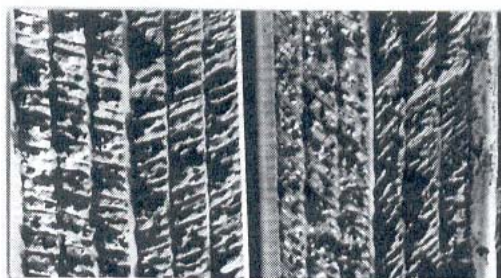




طرح برگزیده در اولین جشنواره مهندسی ساختمان و دریافت کننده نشان طلایی

قالب فلزی مشبک روفیکس

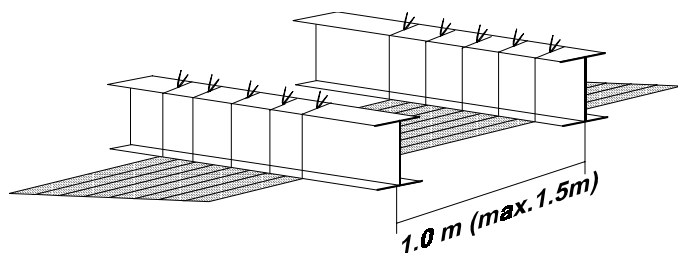
تعریف: روفیکس صفحه فلزی مشبکی است که دارای هفت ناودانی به شکل V و تعداد حداقل ۷۰۰۰ شبکه در هر متر مربع میباشد. روفیکس موارد استفاده بسیاری دارد. یکی از کاربردهای آن به صورت قالب برای سازه های مختلف بتنی است. امتیازات برجسته قالبهای روفیکس در مقابل قالبهای متداول بتنی به شرح ذیل مورد بررسی قرار میگیرد.



تاریخچه: بیش از ۴۵ سال است که در کشورهای اروپایی از این محصول استفاده میشود. روفیکس در ابتدا به صورت سقف کاذب مسلح (بدون نیاز به شبکه آرماتور) مورد استفاده قرار گرفت. با بستن روفیکس به زیر تیرهای فرعی توسط مفتول فلزی دیگر نیازی به نصب شبکه آرماتور برای نگهداری سقف کاذب وجود نداشت و این خود موجب صرفه جویی در مصرف مصالح و همینطور باعث سرعت و سهولت در اجرا میشود.

مقاومت خمشی قابل توجه روفیکس مهندسین را بر آن داشت که با قرار دادن آن بر روی تیرهای فرعی و ریختن بتن بر روی آن، این محصول را به عنوان قالب و همینطور بخشی از فولاد تقویتی مورد استفاده قرار دهند. آزمایشات متعدد نشان دادند که ترکیب بتن با روفیکس از طریق درگیر شدن بتن در شبکه های آن، مقاومت قابل توجهی را در مقابل بارگذاری از خود نشان می دهد.

مشخصات:



- **مواد اولیه:** ورق رول به ضخامت ۰/۸ میلیمتر از نوع ST-12 فولاد مبارکه میباشد.
- **انواع:** در دو نوع ورق روغنی و گالوانیزه.
- **ابعاد:** عرض ۸۲ سانتیمتر و طول حداکثر ۱۲ متر
- **وزن:** حدود ۴ کیلو گرم در متر مربع

برخی از امتیازات برجسته روفیکس:

- **سهولت اجراء:** نصب روفیکس نیازی به نیروی ماهر مانند قالب بند ندارد و انجام آن توسط کارگران ساده ساختمانی به راحتی امکان پذیر میباشد.
- **ایمنی:** همزمان با قرار گرفتن ورقهای روفیکس بر روی تیرها یک شبکه ایمنی در زیر پای کارگران گسترده میشود که از سقوط اجسام و افراد کاملاً جلوگیری مینماید.
- **سرعت:** میزان پهن نمودن قالبهای روفیکس در طول روز توسط دو کارگر ۸۰۰ متر مربع میباشد.
- **سرعت در اجرای بتن ریزی:** ورقهای روفیکس این امکان را میدهد که پس از بستن کلیه قالبهای طبقات بتن بصورت یکجا ریخته و اجرا گردد.
- **شکل پذیری:** قابلیت شکل پذیری روفیکس این امکان را بوجود می آورد، که فرمهای پیچیده معماری را نیز بتوان به سهولت قالب بندی کرد.

