

# «روش های اجرای سقف»

۱

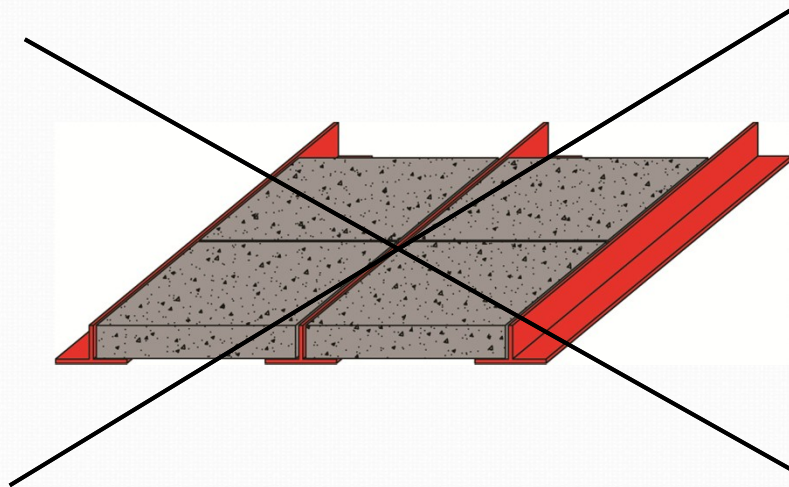
## محورها:

- ۱ - مقدمه و آشنایی با عملکرد سقف ها به ویژه عملکرد لرزه ای آنها
- ۲ - صلبیت سقف ها
- ۳ - مروری بر انواع سقف های رایج
  - دال بتنی
  - تیرچه بلوک: تیرچه های خربایی و تیرچه های پیش تنیده (پیش کشیده)
  - تیرچه های فولادی با جان باز (گرمیت)
  - سقف مرکب بتن فولاد (Composite)
  - عرشه های فولادی
  - دال های پیش تنیده (پس کشیده)
  - سایر سقف ها (نام های تجاری جدید، ابداعات و ...)
- ۴ - جمع بندی
- ۵ - منابع و مراجع

سقف ها

۲

## ۱ مقدمه و آشنایی با عملکرد سقف ها



۳

## نشریه ۳۶۰: دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

**دستورالعمل بهسازی لرزه ای  
ساختمان های موجود**

نشریه شماره ۳۶۰

معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی، تدوین معیارها  
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله  
۱۳۸۵

۴

## ۲-۷-۶- دیافراگم ها

دیافراگم، سیستمی افقی یا نزدیک به افقی است که نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را به اعضای قائم یا سیستم های قائم باربر جانبی از طریق عملکرد توالم اجزای دیافراگم شامل تیرهای لیه، برش گیرها و کلاف ها منتقل می نماید.

### ۲-۷-۶-۱- تیرهای لیهی دیافراگم

در لیه های خارجی و داخلی (لیه ی بازشوها) دیافراگم می توان از تیرهای لیه استفاده نمود. دیوار و یا تیر قاب یکپارچه با دیافراگم نیز می تواند به عنوان تیر لیه عمل نماید. در گوشه های تورفته و در گوشه های بازشوها دیافراگم، تیرهای لیه باید از گوشه به داخل دیافراگم آن قدر ادامه پیدا کنند تا نیروها به طور مطمئن در سطح دیافراگم توزیع شود. تیرهای لیه باید برای نیروی کششی ناشی از خمش کلی دیافراگم، حاصل از نیروهای اینرسی وارد شده با رفتار کنترل شونده توسط نیرو طراحی شوند. در طراحی، ضوابط بند (۲۰-۳-۵) آیین نامه ی بتن ایران (آبا) باید مورد توجه قرار گیرد.

