ کیلو نیوتن روی دو زنجیر به ابعاد ۱ متر در ۳/۵ متر می باشد. با توجه به طول دهانه، یک

تانک در طول پل قرار داده می شود.

بار تریلی تانک بر: Mov4

در طول پل حداکثر دو دستگاه تریلی تانک بر با حداقل فاصله بین چرخهای متوالی ۱۲ متر قرار داده می شود.



ترکیب بارهای طراحی دال بتن مسلح: ۴ ۲

ترکیب بارگذاری بر اساس ترکیبات بارگذاری جدول ۱۰-۵-۳ نشریه ۳۸۹ و ضرایب بار به شرح زیر می باشد:

$$1.25(DL+1.30(LL+I)) \quad (\text{الف})$$

DEAD LOAD	DL	بار مرده
LIVE LOAD	LL	بار زنده

برای محاسبه تلاشهای برشی و خمشی بار زنده در ضریب زیر ضرب می شود.

$$1.252 = 1.3 - 0.005L - 0.15h = \text{ضریب ضربه}$$

این ضریب برای محاسبه نیروهای دال در بار زنده نوع اول در نظر گرفته می شود.

توزیع بار تانک و تریلی تانک بر روی دال:

مطابق بند (۲-۲) برای تعیین نیروهای داخلی ناشی از بار تانک و تریلی تانک بر که تنها در یک خط عبور اعمال می شوند، و بار نوع ۲، از مدلسازی سه بعدی با المان shell استفاده شده و نتایج به شرح زیر می باشد:

Moment:

Mov2= 7.00	t.m
Mov3= 25.20	t.m
Mov4= 15.40	t.m

ماکزیمم لنگر ناشی از بار تانک و تریلی تانک بر و بار نوع ۲ در دهانه محاسباتی (بدون توزیع بار):

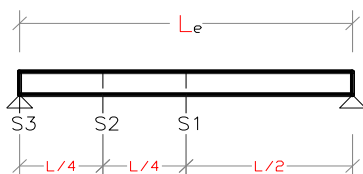
Moment:

Mov2= 19.20	t.m
Mov3= 137.37	t.m
Mov4= 81.99	t.m
K2= 7.00/19.20=	0.365
K3= 25.2/137.37=	0.183
K4= 15.4/81.99=	0.188

ضریب توزیع بار نوع ۲:

ضریب توزیع بار تریلی تانک بر:

ضریب توزیع بار تانک:



نتایج تحلیل و طراحی اجزای سازه ای ۳

Sec.	Moment (t.m)					Shear (ton)				
	DL1	Mov1	Mov2	Mov3	Mov4	DL1	Mov1	Mov2	Mov3	Mov4
S1	24.37	23.17	7.01	25.14	15.41	0	4.8	1.46	4.07	2.71
S2	18.28	18.4	5.26	18.85	11.91	5.08	7.67	2.19	7.27	4.96
S3	0	0	0	0	0	10.16	11.06	2.92	10.47	7.59



۱ ۳ طراحی خمشی دال:

$t_s = 60 \text{ cm}$ ضخامت دال:
 $d = 52.5 \text{ cm}$ ارتفاع موثر دال
 $b = 100 \text{ cm}$ عرض واحد طراحی:
 $M_L(\max) = 25.14 \text{ t.m}$
 $M_U = 71.32 \text{ t.m}$

ماکزیمم لنگر بار زنده:

$$A_s = \frac{0.85 f_{cd} b d}{f_y d} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{0.85 f_{cd} b d^2}} \right]$$

$A_{s(\text{req})} = 45.1 \text{ cm}^2$

محاسبه آرماتور خمشی اصلی:

$$\rho_{\min} = 0.14 \left(\frac{h}{d} \right)^2 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

کنترل آرماتور حداقل خمشی:

مطابق بند (۱۱-۲) نشریه ۳۸۹:

$A_s(\min) = 12.00 \text{ cm}^2/\text{m} < A_s(\text{req}) \quad \text{ok.}$

TAKE : $\Phi 28 @ 13.5 \quad A_s = 45.6 \text{ cm}^2/\text{m}$

آرماتورهای توزیع:

مطابق بند ۱۵-۳-۲ نشریه ۳۸۹، مقدار آرماتور توزیع برابر است با:

$R = 55/\sqrt{L_{cal}} < 50\%$

$R = 17.8 \longrightarrow A_s = 8.01 \text{ cm}^2/\text{m}$

TAKE : $\Phi 16 @ 23 \quad A_s = 8.7 \text{ cm}^2/\text{m}$

آرماتور افت و حرارت:

$b = 100 \text{ cm}$

$h = 60 \text{ cm}$

آرماتور افت و حرارت $= 0.0018 \times b \times h = 10.8 \text{ cm}^2/\text{m} \longrightarrow A_s = 5.4 \text{ cm}^2/\text{m}$

نصف مقدار فوق برای سفره بالا در هر دو جهت در نظر گرفته می شود.

TAKE : $\Phi 14 @ 26 \quad A_s = 5.9 \text{ cm}^2/\text{m}$

۲ ۳ طراحی برشی دال:

$V_L(\max) = 11.06 \text{ ton}$

ماکزیمم برش بار زنده:

$V_U = 1.25 V_D + 1.625 V_L = 30.7 \text{ ton}$

$v_c = 0.2 \times \Phi_c \times \sqrt{f'_c} \quad (\text{N/mm}^2)$

$v_c = 5.98 \text{ kg/cm}^2$

$V_C = v_c \times A_v = 31.4 \text{ ton}$

$V_s = V_U - V_C = 0.0 \text{ ton}$

از آرماتورهای اودکا (خم ۴۵ درجه) آرماتورهای کششی بصورت یک در میان بعنوان آرماتور برشی استفاده می کنیم.