سهولت حمل و نقل و ضایعات و حجم پذیری

بر خلاف مصالحی مانند بلوک سفالی و قالبهای بتنی متداول، بارگیری و حمل روفیکس هیچگونه ضایعاتی ندارد. انبار کردن روفیکس به فضای کمی نیاز دارد. به نحوی که یک کامیون به ظرفیت ۱۰ تن قادر است بیش از ۲۵۰۰ متر مربع قالب روفیکس را حمل کند. مساحت قابل توجهی از قالب روفیکس را میتوان در گوشه ای از کارگاه ساختمانی به صورتی انبار نمود که مزاحمتی برای دیگر فعالیتهای ساختمانی نداشته باشد.



طرح برگزیده در اولین جشنواره مهندسی ساختمان و دریافت کننده نشان طلایی

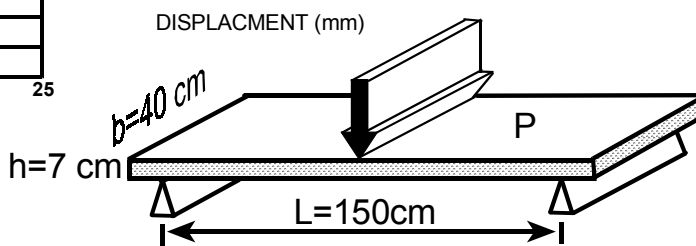
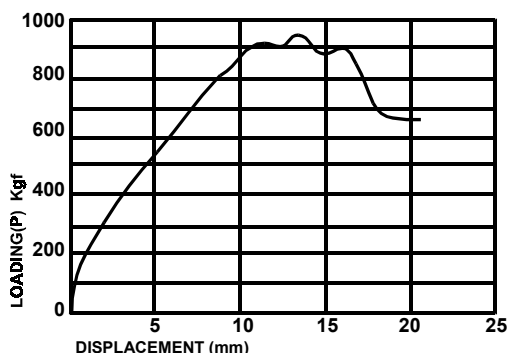
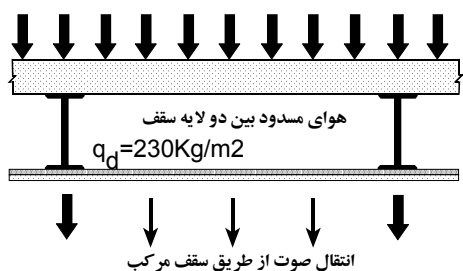
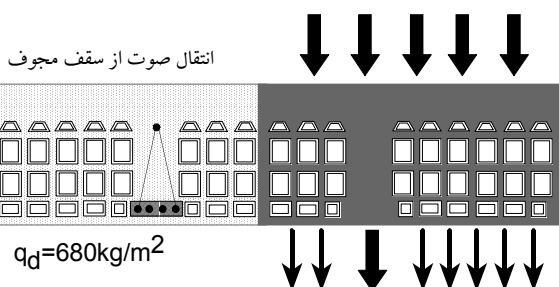
- **بتن:** متراکم نمودن بتن نیز به راحتی توسط تخته ماله امکان پذیر است. اسلامپ مناسب برای بتن دال بین ۳ الی ۵ سانتیمتر میباشد.
- **تاسیسات:** در روشهای متداول، شبکه لوله های برق، آب و شوفاژ بر روی سقف قرار میگیرد و پس از پوشاندن آن توسط پوکه و ماسه - سیمان کف سازی با موزایک، سرامیک یا سنگ انجام میگردد. این روش میتواند ضخامت سقف را تا ۷ سانتیمتر افزایش دهد و آنرا سنگین تر کند، در صورتیکه با عبور دادن لوله های تاسیسات از فضای بین دولا یه سقف می تواند ضخامت و وزن سقف را بطور همزمان کاهش داد. با استفاده از، لوله های پلیمری و پنج لایه، لوله کشی سرد و گرم در داخل ضخامت سقف، به سهولت امکان پذیر میباشد و مشکلات ناشی از خوردگی، پوسیدگی و تعمیرات بعدی به شدت کاهش می یابد.