### ۲-۷-۶-۲- برش گیرهای دیافراگم

در صورتی که اتصال دیافراگم به سیستم باربر جانبی برای انتقال مطمئن نیروهای برشی کافی نباشد، می توان از برش گیرها برای انتقال نیرو از دیافراگم به سیستم باربر جانبی استفاده نمود. برش گیرها باید به اندازه ی کافی در دیافراگم قرار داده شوند و طوری به دیافراگم متصل شوند تا قادر به انتقال همه ی نیروهای مورد نظر باشند. در طراحی این اجزا باید ضوابط بندهای (۲۰-۳-۵) و (۲۰-۳-۶) "آبا" را مورد توجه قرار داد.

### ۲-۷-۶-۳- کلاف های کششی دیافراگم

در دیافراگم باید از کلاف های کششی پیوسته که دو لیه ی مقابل دیافراگم یا تیرهای لیه را به هم وصل می کنند استفاده نمود. فاصله ی کلاف ها از هم نباید از سه برابر طول کلاف ها زیاده تر باشد. طول کلاف، فاصله ی بین دو نقطه ی متوالی انتقال نیروی آن به سایر اعضای باربر جانبی، مانند تیرهای قاب ها، می باشد. کلاف ها برای حداقل بار محوری کششی مطابق رابطه ی (۲-۳)، به عنوان یک رفتار کنترل شونده توسط نیرو، طراحی می شوند.

$$F_p = 0.4 \times S_y W$$

(۲-۳)

## ۳-۲-۴- دیافراگم ها

### ۳-۲-۴-۱- دسته بندی دیافراگم ها

دیافراگم ها به صورت صلب، نیمه صلب و یا نرم دسته بندی می شوند. چنانچه حداکثر تغییر شکل افقی دیافراگم بزرگ تر از دو برابر متوسط تغییر مکان جانبی نسبی طبقه ی زیر آن باشد، آن دیافراگم نرم محسوب می شود. در دیافراگم هایی که بر روی دیوارهای زیر زمین تکیه نموده اند، متوسط تغییر مکان جانبی نسبی طبقه ی بالایی مدنظر قرار می گیرد. در دیافراگم صلب این نسبت باید کم تر از نیم باشد. دیافراگمی که نه صلب و نه نرم باشد، دیافراگم نیمه صلب نامیده می شود. منظور از تغییر مکان نسبی طبقه، تغییر مکان جانبی سیستم های قائم باربر جانبی آن طبقه نسبت به طبقه ی زیرین می باشد.

برای دسته بندی دیافراگم ها، محاسبه ی تغییر شکل ها باید بر مبنای بار معادل استاتیکی مطابق رابطه ی (۳-۶) انجام شود. به علاوه، تغییر شکل دیافراگم باید بر مبنای توزیع نیروی افقی متناسب با توزیع جرم در طبقه و همچنین نیروهای افقی ناشی از جابه جاشدن سیستم قائم باربر جانبی از طبقه ای به طبقه ی دیگر، محاسبه شوند.

### ۳-۲-۴-۲- ملاحظات خاص مدل سازی

در مدل سازی سازه ها با دیافراگم نیمه صلب و یا نرم باید اثر تغییر شکل دیافراگم بر حسب سختی آن در نظر گرفته شود. در سازه های با دیافراگم نرم در تمامی طبقات، در تحلیل های غیر خطی می توان قاب های موجود در سیستم قائم باربر جانبی سازه را به صورت مجزا و از طریق مدل سازی دوبعدی و با تخصیص جرم متناسب با سطح باربری قاب ها تحلیل نمود.

## استاندارد ۲۸۰۰ ۱۳۸۴: آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله



۷

## استاندارد ۲۸۰۰ ۱۳۸۴: آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

**۹-۲ نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم ها**  
**۱-۹-۲ دیافراگم ها که معمولاً کف های سازه ای تحمل کننده بارهای ثقیلی در ساختمانها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کفها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند.** این دیافراگم ها باید در برابر تغییرشکل های افقی که در میان صفحه آنها ایجاد می شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند. دیافراگم ها باید برای نیروی جانبی زلزله مطابق رابطه زیر محاسبه شوند.

$$F_{pi} = \frac{(F_i + \sum_{j=1}^n F_j)}{\sum_{j=1}^n W_j} W_i \quad (۱۹-۲)$$

در این رابطه:

