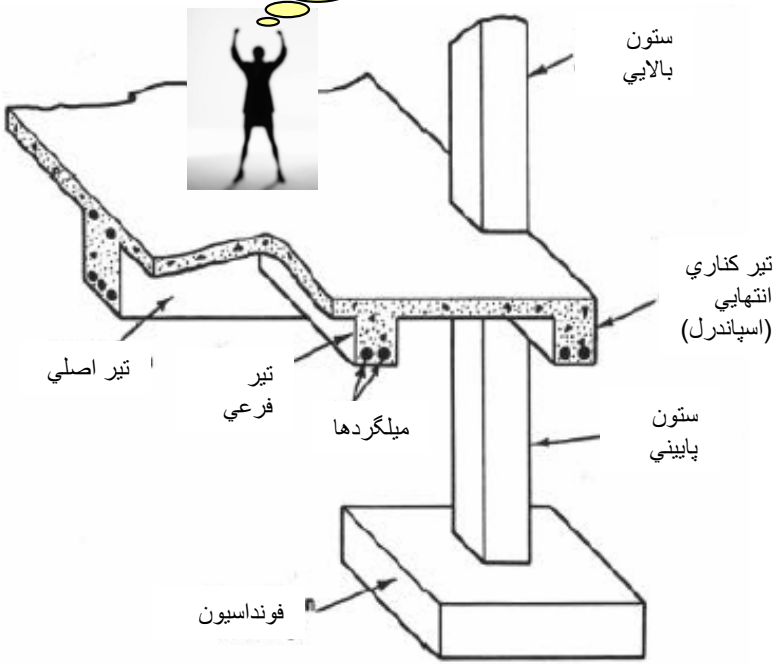
K.N.Toosi
University of Technology

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

الان روش ایستادم!



فصل سوم

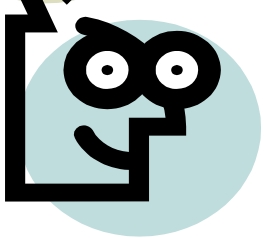
فصل سوم

تحليل و طراحي دالها

بخش اول

- **مقدمه**
- **روش ضرايب**

دال دیگه چیه؟



۱- دال یکطرفه

۲- دال دو طرفه

جزوه بتن ۲

تدوین: دکتر سید بهرام بهشتی

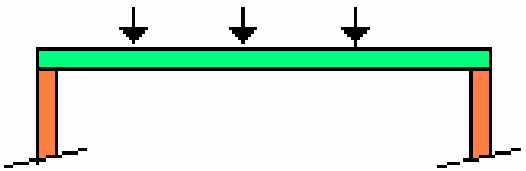
انواع دال ها:

- دال یک طرفه
- دال دو طرفه

دال چیست؟

يك دال بتوني يك عضو صفحه اي لاغر است.

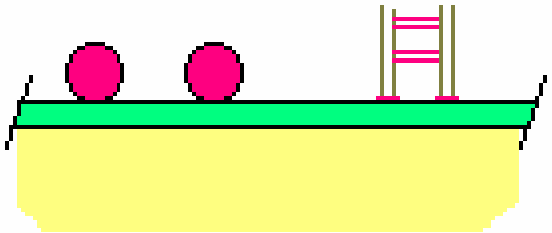
دال هاي آويخته



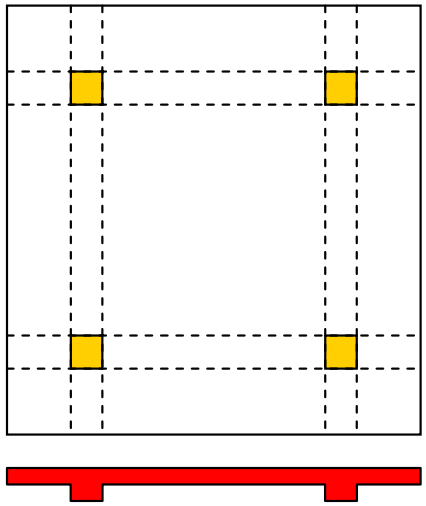
-بارها را توسط عمل خمشی منتقل مي كنند.
-فضاي بالايي و پايييني را از هم جدا مي كند.

دال روي زمين

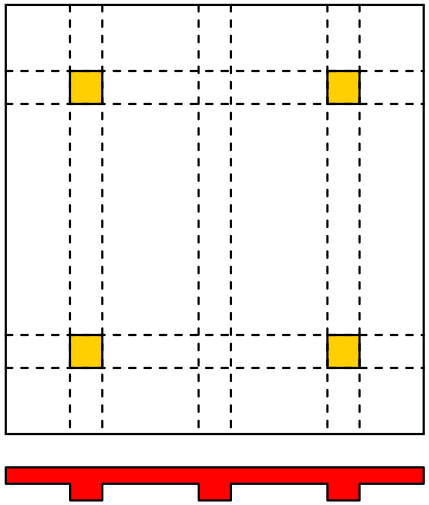
-بارهای متمرکز را به تکیه گاهي مثل زمين پخش می نماید.
-يك سطح براي كار كردن به وجود مي آورد و زمين را محفوظ مي كند.