- افزایش استحکام سازه

قرار گرفتن روفیکس در سطح زیرین دال، یعنی در ناحیه حداکثر تنش کششی و قفل شدن بتن در شبکه های آن، موجب میشود که تشبهای حاصل از بارگذاری به ناودانی های روفیکس منتقل شوند. هر یک از ناودانی های روفیکس دارای سطح مقطعی برابر با ۴۰ میلیمتر مربع (معادل سطح مقطع میلگردی به قطر ۱۳/۵ سانتیمتر است. بنابراین در هر متر عرض روفیکس سطح مقطع فلزی برابر ۳۰۰ میلیمتر مربع قرار می گیرد. برخلاف شبکه میلگرد که در آن به میلگردها مستقل از یکدیگر عمل می کنند، ناودانی های روفیکس از طریق شبکه آن به یکدیگر متصل بوده و یک سطح یکپارچه فولادی تشکیل می دهند.

بارگذاری های متعدد نیز نشان داده اند که ترکیب روفیکس و بتن در صورتی که متراکم کردن بتن و درگیری آن با شبکه های روفیکس به نحو مطلوبی انجام شده باشد، می تواند در حذف و یا کاهش مصرف آرماتور موثر واقع شود. در شکل زیر یک نمونه آزمایش خمشی دال در آزمایشگاه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران مشاهده می شود.

در هیچ یک از بارگذاری ها از میلگرد و یا هر گونه مصالح تقویتی دیگر استفاده نشده و آزمایش ها صرفاً به منظور مطالعه رفتار بتن و روفیکس صورت گرفته اند.

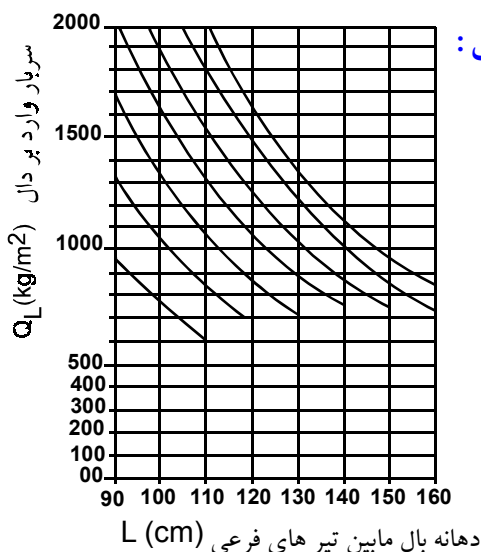




طرح برگزیده در اولین جشنواره مهندسی ساختمان و دریافت کننده نشان طلایی

- **آکوستیک:** اجسام جامد صدا را خیلی بهتر از گازها منتقل می کنند. در سقفهای بتنی مرکب، تنها محیط جامد برای عبور صدا، مقطع نازک جان تیر آهنی است و قسمت اعظم انرژی صوت، به هنگام عبور از هوای مسدود داخل سقف، جذب و به انرژی حرارتی تبدیل میگردد و نهایتاً میزان ناچیزی از آن به طبقه زیر میرسد. بنابراین میزان انرژی صوتی که ما بین طبقات منتقل می شود، در سقف های مرکب، کمتر از سقف های ضربی و بلوک سفالی است.

- **عایق حرارتی:** هوای مسدود داخل سقف علاوه بر صدای، عایق حرارتی خوبی در تابستان و زمستان محسوب میگردد.



جدول طراحی و انتخاب ضخامت دال بتنی روی قالب روفیکس:

رابطه بین ضخامت دال بتنی و اندازه دهانه تیرهای فرعی برای شرایط مختلف بارگذاری در جدول زیر نشان داده شده است. بعنوان مثال، چنانچه فاصله بین تیرهای فرعی از یکدیگر برابر با یک متر تعیین شده باشد، دال بتنی با ضخامت ۷ سانتیمتر میتواند، با رعایت حاشیه اطمینان قانونی، سرباری معادل ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع را تحمل کند. آزمایشات مختلف نشان داده اند که ظرفیت نهایی دال در حدود سه برابر مقادیر این جدول میباشد.