مقدار نیروی برشی میلگردهای مایل مطابق بند (۱۲-۴-۲) آیین نامه آبا از رابطه زیر بدست می آید. که مقدار آن نباید بیشتر از

مقدار $1.50 v_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

$V_s = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \cdot \sin \theta$

$\theta = 45 \text{ deg}$

$V_s = 41.1 \text{ ton} > 0 \quad \text{ok.}$

$1.50 v_c b_w d = 47.07 \text{ ton}$



کنترل ضوابط بهره برداری : ۴
کنترل خیز : ۱ ۴

$$E = 5000\sqrt{f_c} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E_c = 246658 \text{ kg / cm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ kg / cm}^2$$

$$n = 8.11$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f_c}$$

$$f_r = 30.0 \text{ kg / cm}^2$$

$$\xi = 2.0$$

مقدار خیز بدست آمده از تحلیل کامپیوتری (با I_g) برای بارهای بدون ضریب برابر است با :

$$\Delta_{0D} = 5.17 \text{ mm}$$

$$\Delta_{0L} = 4.44 \text{ mm}$$

مقدار لنگر بدون ضریب در محل خیز حداکثر برابر است با :

$$M_D = 24.37$$

$$M_L = 23.2$$

$$Ma = 47.5$$

آرماتورهای استفاده شده :

$$d = 52.5 \text{ cm}$$

$$A'_s = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A''_s = 45.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

آرماتور در وجه بالایی دال

آرماتور در وجه پایینی دال

محاسبه مشخصات مقاطع :

مشخصات مربوط به مقطع دال :

$$(I_g) = 1.80E+06 \text{ cm}^4$$

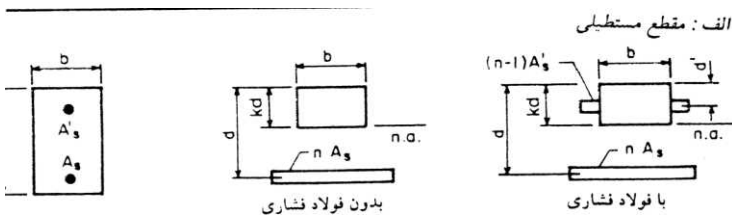
$$(y_t) = 30.0 \text{ cm}$$



$$(M_{cr}) = 18.0 \quad \text{t.m}$$

لنگر ترک خوردگی مقطع:

ممان اینرسی مقطع ترک خورده:



$$B = b/(nA_s) \quad r = (n-1)A'_s/(nA_s) \quad I_g = bh^3/12$$

$$kd = (\sqrt{2dB + 1} - 1)/B$$

$$I_{ct} = bk^3d^3/3 + nA_s(d - kd)^2$$

بدون فولاد فشاری

$$kd = [\sqrt{2dB(1 + rd'/d) + (1 + r)^2} - (1 + r)]/B$$

$$I_{ct} = bk^3d^3/3 + nA_s(d - kd)^2 + (n-1)A'_s(kd - d')^2$$

با فولاد فشاری

$$B = 0.27$$

$$kd = 1.63E+01$$

$$I_{ct} = 6.29E+05 \quad \text{cm}^4$$

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \times \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \leq I_g$$

محاسبه ممان اینرسی موثر:

$$(I_e) = 6.92E+05 \quad \text{cm}^4$$

مقدار خیز آنی بار مرده بر مبنای ممان موثر به صورت زیر تصحیح می شود:

$$\Delta_D = \Delta_{0D} \times (I_g/I_e) = 13.4 \quad \text{mm}$$

خیز دراز مدت ناشی از بار مرده:

مقدار خیز اضافی ایجاد شده در طول زمان را که در اصطلاح اضافه افتادگی دراز مدت نامیده می شود، می توان از حاصلضرب افتادگی آنی ناشی از بار مرده در ضریب λ بدست آورد. مقدار λ از رابطه زیر بدست می آید:

$$\lambda = \xi / (1 + 50 \times \rho')$$

$$\rho' = A'_s / b \times d = 0.0011$$

$$\lambda = 1.89$$

مقدار λ برای تیر دو سر مفصل در جهت اطمینان ۲ در نظر گرفته شده است.

خیز دراز مدت ناشی از بار مرده:

$$\Delta'D = 2 \times \Delta_D = 26.9 \quad \text{mm}$$

خیز آنی ناشی از بار زنده:

$$\Delta_L = \Delta_{0L} \times (I_g/I_e) = 11.5 \quad \text{mm} < 1/1000 + 5 = 14.6 \quad \text{mm}$$

O. K

خیز منفی با توجه به خیز دراز مدت ناشی از بار مرده انتخاب می شود که نحوه اعمال آن به صورت سهمی خواهد بود:

$$\Delta = 30 \quad \text{mm}$$

با توجه به خیز دراز مدت، ۳ سانتیمتر بعنوان خیز منفی در قالب بندی اعمال می شود.



کنترل عرض ترک :

۲ ۴

فاصله آرماتورها :

$$\begin{aligned}s &= 135 \text{ mm} \\d_c &= 50 \text{ mm} \\A &= 2.s.d_c \\A &= 13500.0 \text{ mm}^2 \\f_s &= 240.0 \text{ N / mm}^2 \\w &= 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\w &= 0.27 \text{ mm} < w_{all} = 0.3\end{aligned}$$