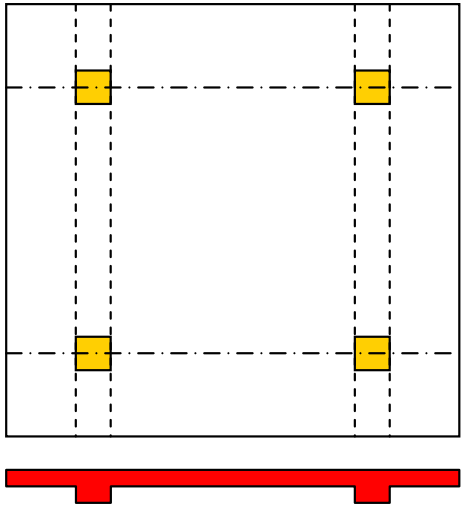
انواع دال



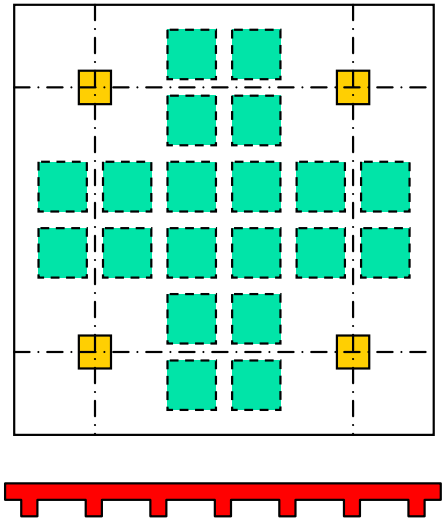
دال دوطرفه



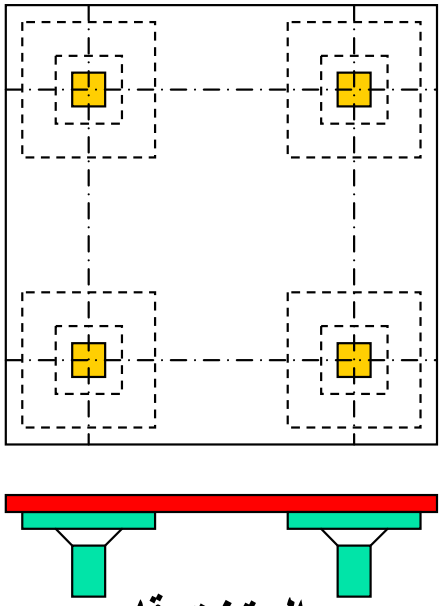
دال یکطرفه



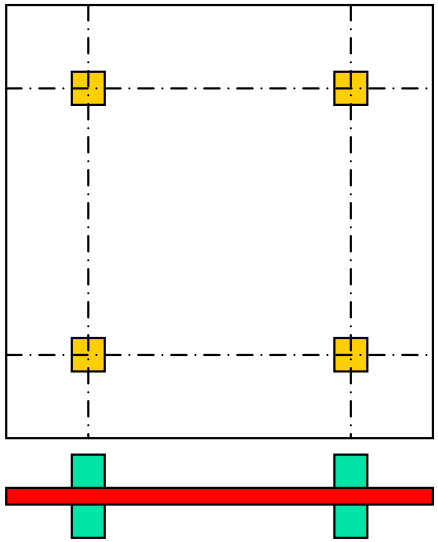
دال یکطرفه



دال وافل

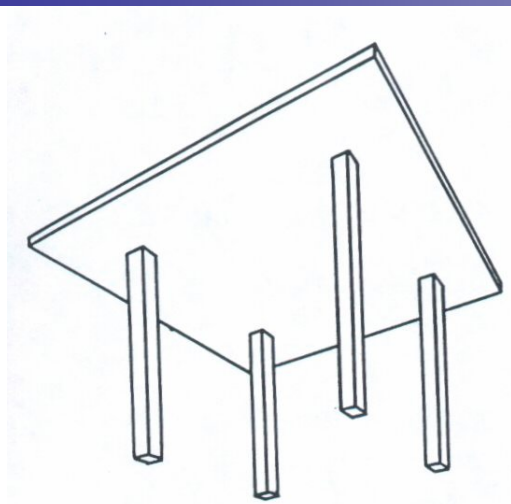


دال تخت قارچی

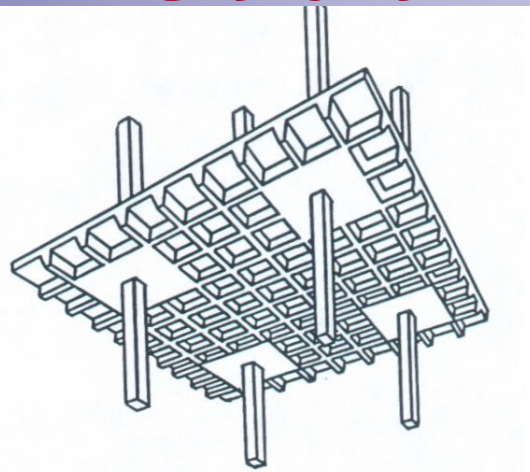


دال تحت

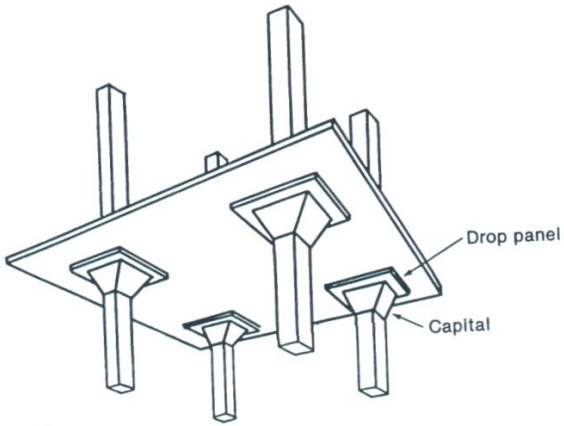
نمای سه بعدی دالها



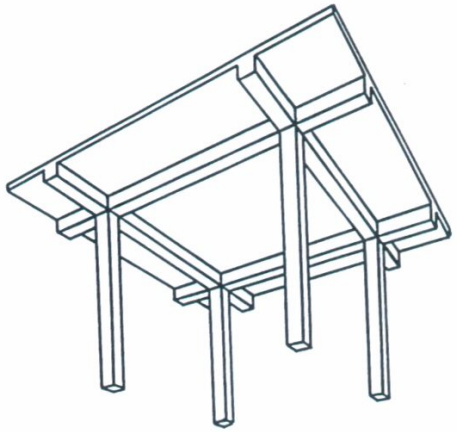
دال تخت



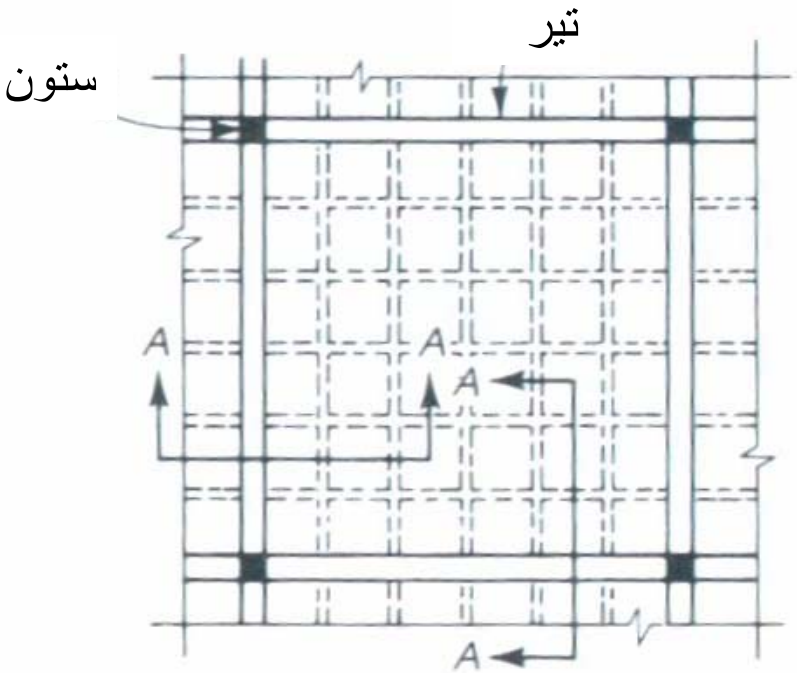
دال وافل

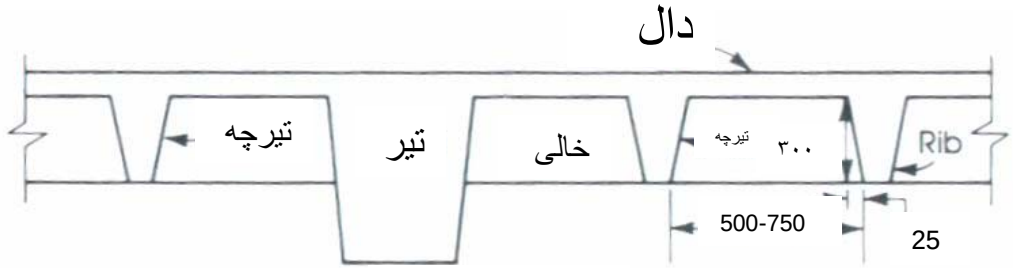


دال تخت قارچی



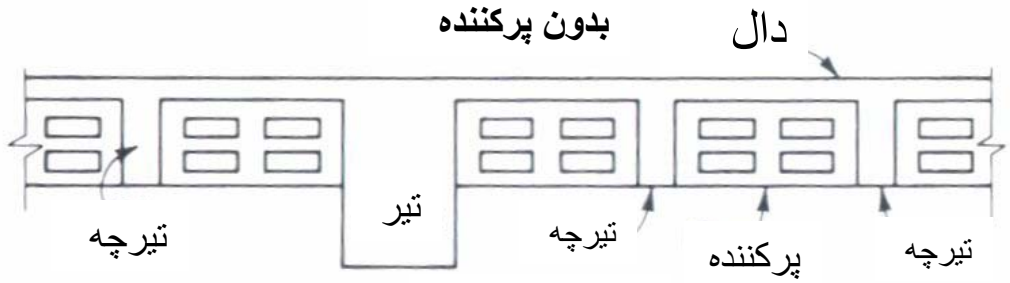
دال با تیر تکیه گاهی





مقطع A-A

بدون پرکننده



مقطع A-A

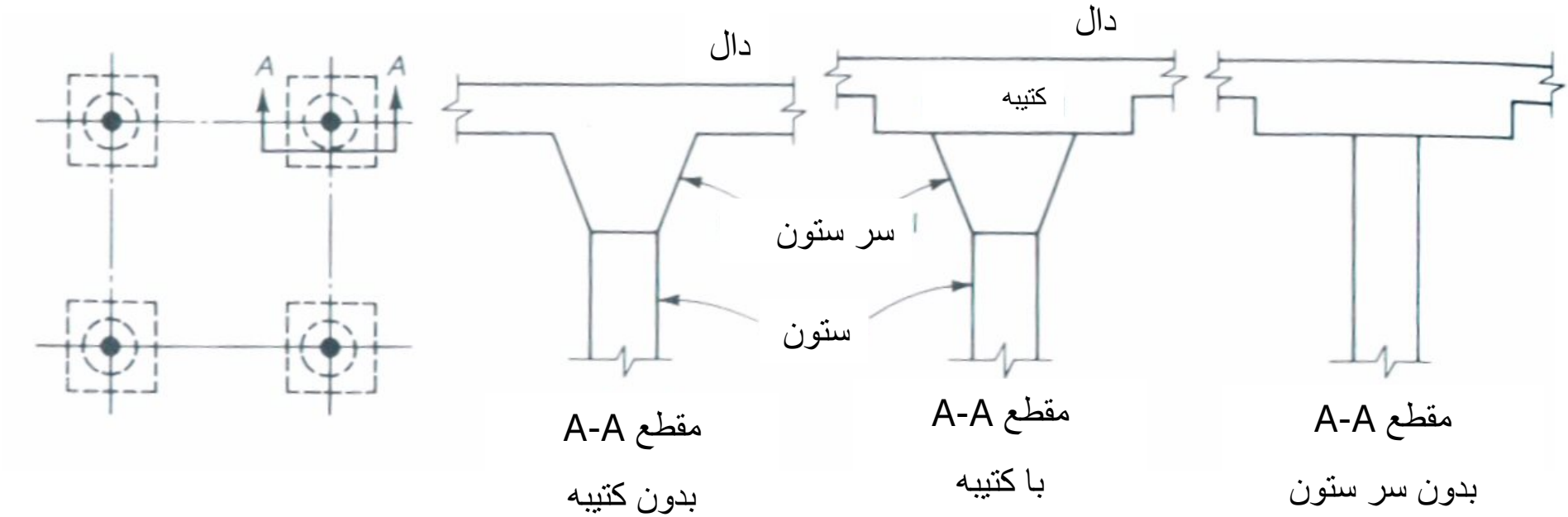
با پرکننده

دال دوطرفه تیرچه بلوک " وافل" (با پرکننده و بدون پرکننده)

- ✓ ضخامت دال معمولاً ۵ تا ۱۰ سانتیمتراست
- ✓ در دالهای بدون تیر بیشتر استفاده می گردد

اتصال دال تخت به ستون

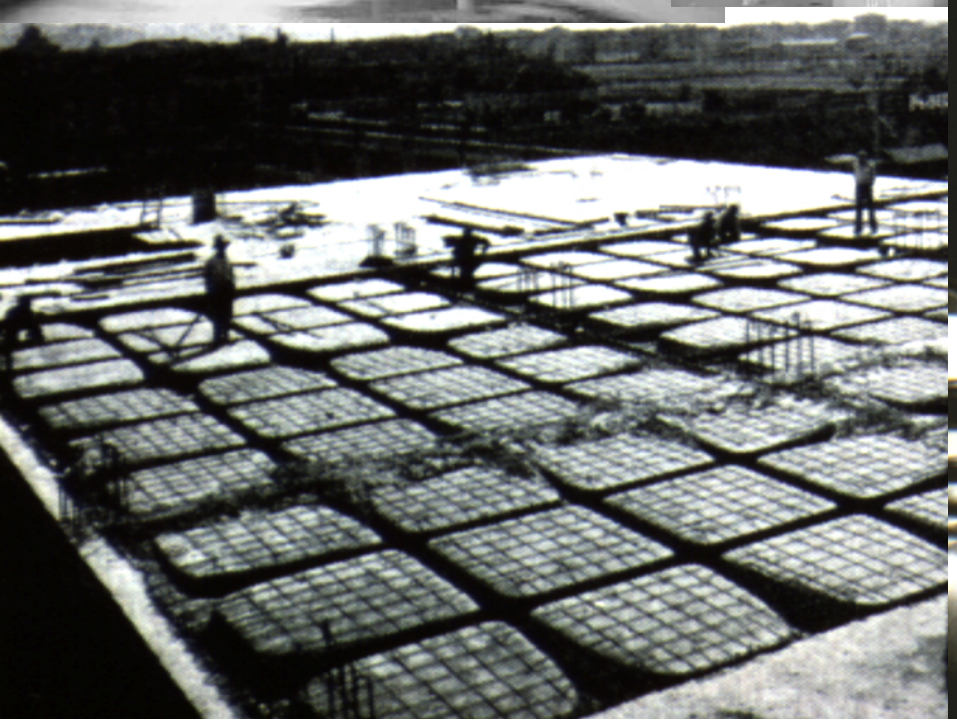
این اتصال توسط سرستون، کتیبه و یا هردو انجام می گردد.



K.N.Toosi
University of Technology

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Joists Slab



Slab Plan with Isostatic

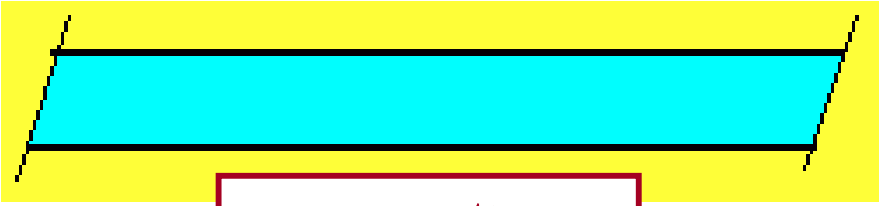
waffle-slab

Flat slab

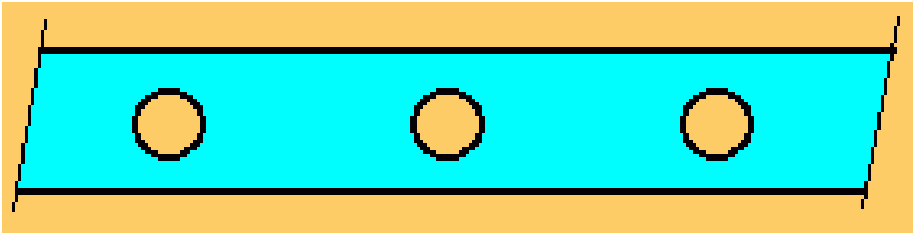
K.N.Toosi
University of Technology

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

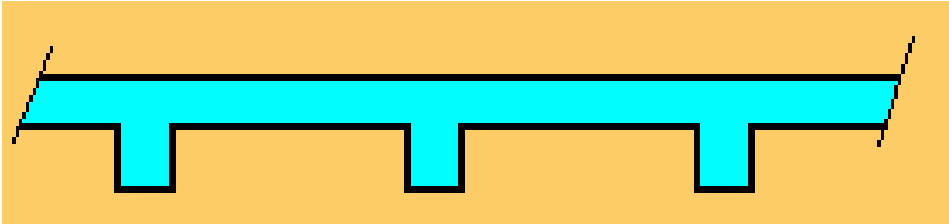
یک دال آویخته ممکن است :