سربار قانونی برای ساختمانهای مسکونی، اداری، آموزشی و سالن های اجتماعات مطابق با آیین نامه بارگذاری - استاندارد شماره ۵۱۹ ایران

چند نمونه آزمایش بارگذاری دال بتنی با روفیکس بدون میلگرد توسط شرکت تکنو خلاق.

اندازه گیری ظرفیت خمشی بوسیله آزمایش (M_e) و بر آورد بار گسترده معادل آن (q_e) برای دال به عرض واحد.

آزمایش اول

مکان: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

$$h = 7 \text{ cm}$$

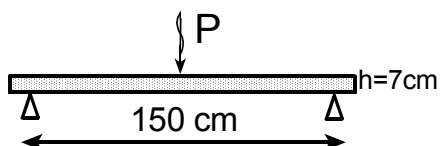
$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$p = 700 \text{ Kg} = 0.70 \text{ T}$$

$$M_e = P \cdot L / 4 \times \frac{1.0 \text{ (m)}}{b \text{ (m)}}$$

$$M_e = 0.70 \text{ T} \times 1.25 \text{ m} / 4 \times \frac{1.0 \text{ m}}{0.40 \text{ m}} = 0.66 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$M_e = q_e \cdot L^2 / 8 \Rightarrow q_e = 2.33 \text{ T/m}^2 \text{ بار گسترده معادل}$$



(۳)

TKH CO.



شرکت تکنو خلاق (سهامی خاص)

طرح برگزیده در اولین جشنواره مهندسی ساختمان و دریافت کننده نشان طلایی

آزمایش دوم

مکان: ساختمان مرکزی بنیاد مسکن

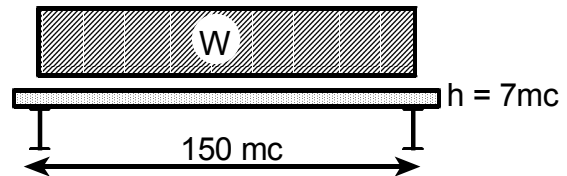
$$h = 7 \text{ cm}$$

$$L = 1.5 \text{ m} \quad b = 0.40 \text{ m}$$

$$w = 5 \times 12 \times 22 \text{ kg} = 1.32 \text{ T}$$

$$M_e = w \cdot L / 8 \times \frac{1.0 \text{ (m)}}{b \text{ (m)}}$$

$$M_e = q_e \cdot L^2 / 8 \Rightarrow q_e = 2.20 \text{ T/m}^2 = \text{بار گسترده معادل}$$



آزمایش سوم

مکان: کارگاه ساختمانی شهرداری ساوه

$$h = 7 \text{ cm}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

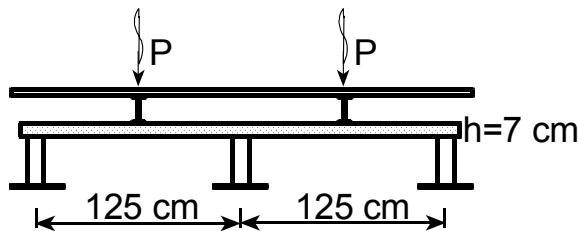
$$p = (48 \times 37.5 \text{ kg} + 10 \text{ m} \times 18.8 \text{ kg/m} + 2.4 \text{ m} \times 12.9 \text{ kg/m}) / 2$$

$$p = 1.01 \text{ T}$$

$$M_e = P \cdot L / 4 \times \frac{1.0 \text{ (m)}}{b \text{ (m)}}$$

$$M_e = 1.01 \text{ T} \times 1.25 \text{ m} / 4 \times \frac{1.0 \text{ m}}{0.54 \text{ m}} = 0.58 \text{ T.m}$$

$$M_e = q_e \cdot L^2 / 8 \Rightarrow q_e = 3.0 \text{ T/m}^2 = \text{بار گسترده معادل}$$