$F_{pi}$  نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز  $i$   
 $W_i$  وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز  $i$ ، شامل قسمتی از بار زنده مطابق ضابطه بند ۳-۲-۱.  
 $F_j$  و  $W_j$  به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند ۳-۲-۹.  
 در رابطه فوق، حداقل مقدار  $F_{pi}$  برابر با  $0.35 A I W_i$  است، و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از  $0.7 A I W_i$  در نظر گرفته شود. در صورتی که لازم باشد دیافراگم علاوه بر نیروی زلزله طبقه، نیروی جانبی اعضای قائمی را که در قسمت بالا و پایین دیافراگم بر روی یکدیگر واقع نشده اند، به یکدیگر منتقل نماید، مقدار این نیروها نیز باید به نیروی به دست آمده از رابطه (۱۹-۲) اضافه شود.

۸

## استاندارد ۲۸۰۰ ۱۳۸۴: آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

۲-۹-۲ تلاش های داخلی و نیز تغییرشکل های ایجاد شده در دیافراگم ها باید با استفاده از روش های شناخته شده تحلیل سازه ها تعیین گردند. در دیافراگم های متعارف که دارای پلان نسبتاً منظمی بوده و فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک به هم باشند، این تلاش ها و تغییرشکل ها را می توان با فرض عملکرد دیافراگم به **صورت تیر تیغه ای** که بر روی تکیه گاه های ارتجاعی قرار گرفته است، تعیین نمود. برای این منظور می توان از روش پیشنهاد شده در **پیوست (۶)** استفاده کرد.

۳-۹-۲ **دیافراگم ها باید برای تلاش های برشی و لنگرهای خمشی ایجاد شده در میان صفحه خود زیر اثر بار جانبی طراحی شوند.** کنترل مقاومت دیافراگم های بتن مسلح بر اساس ضوابط آیین نامه بتن ایران «آبا» و دیافراگم های ساخته شده از مصالح دیگر بر اساس ضوابط آیین نامه های مربوط تعیین می گردد.

۴-۹-۲ در دیافراگم ها چنانچه حداکثر تغییرشکل افقی ایجاد شده در آنها زیر اثر نیروی مؤثر بر دیافراگم، کمتر از نصف تغییرمکان نسبی متوسطه طبقه باشد، دیافراگم ها را می توان صلب در نظر گرفت و توزیع نیروی برشی طبقه را بین عناصر سیستم مقاوم قائم ساختمان به نسبت سختی آنها انجام داد. در غیر این صورت دیافراگم انعطاف پذیر بوده و در توزیع برش، باید تغییرشکل های ایجاد شده در دیافراگم مورد توجه قرار گیرد.

۹

## مقررات ملی ساختمان (مبحث ۶) ۱۳۸۵: بارهای وارد بر ساختمان

ضوابط مشابه استاندارد ۲۸۰۰ است و در بند ۶-۷-۲ با عنوان «نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم ها» آمده است.



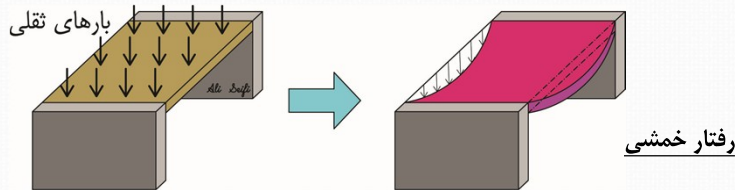
با توجه به اهمیت لرزه ای دیافراگم ها به عنوان جمع کننده نیروی زلزله موجود در کف (کلکتور)، لازم است در برابر بارهای ناشی از زلزله در میان صفحه خود کنترل شوند و صلبیت آنها نیز بررسی گردد.