دال توپر



دال هسته تو خالي



دال تیرچه ای

دلایل انتخاب سیستم دال ها:

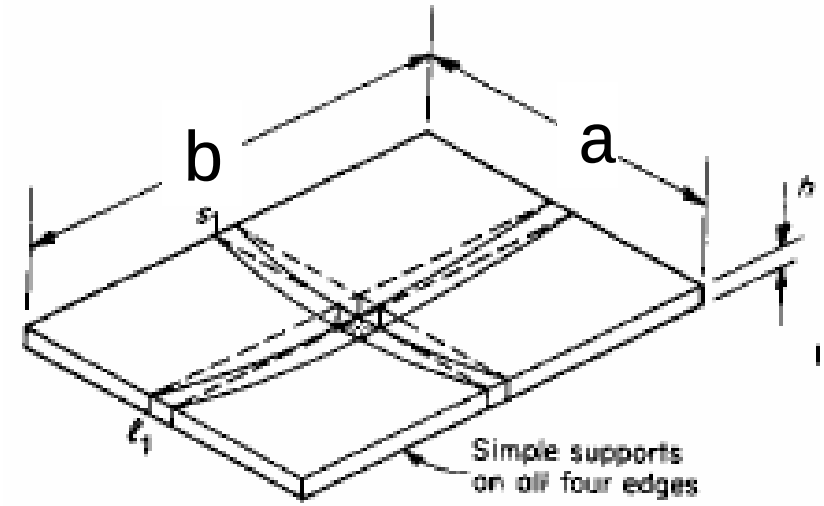
- **اقتصاد ساخت**
  - دال هاي تخت معمولا كمترين تلاش را براي اجرا كردن قالبها لازم دارند و كمترين هزينه را براي كارگر در بر دارند.
  - در جا هايي كه مزد كارگر زياد است به ندرت دال هاي دو طرفه استفاده مي شود
  - حتي سازندگان محلي نيز قادر به اداره روند ساخت دال تخت هستند.
  - دال هاي وافل از يك فرم استاندارد قالب تبعيت مي كنند.

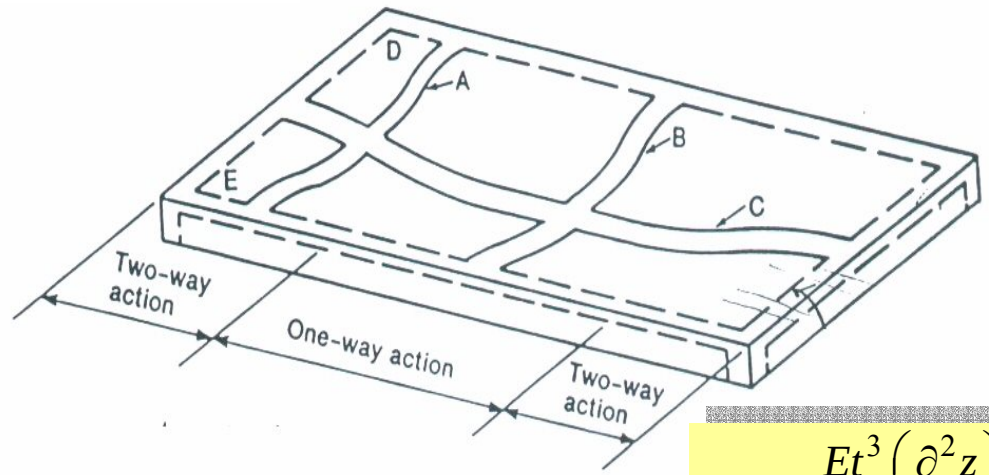
- **قابليت سرويس دادن**
  - معمولا در دال هاي بدون تير كنترل تغيير شكل ها دشوار می باشد.
  - اين تغيير شكل ها را مي توان با اضافه كردن سر ستون ها يا تير ها كنترل نمود.
  - براي كم كردن اين تغيير شكل ها مي توان از دال هاي دو طرفه استفاده كرد.
  - ترك ها ي ناشي از لنگر منفي ممكن است در دال هاي تخت ايجاد مشكل كنند.

- **قابليت انتقال يا جذب بار**
  - ✓ دال هاي تخت بدون سرستون براي دهانه كوچكتر از ۶ متر براي مناطق مسكوني و مناطق تجاري سبك.
  - ✓ دال هاي تخت سر ستون دار داراي دهانه هاي كوچكتر از ۶ متر و بار زنده بزرگتر از ۵۰۰ براي انبارهاي كالا، پاركينگ ها و گاراژها.
  - ✓ دال هاي وافل براي دهانه هاي تا ۹ متر.
  - ✓ در دال هاي بدون تير اگر نيروهاي جانبي به قاب ها بجای بادبند و يا ديوارهاي برشي وارد شود ايجاد مشكل مي كند.
- **اقتصاد مصالح**
  - ✓ دال هاي دو طرفه و دال هاي وافل به فولاد كمتري نياز دارند.
  - ✓ با شبكه شبكه كردن دال هاي وافل مقدار بتن مورد نيا ز كاهش يافته و وزن نيز كاهش مي يابد.
  - ✓ دال هاي با هسته تو خالي در مناطقي كه قيمت فولاد و سيمان به نسبت كارگر خيلي بيشتر است ساخته مي شود.
- **نكات خاص**
  - ✓ وجود تیرها یا سرستون ها ممکن است مورد اعتراض معماران باشد
  - ✓ کاربرد دالهای تخت ارتفاع مفید طبقه را افزایش می دهد. به اضای هر ۱۲ طبقه یک طبقه صرفه جویی می شود.
  - ✓ وقتي از دال هاي بدون تير استفاده مي كنيم ستون ها را هر جا بخواهيم مي گذاريم.

مقایسه رفتار دال یکطرفه و دو طرفه

- دال یکطرفه بار را در یک جهت منتقل می کند
- دال دوطرفه بار را دردو جهت منتقل می کند





$$m_x = -\frac{Et^3}{12}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)$$

$$m_y = -\frac{Et^3}{12}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right)$$

$$m_{xy} = -\frac{Et^3}{12}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}\right)$$

w_s = بار منتقل شده در جهت کوتاه

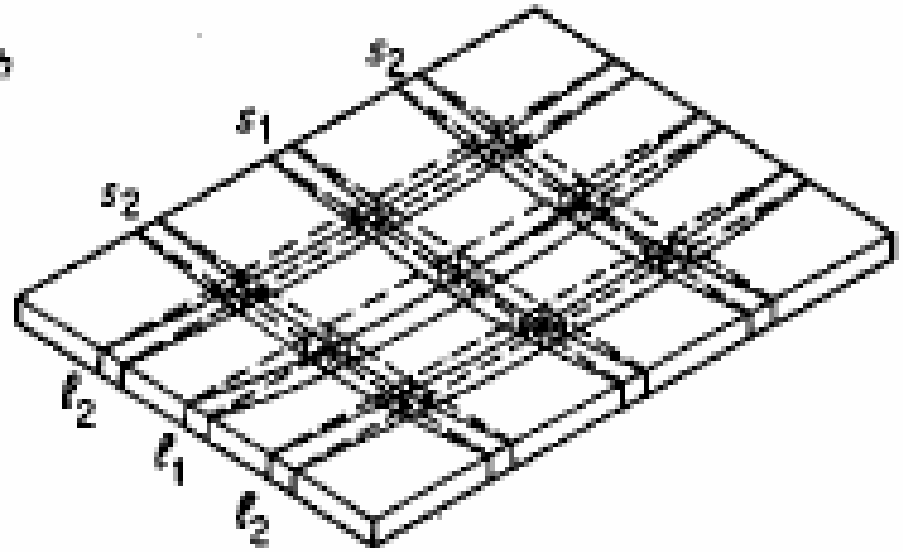
w_l = بار منتقل شده در جهت بلند

$$\frac{5w_s a^4}{384EI} = \frac{5w_l b^4}{384EI}$$

$$\delta_A = \delta_B$$

$$\frac{w_s}{w_l} = \frac{b^4}{a^4} \quad \text{For } b = 2a \Rightarrow w_s = 16 w_l$$

قانون سرانگشتی: اگر نسبت b/a>2 باشد، دال دارای رفتار یکطرفه است



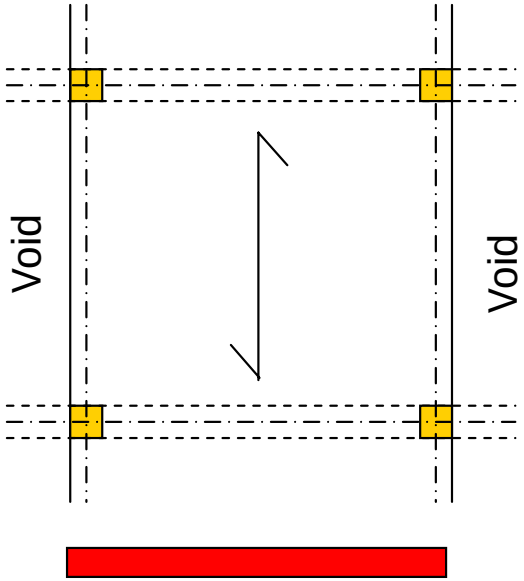
اثر لنگر پیچشی

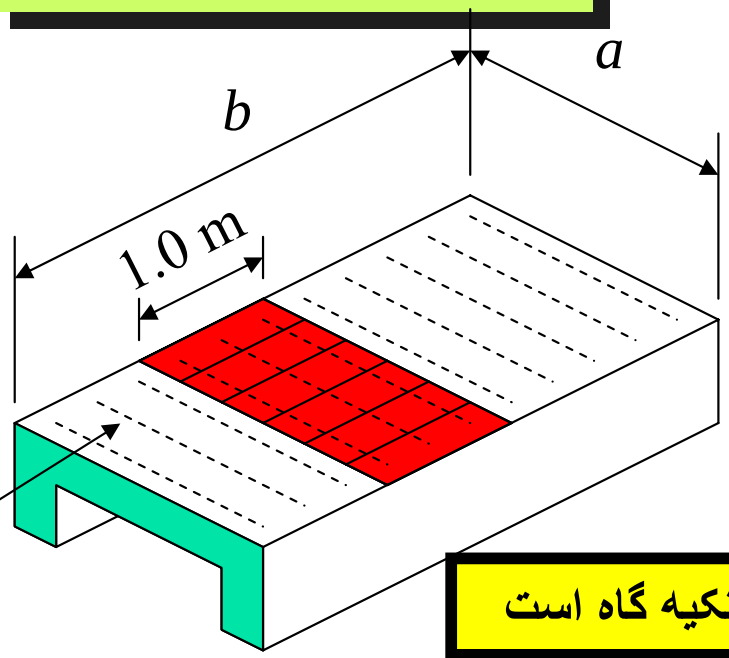
چنانچه تلاقی نوارهای S2 و l2 را در نظر بگیریم. بعلت تغیر شکل طولی هر یک از نوارها سبب ایجاد لنگرها و تنشهای پیچشی در نوار دیگر می گردد. این اثر بخصوص در گوشه دالها بسیار بیشتر از قسمتهای دیگر می باشد. لذا بارهای وارده نتنها توسط لنگر های خمشی منتقل می گردد بلکه قسمتی نیز توسط لنگرهای پیچشی تحمل می شود.لذا لنگرهای محاسباتی واقعی کمتر از لنگرهای محاسباتی توسط تبدیل دال به نوارهای متعامد است. بطور مثال لنگرهای خمشی وسط دهانه در یک دال مربع با تکیه گاههای ساده چنین است:

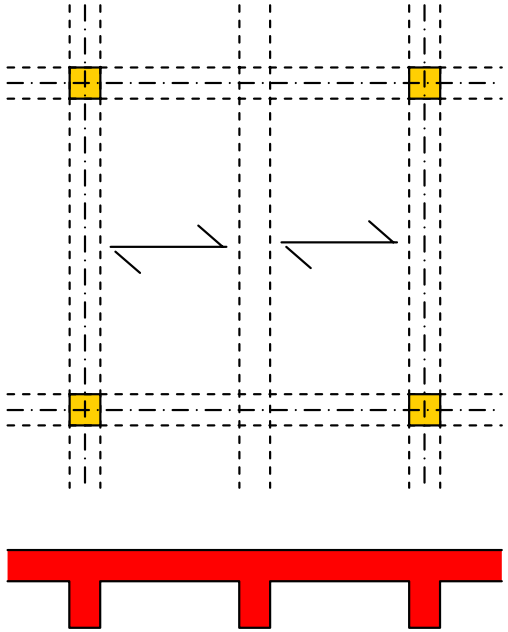
$$Ma=Mb=(w/2)l^2/8 .=0.0625wl^2$$

در حالیکه لنگر خمشی محاباتی بر اساس تئوری الاستیسیته معادل: $0.048wl^2$ می باشد. که کاهش ۲۵ درصدی فوق به علت وجود لنگرهای پیچشی ااست که در تئوری نواری نادیده گرفته شده است.

دال یکطرفه

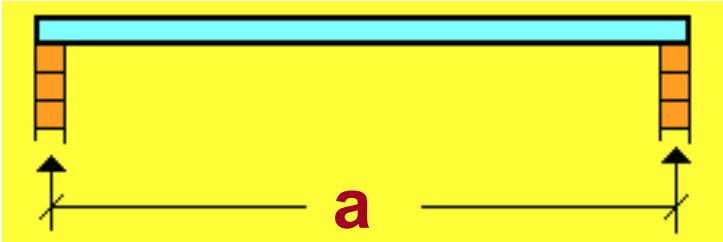


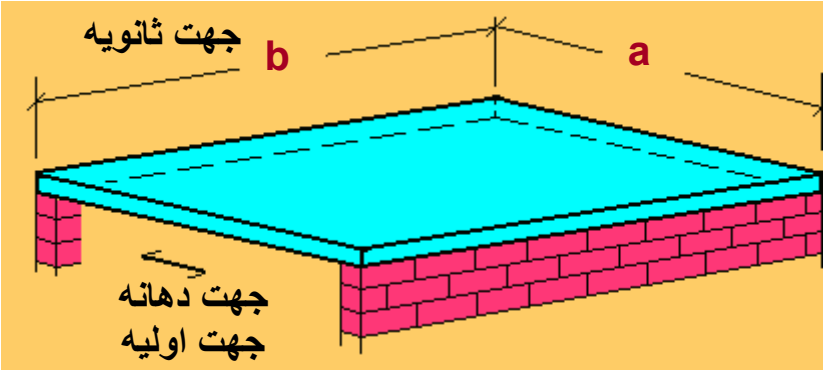




فولادهای اصلی
عرضهای واحد مانند تیر عمل می کنند

دهانه دال یکسره فاصله بین مراکز تکیه گاه است



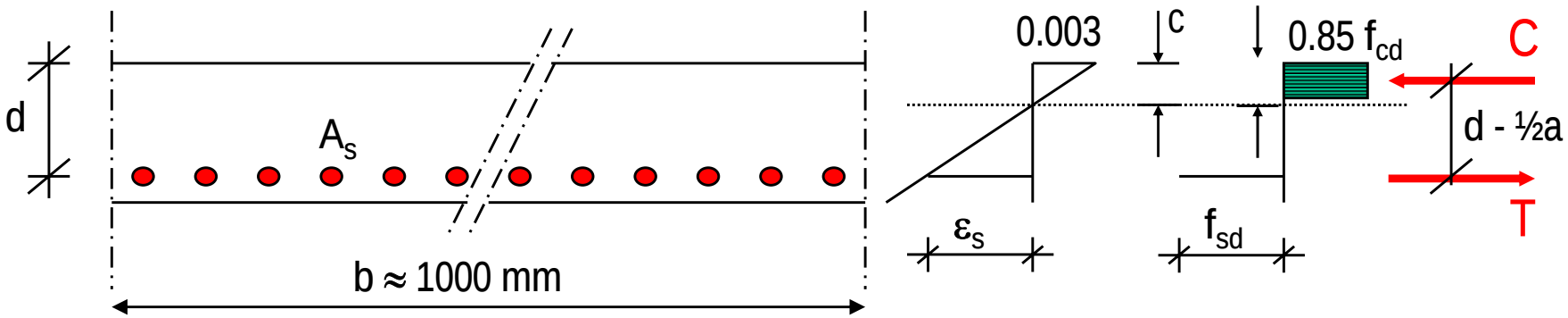


دال یکطرفه ساده

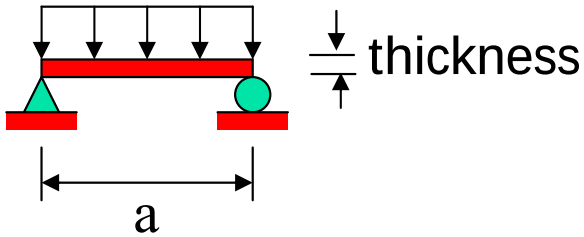
دهانه دال ساده کوچکترین دو مقدار ۱-فاصله بین مراکز تکیه گاه است ۲-دهانه آزاد + عمق موثر دال

طراحی دال یکطرفه ساده

اگر بار طراحی w (kPa) باشد، نوار طراحی به عرض یکمتر را برای بار 1xw (kN/m) که لنگری معادل $wa^2/8$ را در وسط دهانه دال ساده فوق ایجاد می کند طراحی می گردد. این لنگر دارای واحد kNm/m است



طراحی برای تیر به عرض یکمتر و ارتفاع ضخامت دال انجام می شود.



مقدار فولاد A_{st} محاسبه شده و با انتخاب سایز میلگرد A_b فاصله آنها چنین محاسبه می گردد.

$$s = 1000\ A_b / A_{st}$$

فولاد افت و حرارت (در جهت بلند)

$f_y<400$ MPa $\rho_{min}=.002$

$f_y=400$ MPa $\rho_{min}=.0018$

$f_y>400$ MPa $\rho_{min}=.0018x400/fy>.0015$

$A_s = \rho_{min} A_g$

فولاد اصلی (جهت کوتاه)

A_s is of ϕ 6,8,10 mm

حداکثر فاصله : 3 h یا 35 cm

حداقل فاصله : 2.5 cm یا .ماکزیمم اندازه دانه x 4/3 یا قطر میلگرد اصلی

میلگردهاي اضافي فوق در جهتي گذاشته مي شود كه فولاد محاسباتي موجود نباشد.

در دالهاي باضخامت متعارف اين ميلگردها در يك سفره و چنانچه ضخامت زياد باشد در دو سفره بالا و پايين قرار مي گيرد

ضخامت حداقل برای کنترل خیز

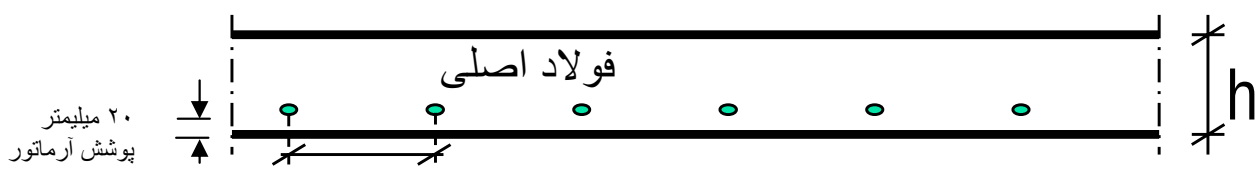
طره ای	دو انتها پیوسطه	یکطرف پیوسطه	تکیه گاه ساده
a/10	a/28	a/24	a/20

انتخاب h بر اساس معيارهاي ذيل مي باشد:

۱-عدم نيازبه فولاد فشاري

۲-كنترل تغيير شكل

۳-كنترل برش



$s \leq 3h$ or 350 mm

تحلیل دالها به روش ضرایب

روش ضرایب (لنگر و برش در دالهای یکطرفه پیوسته)

ضوابط:

۱- دو یا بیش از دو دهانه وجود دارد.

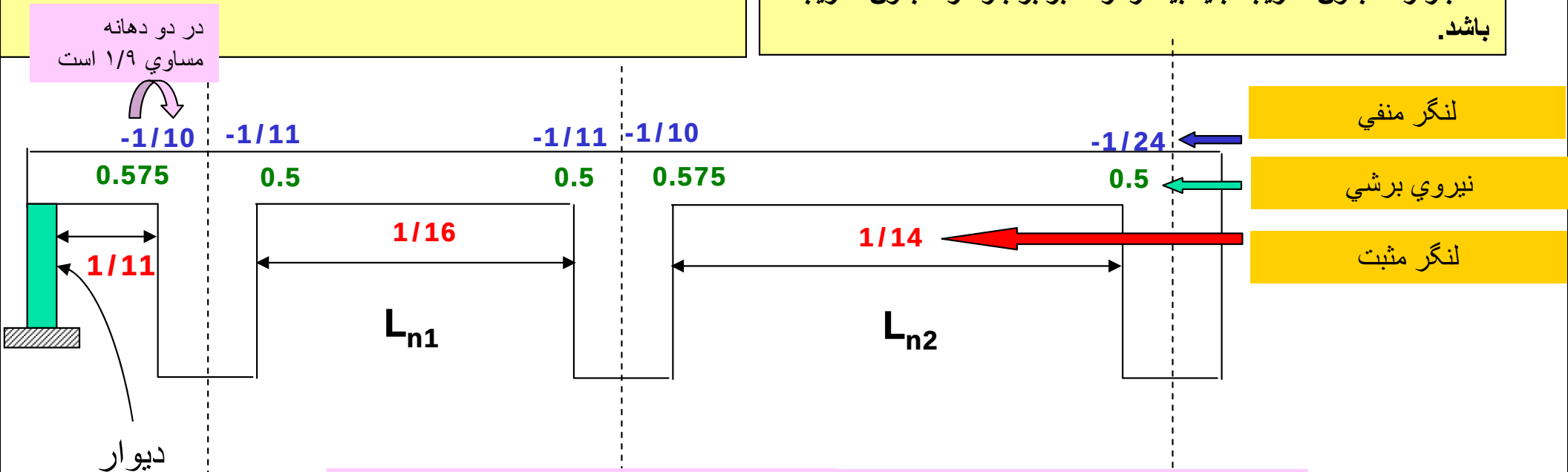
۲- دهانه ها باید اندازه شان تقریبا مساوي باشد و طول دهانه بزرگتر نباید بیشتر از ۲۰ درصد از دهانه کوچکتر مجاور بزرگتر باشد.