آزمایش چهارم

مکان: کارگاه ساختمانی واقع در آجودانیه

$$h = 8 \text{ cm}$$

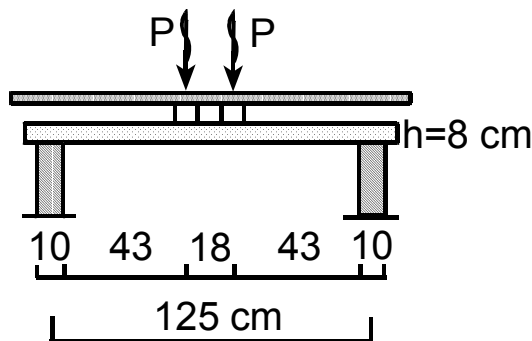
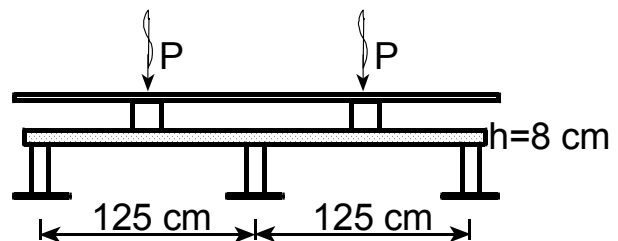
$$L = 1.25 \text{ m}$$

$$p = 94 \times 40 \text{ Kg} / 2 = 1.88 \text{ T}$$

$$M_e = P \cdot L / 4 \times \frac{1.0 \text{ (m)}}{b \text{ (m)}}$$

$$M_e = 1.88 \text{ T} \times 1.25 \text{ m} / 4 \times \frac{1.0 \text{ m}}{0.80 \text{ m}} = 0.73 \text{ T.m} = \text{بار گسترده معادل}$$

$$M_e = q_e \cdot L^2 / 8 \Rightarrow q_e = 3.76 \text{ T/m}^2$$



آزمایش پنجم

مکان: کارگاه ساختمانی واقع در آجودانیه

$$h = 6 \text{ cm}$$

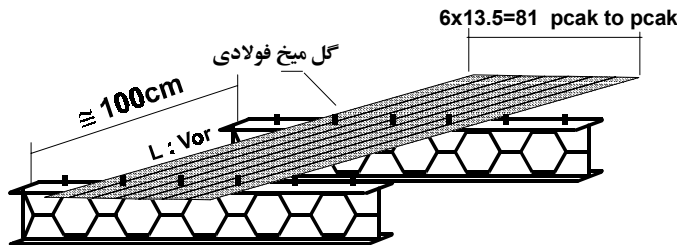
$$L = 1.25 \text{ m}$$

$$b = 0.80 \text{ m}$$

$$p = 42 \times 40 \text{ Kg} / 2 = \frac{1.68}{2} \text{ T}$$

$$M_e = 1.68 \text{ T} / 2 \times 0.43 \text{ m} \times \frac{1.0 \text{ m}}{0.80 \text{ m}} = 0.45 \text{ T.m}$$

$$M_e = q_e \cdot L^2 / 8 \Rightarrow q_e = 2.31 \text{ T/m}^2 = \text{بار گسترده معادل}$$



روش نصب شبکه فولادی روفیکس روی

تیرهای فرعی کف.

ابعاد: عرض ۸۲ سانتیمتر و طول طبق سفارش حداکثر ۱۲ متر.