۱۰

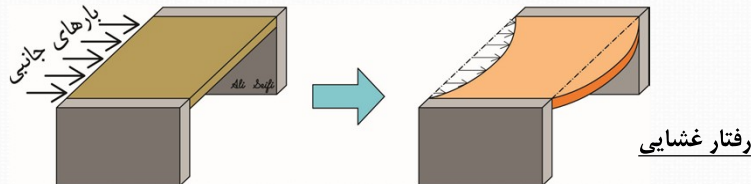


## وظایف سقف (دیافراگم):

- ۱ - انتقال بارهای ثقلی (مرده و زنده) به اعضای باربر ثقلی مانند تیرها و ستون ها  
(خمش حول محور قوی تیرها - غالباً سقف ها برای این بارگذاری طراحی و کنترل شده اند)



- ۲ - انتقال بارهای جانبی (زلزله یا باد) به اعضای باربر جانبی مانند قاب ها، مهاربندها (بادبندها) یا دیوارهای برشی (خمش حول محور ضعیف مقاطع - یکپارچگی سقف و حفظ آن مهم است)



- ۳ - کنترل افتادگی یا خیز (جزء شرایط بهره برداری است - طبق بند ۱۰-۲-۱۱-۴-الف مبحث ۱۰)  
تیرها و شاستیرهایی که سقف های نازک کاری شده را تحمل می کنند، باید طوری محاسبه شوند که تغییرمکان حداکثر نظیر بار مرده و زنده از ۱/۲۴۰ طول دهانه و تغییرمکان حداکثر نظیر بار زنده از ۱/۳۶۰ طول دهانه بیشتر نشود.  
خیز آبی ناشی از بارهای مرده و بارهای زنده (در همه سقف ها)  
خیز دراز مدت ناشی از بارهای مرده (در سقف های بتنی)

## انواع خیز

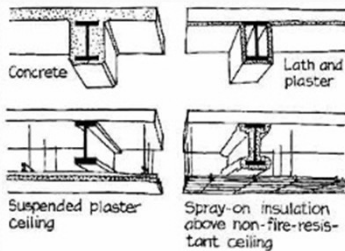
- ۴ - کنترل ارتعاش (جزء شرایط بهره برداری است - طبق بند ۱۰-۲-۱۱-۴ ب مبحث ۱۰)  
تیرها و شاستیرهایی که سطوح بزرگ خالی از تیغه بندی (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میراکنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می کنند، باید با توجهی خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (راه رفتن اشخاص، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها) محاسبه شوند. در تیرهای مربوط به این کف ها، نسبت ارتفاع به دهانه ( $d/L$ ) نباید از ۱/۲۰ کمتر گردد.  $d$  ارتفاع کلی مقطع تیر (شامل ارتفاع بتن در تیرهای مختلط) و  $L$  طول مرکز به مرکز تکیه گاهی تیر است. همچنین لازم است فرکانس نوسانی تیرها محاسبه گردد که این فرکانس باید از حد احساس بشری (۵ هرتز) فراتر باشد.  
در این خصوص به مراجع راهنمای معتبر مراجعه شود. برای محاسبه فرکانس تیرهای دهانه ساده رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$f = 70 \sqrt{\frac{I}{P_d L^4}} \geq 5$$

$$I = \text{ممان اینرسی تیر (cm}^4\text{)}, \quad P_d = \text{بار مرده (kg/m)}, \quad L = \text{طول دهانه (m)}$$

### ۵- کنترل آسایش (جزء شرایط بهره برداری است)

بعضا در برخی سقف‌هایی که بسیار منسجم هستند (مانند کامپوزیت)، ایجاد یک صدا مانند کشیدن یک صندلی روی کف، گسترش می‌یابد که توسط سیستم منسجم سقف توسعه یافته و باعث از بین رفتن آسایش سایر ساکنین در ساختمان می‌گردد. این پارامتری است که با کنترل فرکانس و ارتعاش هم حاصل نمی‌گردد.