۳- بارها باید به صورت یکنواخت توزیع شود.

۴- بار زنده بدون ضریب نباید بیشتر از ۳ برابر بار مرده بدون ضریب باشد.

نکته:

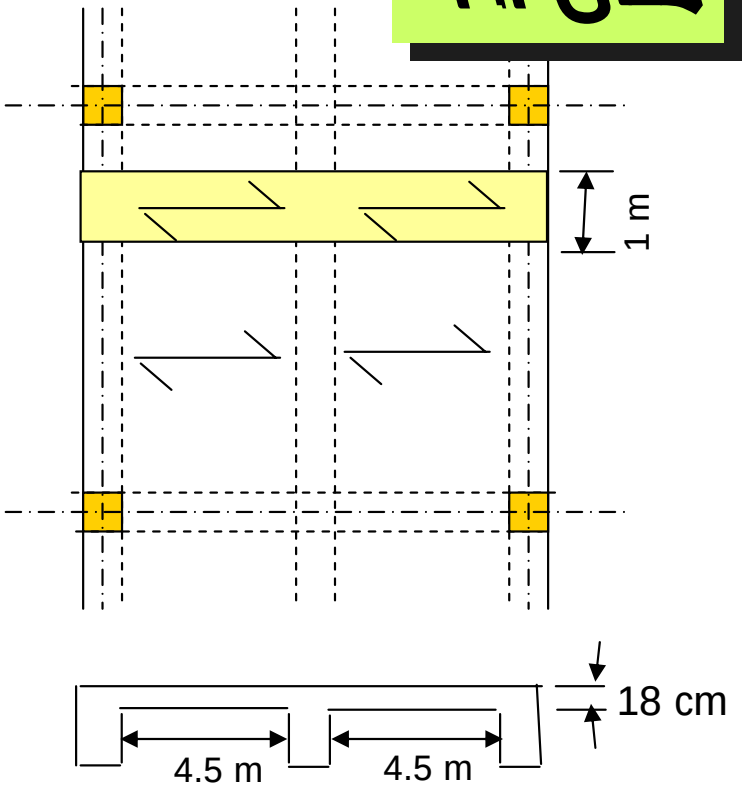
- براي محاسبه لنگر مثبت از طول ازاد همان دهانه استفاده کنید
- براي محاسبه لنگر منفي از متوسط طول ازاد دو دهانه مجاور استفاده کنید
- چنانچه طول دهانه کمتر از ۳ متر باشد ضریب لنگرهاي منفي 1/12 خواهد بود.



لنگر=Cof.x wx L_n^2 برش=Cof.x wx L_n

مثال ۳.۱

دال دو دهانه کف نشان داده شده را که مقطع آن نیز نشان داده شده است را طراحی نمایید. f'c=28 MPa, fy=420 MPa, LL=3 kN/sq.m, کف سازی=2.4 kN/sq.m



Slab weight=1.25(.18x24)=5.4 kN/ m^2

Finishing =1.25(2.4) =3.0 kN/ m^2

Live Load =1.5(3) =4.5 kN/ m^2

The factored load =12.9 kN/ m2

The load per meter on the strip shown shaded in figure is 1x 12.9=12.9 kN/m

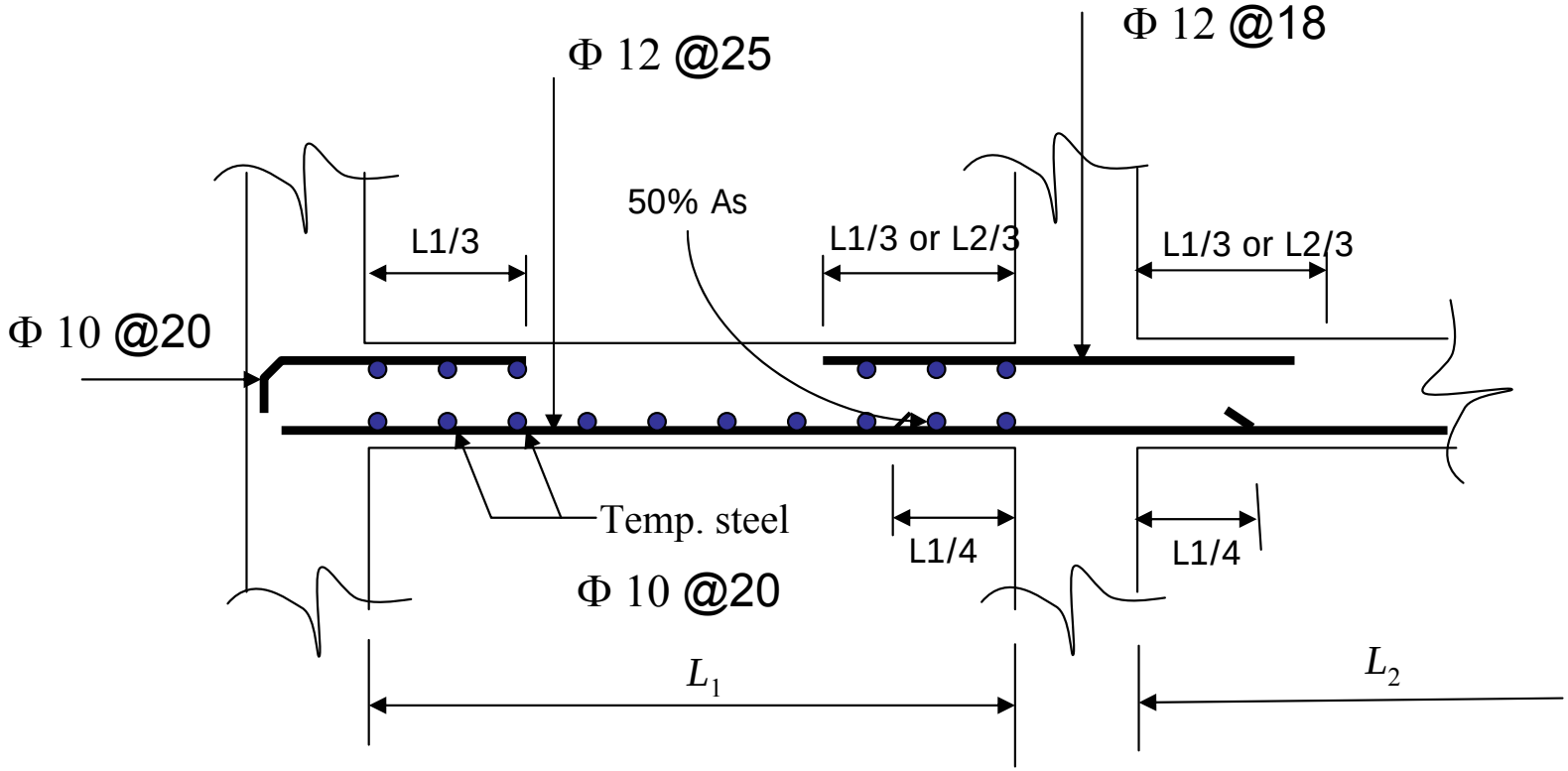
Moment at face of interior support=-M=1/10X12.9X4.5^2=26.12 kN.m/ m As=5.94 cm2/m, ϕ12@18

Moment at interior span=M=1/14X12.9X4.5^2=26.12 kN.m/ m As=3.74 cm2/m, ϕ12@25

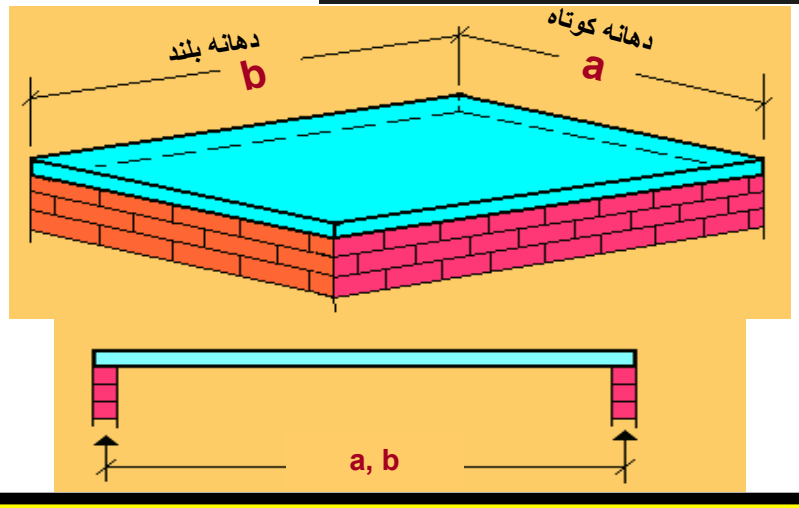
Moment at face of exterior support=-M=1/24X12.9X4.5^2=10.88 kN.m/ m As=2.19 cm2/m, ϕ10@20

Temperature & shrinkage minimum reinforcement As=100x18x.0018x400/420= 3.1 cm2/m, ϕ10@20

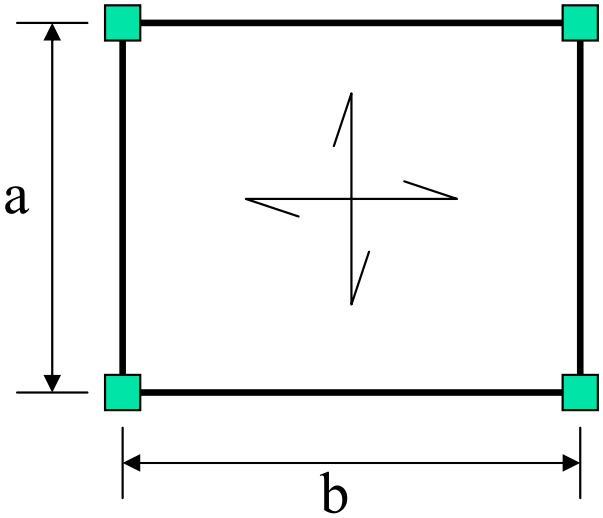
جزئیات میلگرد گذاری



دال دوطرفه



دال دو طرفه بار را در دو جهت منتقل می کند و دو دهانه در تحمل بار سهیم می شوند



طراحی دال دو طرفه (b<2a)

حداقل ضخامت: h= 10 cm

= 140/محیط =اگر یک ضلع یا بیشتر ساده باشد 2(a+b)/140

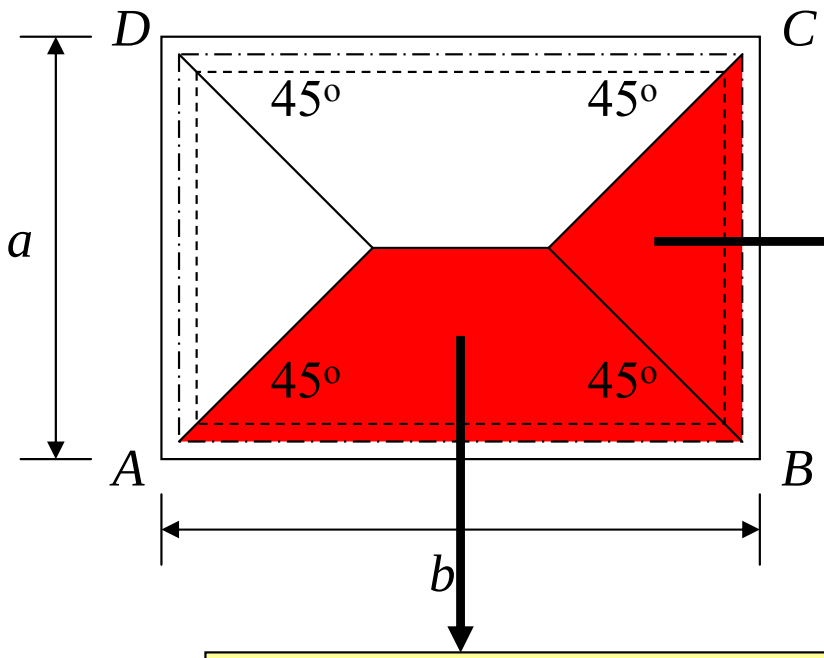
160/ محیط =اگر هر چهار ضلع پیوسته = 2(a+b)/160