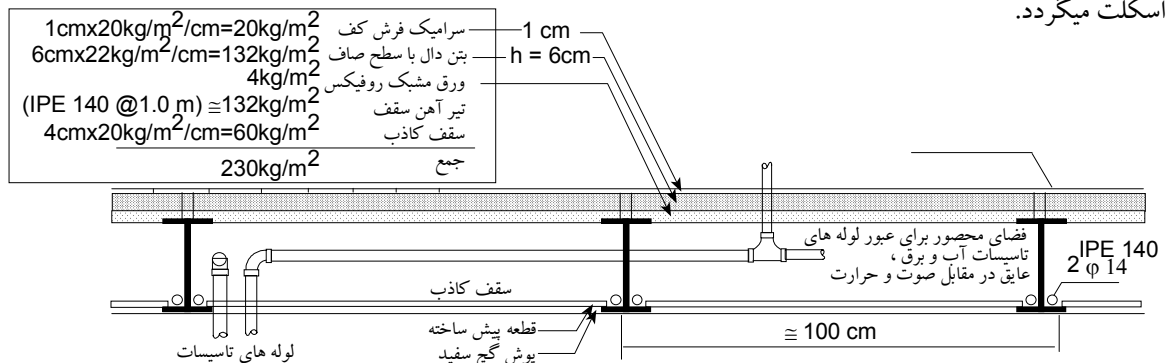
انواع: در دونوع گالوانیزه و روغنی

وزن: حدود ۴ کیلوگرم در متر مربع

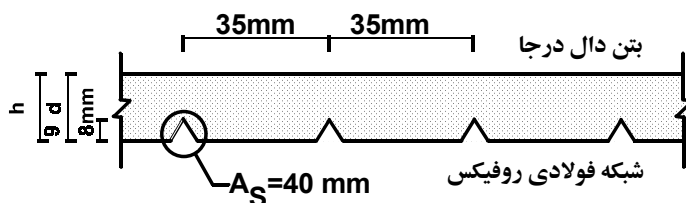
فلز پایه: ورق رول فولاد مبارکه (12-ST) به ضخامت ۰/۸ میلیمتر

بر آورد وزن در طبقات ساختمان:

- سقف سبک پیشنهادی، به وزن 230 Kg/m^2 نسبت به سقفهای متداول با وزن حداقل 680 Kg/m^2 ، بیش از ۶۵ درصد سبکتر است و استفاده از آن موجب حدوداً ۴۰ درصد کاهش وزن مرده ساختمان و ۲۰ درصد کاهش مصرف مصالح فولاد در اسکلت میگردد.



بررسی مقاومت دال بتنی با مصالح روفیکس به عنوان قالب و فولاد کششی دال.



محاسبات مطابق ضوابط آیین نامه ACI

$$d = h - 9 \text{ mm}$$

$$\rho = A_s / b \cdot d \quad \rho \cdot d = A_s / b = 0.40 \text{ cm}^2 / 13.5 \text{ cm} = 0.030 \text{ cm}$$

$$q = \rho \cdot f_y / f_c \quad R = q(1 - q / 1.7) \quad M_n = f_c \cdot b \cdot d^2 \cdot R$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 = 24000 \text{ T/m}^2$$

$$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2 = 2000 \text{ T/m}^2$$

$$A_s = 0.40 \text{ cm}^2 @ 13.5 \text{ cm}$$

$$M_d = \phi \cdot M_n \quad \phi = 0.90$$

مثال: برآورد ظرفیت لنگر خمشی دال بتنی به ضخامت h=6.0cm و به عرض واحد b=1.0m

$$h = 6 \text{ cm} \quad d = h - 0.9 \text{ cm} = 5.1 \text{ cm} \quad b = 100 \text{ cm} = 1.0 \text{ m}$$

$$\rho = 0.030 \text{ cm} / 5.1 \text{ cm} = 0.0059 \quad q = \rho \cdot f_y / f_c = 0.706$$

$$R = q(1 - q / 1.7) = 0.0677$$

$$M_n = f_c \cdot b \cdot d^2 \cdot R = 2000 \text{ T/m}^2 \times 1.0 \text{ m} \times (0.051 \text{ m})^2 \times 0.0677 = 0.352 \text{ T.m}$$

$$M_d = \phi \cdot M_n = 0.90 \times 0.352 \text{ T.m} = 0.317 \text{ T.m}$$



جدول مقادیر محاسباتی برای مقاومت خمشی دال بتنی روی شبکه فولادی روفیکس

No	h(cm)	d(cm)	ρ	$M_n(T.m)$	$M_d(T.m)$
1	5.0	4.1	0.0073	0.280	0.252
2	6.0	5.1	0.0059	0.352	0.317
3	7.0	6.1	0.0049	0.424	0.382
4	8.0	7.1	0.0042	0.496	0.446
5	9.0	8.1	0.0037	0.568	0.511

به ازای عرض واحد $b=1.0m$

بر حسب ضخامت های گوناگون بتن دال

آزمایش های بارگذاری و خمش دال

بررسی نتایج پنج آزمایش بارگذاری روی نمونه های دال و ابعاد و ضخامت های گوناگون و برآورد ظرفیت خمشی آزمایشی