### ۶- میزان حساسیت به حریق (عایق در برابر حریق)

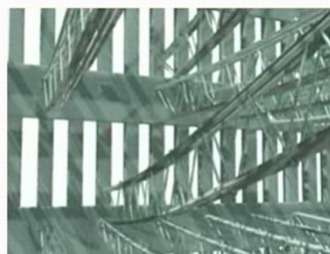
معمولا سقف‌های بتن به صورت ذاتی به حسب میزان پوشش بتن روی میلگردها دارای یک مدتی مقاومت در برابر حریق هستند. ولی در سقف‌های فولادی چنین نیست.



به عنوان مثال در حمله به برج‌های تجارت جهانی آمریکا (World Trade Center=WTC)، این ساختمان‌های برای ضربه‌ی هواپیما طراحی شده بودند ولی وجود سوخت هواپیما و توسعه آتش سوزی - حتی با وجود عایق بندی کف‌ها - پس از مدت زمانی در حدود ۱ ساعت، باعث ریزش برخی کف‌ها و افتادن آنها روی کف زیرین و نهایتاً تخریب پیش رونده (Progressive Failure) گردید.



بعضا مطرح می‌شود که عایق حرارتی سقف‌ها مهم نیست، زیرا رخداد آتش سوزی در یک منطقه زیر سقف، فقط باعث صدمه به آن قسمت می‌شود ولی اگر رخداد حریق باعث تخریب پیش رونده گردد، می‌تواند خطرناک باشد و باعث تخریب همه‌ی ساختمان شود.



### چک لیست انتخاب سقف

- ۱- آیا سقف جهت انتقال بارهای ثقلی مناسب است؟ ☐ بلی ☐ خیر
- ۲- آیا سقف جهت انتقال بارهای جانبی به اجزای باربر جانبی مناسب بوده و دارای انسجام و **صلبیت** کافی می باشد؟ ☐ بلی ☐ خیر
- ۳- اگر سقف قطعات نازک کاری شده را تحمل می کند، دارای خیز کوتاه مدت و بلند مدت کم و در حد مجازی می باشد؟ ☐ بلی ☐ خیر
- ۴- آیا سقف موردنظر از جهت ارتعاش و آسایش مناسب است؟ ☐ بلی ☐ خیر
- ۵- آیا سقف موردنظر از نظر عایق در برابر حریق (چه به صورت ذاتی و چه به صورت عایق کاری) در شرایط مناسبی قرار دارد؟ ☐ بلی ☐ خیر
- ۶- آیا دانش فنی، نیروی متخصص، ابزار و تجهیزات لازم جهت اجرای سقف موردنظر در محل در دسترس می باشد؟ ☐ بلی ☐ خیر
- ۷- قابلیت صنعتی سازی و افزایش سرعت اجرای روش انتخابی چقدر است؟  
☐ زیاد ☐ متوسط ☐ کم
- ۸- امکان کنترل کیفی روش انتخابی در چه سطحی است؟ ☐ زیاد ☐ متوسط ☐ کم

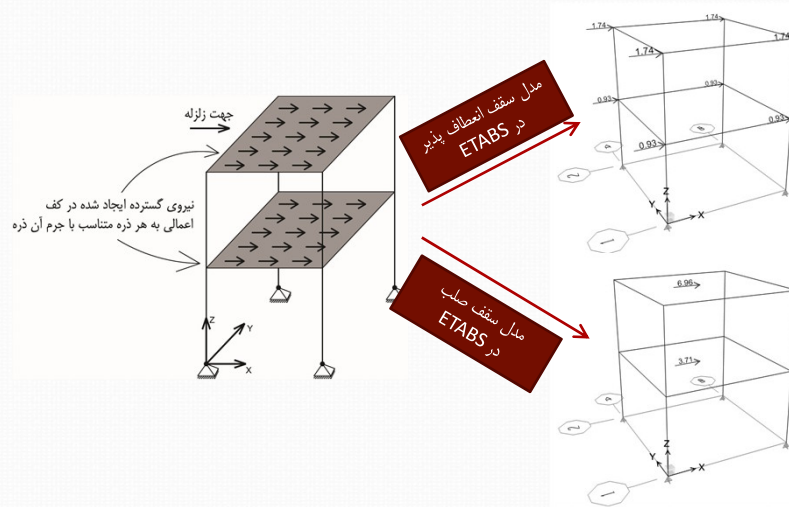
**طاق ضربی** به دلیل عدم انسجام مناسب سقف و مقاومت نامناسب ملات، رفتار مناسبی ندارد و استفاده از آن به عنوان سقف اصلا توصیه نمی شود.