فولاد گذاری:

حداکثر فاصله: 3 t یا 35 cm

اندازه دانه 4/3 : حداقل فاصله برای فولاد اصلی یا 2.5 cm

بار به صورت دوطرفه به تیرهای طرفین منتقل می شود اگر $\alpha_1 l_2 / l_1 > 1$



دهانه کوتاه (BC):

بار کف $= w$ kg/sq.m

سطح متناظر $= a^2/4$ sq.m

بار روی تیر $= wa/4 \rightarrow wa/3$ kg/m

دهانه بلند (AB): نسبت دهانه $m = a/b$

سطح متناظر $= ab/2 - a^2/4 = a^2(2-m)/(4m)$ sq.m

بار روی تیر $= wa(3-m^2)/6$ kg/m

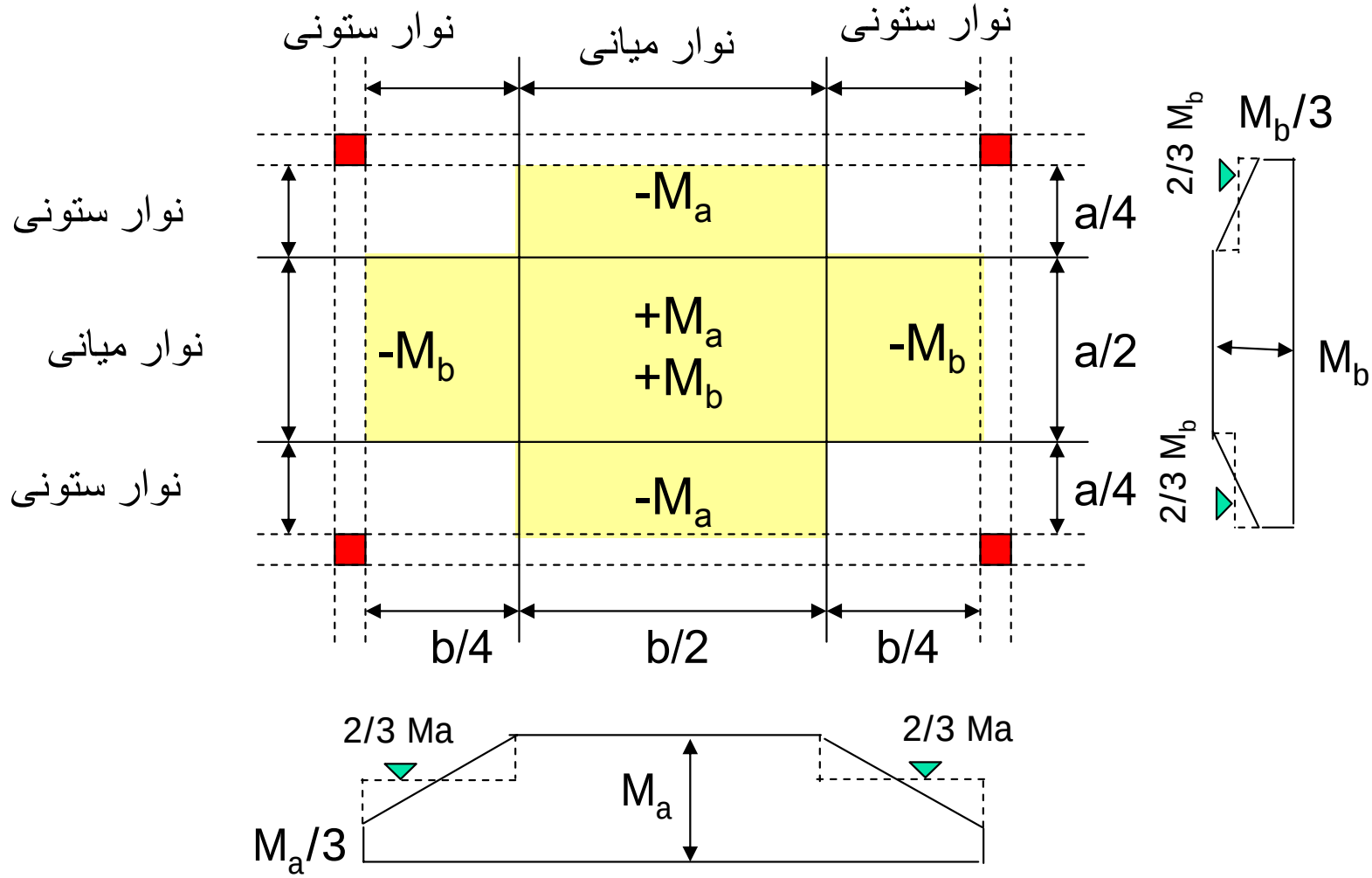
علاوه بر روش فوق مي توان با استفاده از ضرايب جدول ۱۰-۶ تلاش برشي در دال و سهم باربري تيرها را بر اساس تقسيم بار كل چشمه W در دو امتداد a و b بدست آورد.

اين برش به طور يكنواخت در طول تكيه گاههاي دال تقسيم مي شوند.

روش ضرایب

لنگر نوار میانی در واحد عرض: $M_M = c_a w a^2$ OR $c_b w b^2$

لنگر نوار ستونی در واحد عرض: $M_C = 2M_M/3$



بر اساس مود شکست لولايي دالها (باز پخش غير الاستيك لنگرها)، وقتي لنگر حداكثر الاستيك به مقدار لنگر شكست مقطع دال رسيد؛ باز هم به مقاومت ادامه داده تا مود شكست كلي دال حاصل شود.
بنابراين طراحي بر اساس حدكثر لنگر الاستيك غير اقتصادي مي باشد. لنگرهاي جدول ارائه شده همواره كمتر از لنگرهاي حداكثر الاستيك انتخاب شده اند.

ادامه .....

الف) براي تعيين ضرايب لنگر منفي چنين فرض شده است كه در دو دهانه مجاور بطور كامل تحت بار مرده و زنده است.

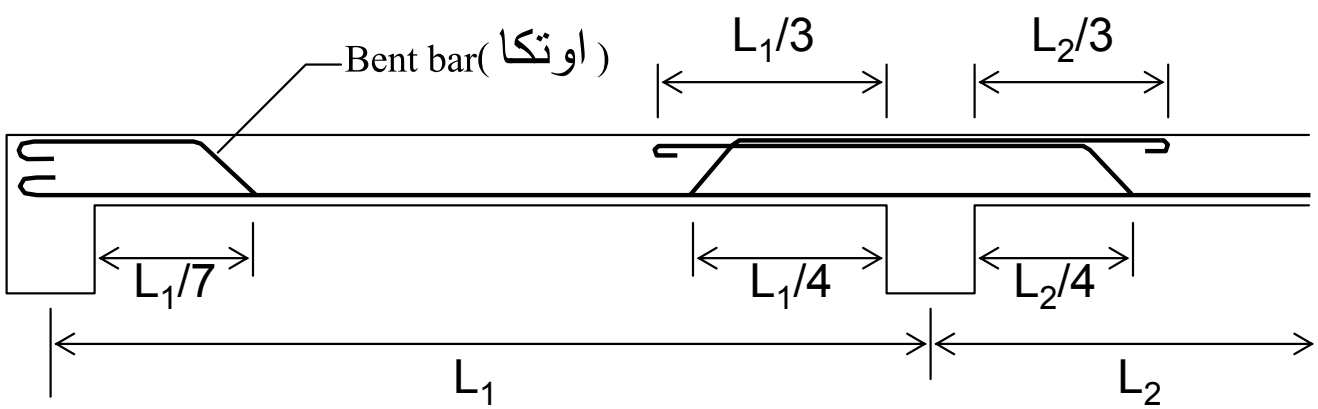
براي محاسبه ضرايب لنگر مثبت بسته به نوع بار نحوه مدل تحليلي متفاوت است.

۱-در صورتيكه بار مرده وارد شود چون در كليه دهانه ها وجود دارد لذا دوراني در تكيه گاهها وجود ندارد و تكيه گاهها گيردار است

۲-در صورتيكه بار زنده وارد شود در دهانه فوق وارد شده و در دهانه هاي مجاور وجود ندارد (بارگذاري شطرنجي) لذا دوران در لبه هاي پيوسته وجود دارد (۵۰ درصد گيرداري)

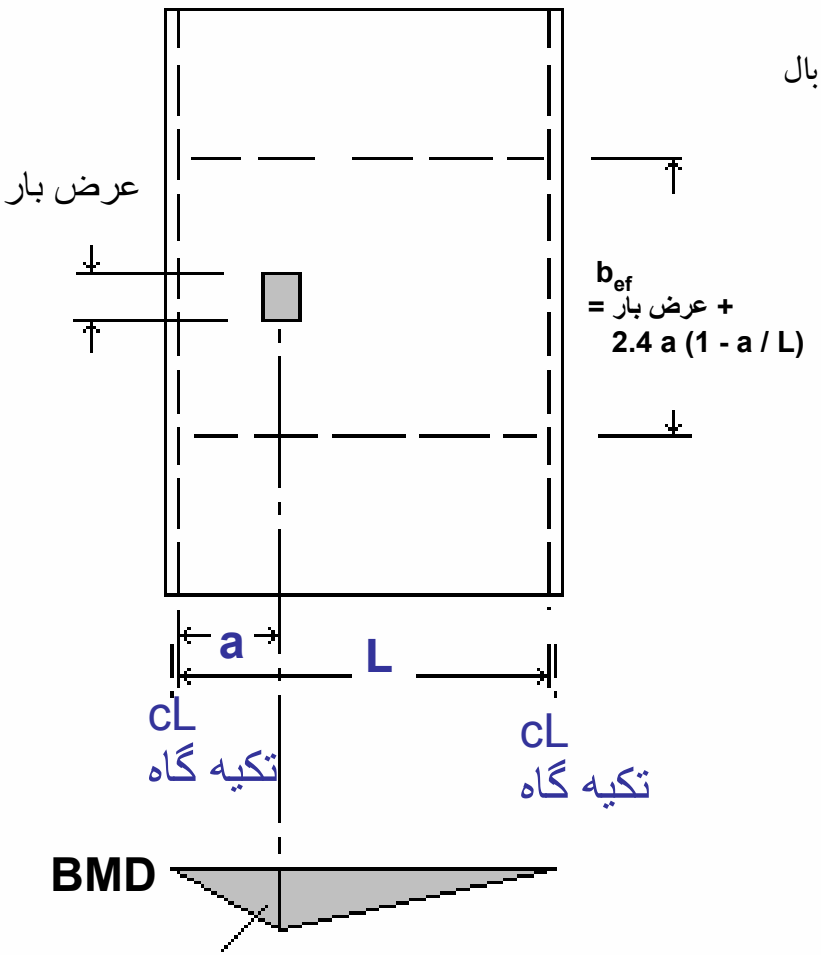
ب) لنگر منفي در لبه غير پيوسته مساوي ۳/۴ لنگر مثبت دهانه در همان امتداد است.