Exp. No	h(cm)	$M_e(T.m)$	$M_n(T.m)$	$M_e / M_n \geq 1$
Exp. 1	7.0	0.62	0.424	1.46
Exp. 2	7.0	0.66	0.424	1.56
Exp. 3	7.0	0.58	0.424	1.37
Exp. 4	8.0	0.73	0.496	1.47
Exp. 5	9.0	0.45	0.352	1.28

(M_e) جهت مقایسه با نتایج محاسباتی (M_n)

شرح و تصاویر آزمایشها در صفحه ۴ و ۵ ملاحظه

میگردد. در هیچ یک از نمونه های آزمایشی،

از میلگرد یا هرگونه مصالح تقویتی دیگر استفاده

نشده و آزمایشها صرفاً به منظور مطالعه رفتار بتن و

روفیکس صورت گرفته است.

بر آورد لنگر خمشی دال بتنی در وضعیت بحرانی بارگذاری کف.

$$q_u = 1.4q_d + 1.7q_L = 1.4 \times 200 + 1.7 \times 300 \text{ kg/m}^2 = 790 \text{ kg/m}^2$$

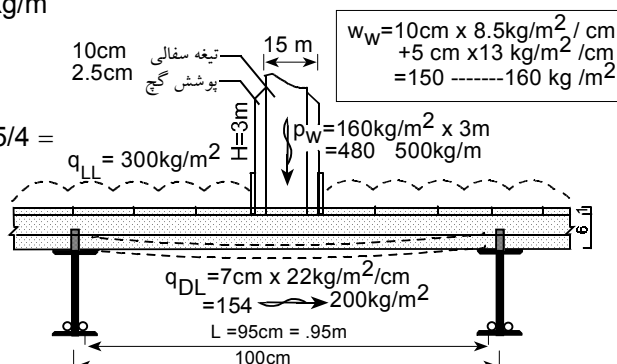
$$P_u = 1.4P_w = 1.4 \times 500 = 700 \text{ Kg/m}$$

$$M_u = q_u \cdot b \cdot L^2 / 8 + P_u \cdot b \cdot L / 4 =$$

$$0.79 \text{ T/m}^2 \times 1.0 \text{ m} \times (0.95 \text{ m})^2 / 8 + 0.7 \text{ T/m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.95 / 4 =$$

$$0.089 + 0.166 = 0.255 \text{ T.m}$$

$$M_u = 0.255 \text{ T.m} < M_d = 0.317 \text{ T.m} \quad M_u \leq M_d = \phi M_n$$



به هنگام بتن ریزی، به علت وزن خمیر بتن، روفیکس در

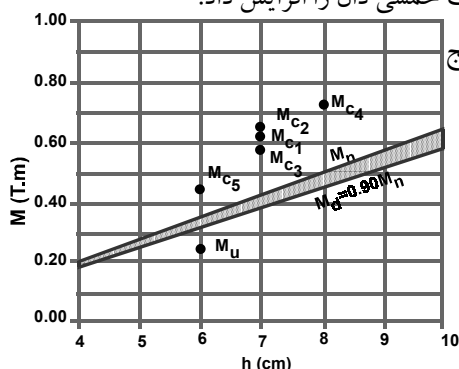
وسط دهانه حدود یک سانتیمتر خیز پیدا می کند. این

پدیده باعث افزایش عمق مقطع مرکب بتنی دال در محل

حداکثر لنگر خمشی در وسط دهانه شده و مطابق جدول بالا، موجب ۲۰ درصد افزایش مقاومت خمشی می شود که جهت

اطمینان از این پدیده در محاسبات صرف نظر میگردد. در صورتی که دهانه دال بزرگتر از یک متر باشد یا بارهای سنگین تری به

دال وارد گردد، میتوان با استفاده از میلگرد تقویتی و یا افزایش ضخامت بتن، مقاومت خمشی دال را افزایش داد.



نمایش نمودار نتایج

نتایج محاسباتی برای ظرفیت خمشی اسمی (M_n) و طراحی

(M_d) نتایج آزمایشی ظرفیت

خمشی دال (M_e) برآورد لنگر خمشی نهایی دال در یک

نمونه حالت بارگذاری بحرانی (M_u)

$$M_e \geq M_n$$

$$(M_u \leq M_d = \phi \cdot M_n)$$

$$(\phi = 0.90)$$

(۶)