جزئيات ميلگرد گذاری در دال

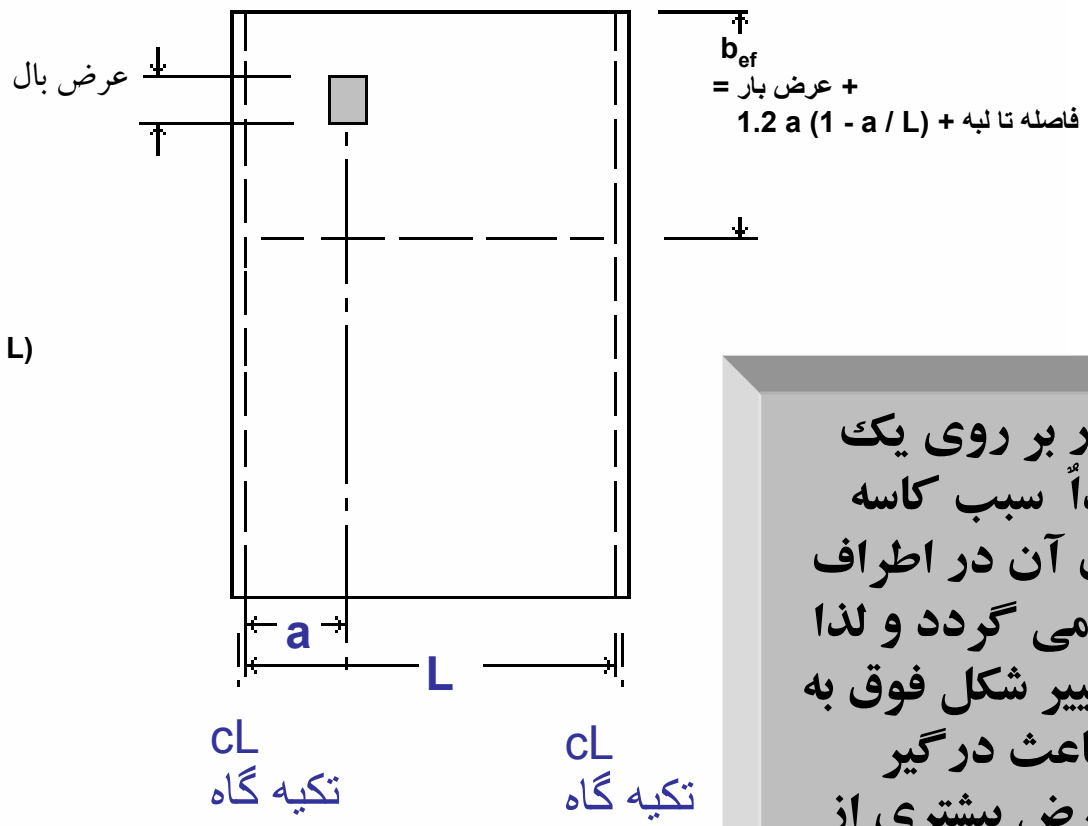


بارهای متمرکز-اثر خمش

بار از لبه فاصله دارد



بار نزدیک لبه است



اعمال بار بر روی یک دال ابتداً سبب کاسه ای شدن آن در اطراف بار فوق می گردد و لذا پخش تغییر شکل فوق به اطراف باعث درگیر شدن عرض بیشتری از دال در تغییر شکل فوق می شود. عرض موثر b_{ef} چنین محاسبه می گردد.

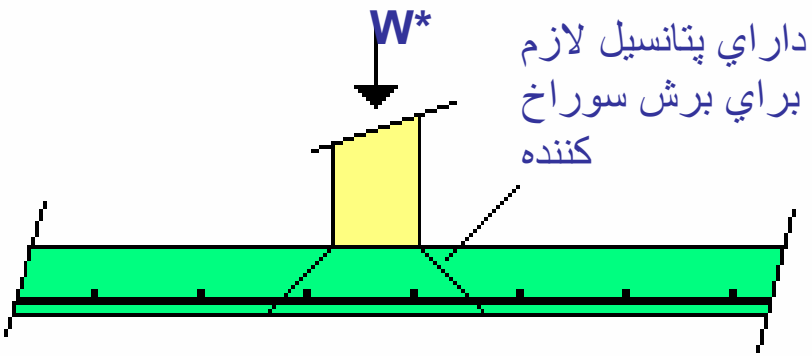
$M_{max} = W\,a\,(L - a/L)$ عمل مي كند b_{ef} بر عرض موثر

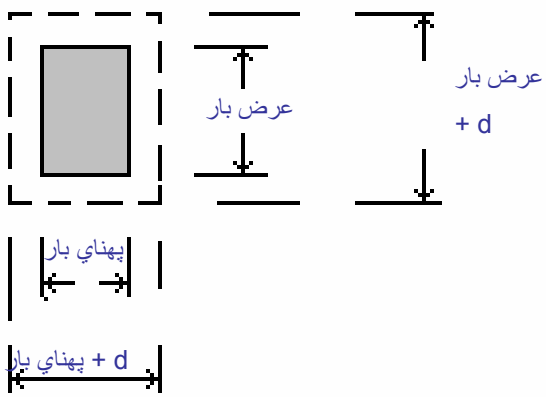
L=فاصله مرکز تا مرکز تکیه گاه

بارهاي متمركز- برش سوراخ كننده

اگر بار متمرکز بزرگ و یا سطح اثر آن کوچک باشد، ممکن است که بار فوق اثرسوراخ کنندگی در دال داشته باشد. عمل خمشی باید همراه اثر فوق کنترل گردد.

b_0 محیط بحرانی
= 2*(عرض بار+d) + 2*(پهنای بار+d)





مقاومت در برابر برش سوراخ کننده در محیط بار:

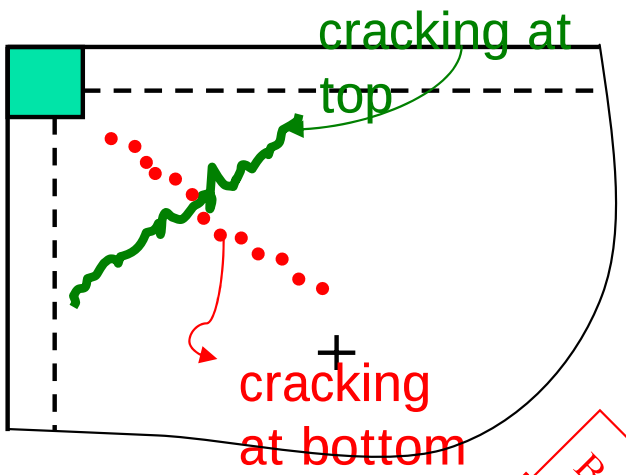
$$V_c = 0.2\gamma\ \phi_c (f'_c)^{0.5}\ b_0\ d$$

ضریبی که بستگی به ابعاد بار دارد $\gamma =$

شرط تحمل بار چنین کنترل می گردد:

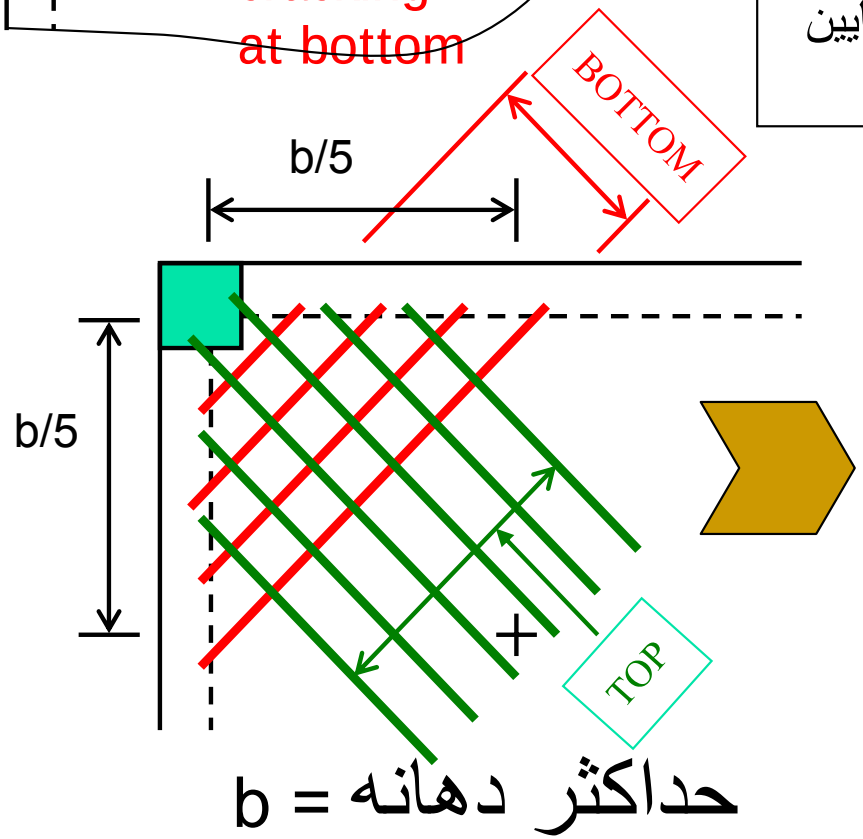
$$V_c >= W^* \quad \text{که} \quad \phi_c = 0.6$$

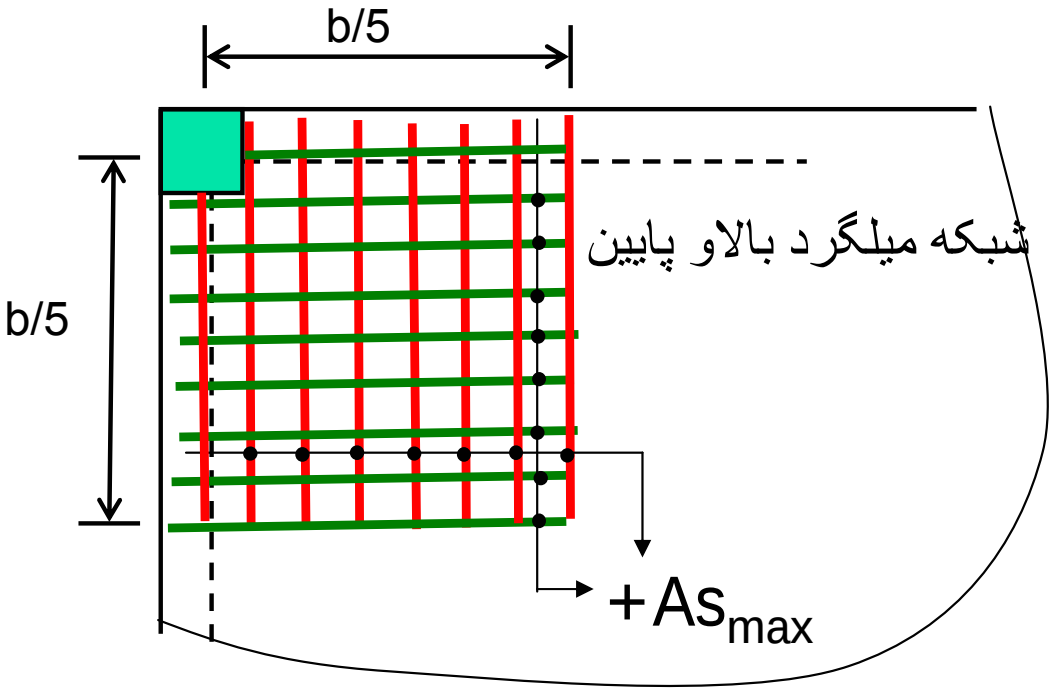
شبکه میلگردهای گوشه



وجود لنگر های پیچشی نامتعادل در گوشه های دال سبب تمایل دال به حرکت به سمت بالا در گوشه های دال می گردد.

طبق آیین نامه در دالهایی که تیرهای تکیه گاهی دارای α بزرگتر از ۱ هستند در گوشه های خارجی باید میلگردهای خاص هم در بالا و پایین دال پیش بینی شود



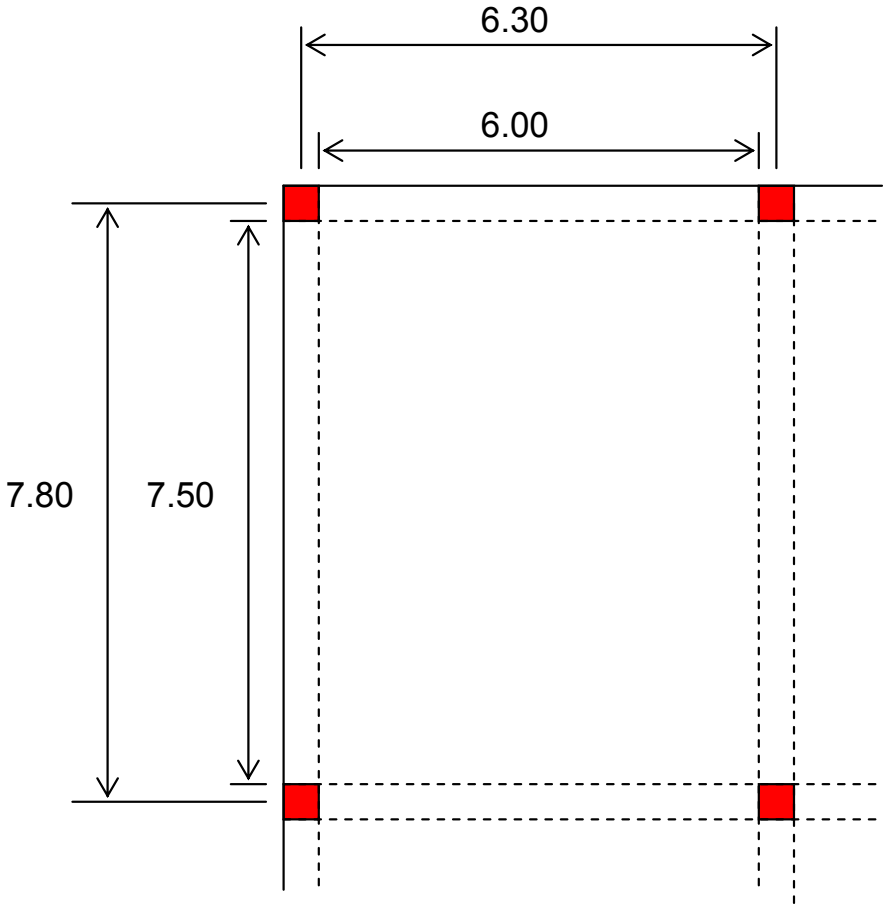


مثال طراحی ۳,۲

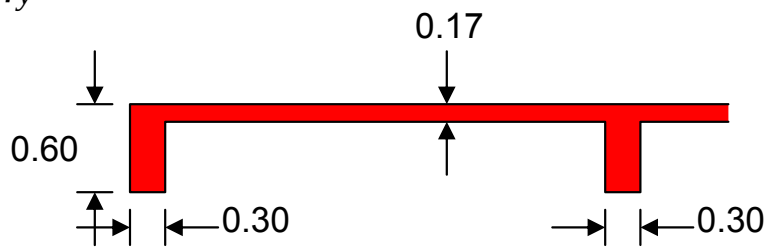
دال دو طرفه زیر را طراحی نمایید

live load= 500-kg/m^2

Finishing=3 kN/sq.m $f_c' = 21$ MPa, $f_y = 420$ MPa



پلان طبقه



Cross section

Min h = 2(600+750)/160 ~ 17 cm

m = 6.00/7.50 = 0.8
d=17-3=14 cm

As_{min} =100x18x.0018x400/420= 3.1 cm2/m, ϕ12@30, ϕ10@25

Slab weight=1.25(.17x24)=5.1 kN/ m^2

Finishing =1.25(1.9) =2.4 kN/ m^2

Live Load =1.5(5) =7.5 kN/ m^2

The factored load =15.0 kN/ m2

Negative moments

Moment in direction of short length=-M=.0710X15.0X6^2=38.34 kN.m/ m As=9.35 cm2/m, ϕ12@10

Moment in direction of long length=-M=.029X15.0X7.5^2=24.47 kN.m/ m As=7.21 cm2/m, ϕ12@15

Positive moments

Moment in direction of short length $\left\{ \begin{array}{l} M_D=.039X7.5X6^2=10.53 \text{ kN.m/ m} \\ M_L=.048X7.5X6^2=12.96 \text{ kN.m/ m} \end{array} \right\}$ M=23.49 kN.m/ m

As=5.55cm2/m, ϕ12@20

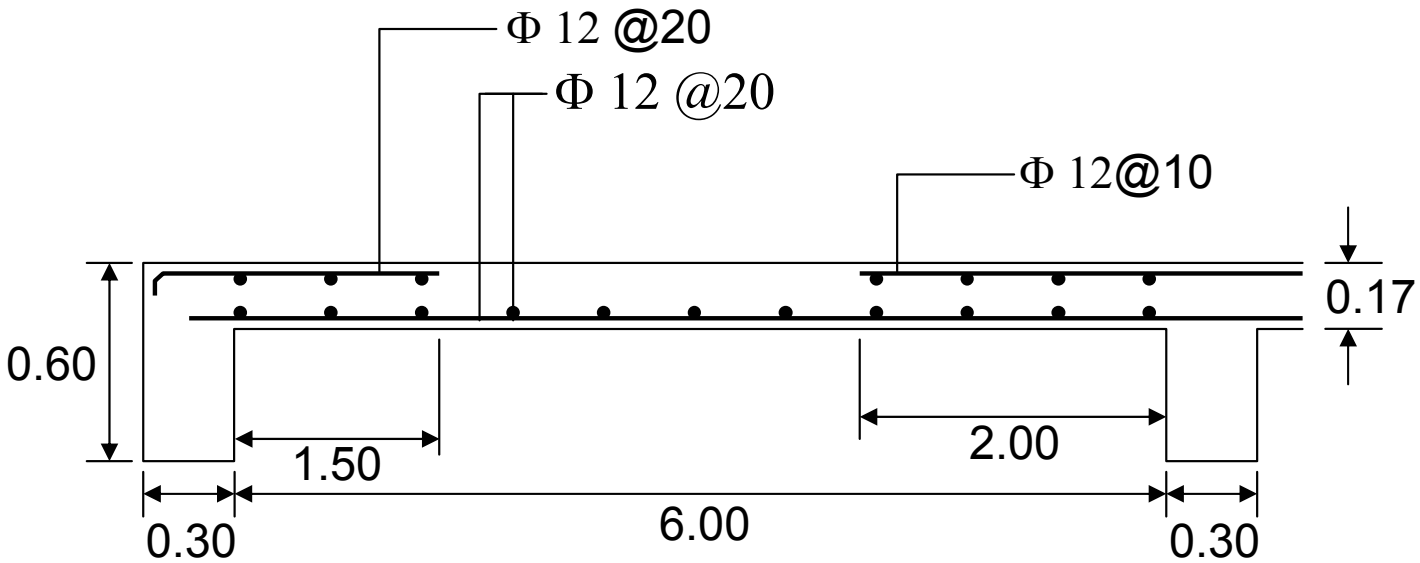
Moment in direction of long length $\left\{ \begin{array}{l} M_D = .016 X 7.5 X 7.5^2 = 6.75 \text{ kN.m/ m} \\ M_L = .020 X 7.5 X 7.5^2 = 8.44 \text{ kN.m/ m} \end{array} \right\}$ M=15.19 kN.m/ m

As=4.38cm2/m, ϕ12@20

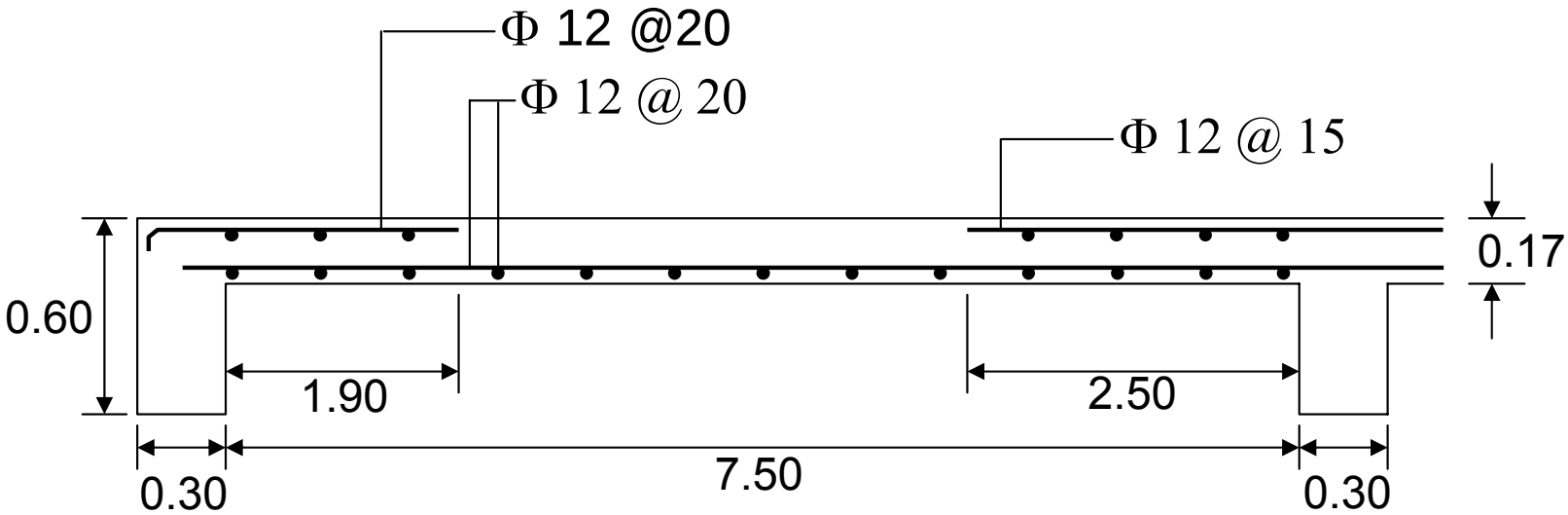
Negative moments at exterior face

Moment in direction of short length=-M=3/4X23.49=17.6 kN.m/ m As=3.96 cm2/m, ϕ12@20

Moment in direction of long length=-M=3/4X15.19=11.4 kN.m/ m As=2.86 cm2/m, ϕ12@20



دهانه کوتاه



دهانه بلند