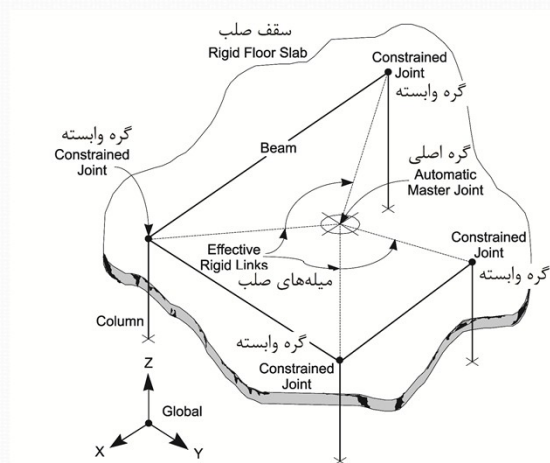
## ۲ صلیبیت سقف ها

مهندسان محاسب در هنگام استفاده از نرم افزارهای محاسباتی، یک تعریف به عنوان سقف صلب یا Rigid Diaphragm را انجام می دهند که غالباً به نوع سقف و مشخصات سازه توجهی نشده و کنترلی صورت نمی گیرد.



۱۷

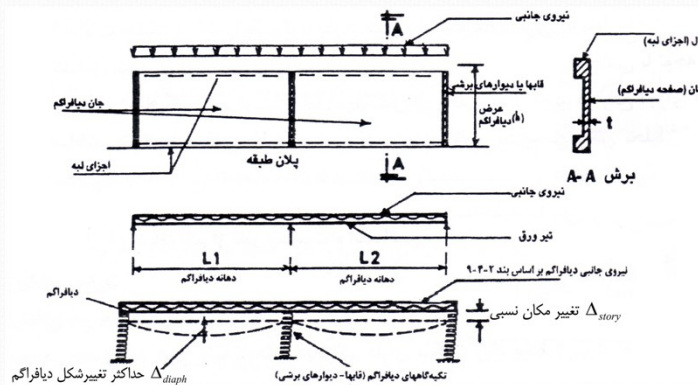
در صورت تعریف سقف صلب (Rigid Diaphragm)، گره های موجود در هر کف با یکسری میله های صلب به گره مرکز جرم متصل می شوند و درجات آزادی تغییر مکان  $U_x$ ، تغییر مکان  $U_y$  و دوران  $R_z$  در تراز طبقه به هم مرتبط می شوند. در این حالت نیروی زلزله هر سقف به محل مرکز جرم اعمال می گردد.



۱۸

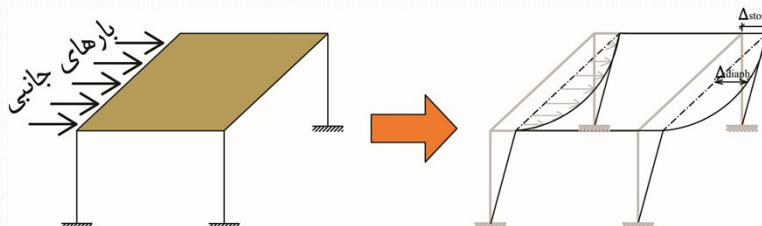
**کنترل صلبیت سقف**

حال این سوال مطرح می گردد که چه سقف هایی صلب هستند؟ آیا کلیه سقف های بتنی صلبند؟؟؟  
این مطلب در پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ و دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان ها (نشریه ۳۵۶) آمده است.  
جامع ترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم ها و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (Finite Elements) همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه بعدی کلی است. لیکن به منظور صرفه جویی در وقت در دیافراگم های متعارفی که فاقد باز شوهای بزرگ و نزدیک به هم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می باشند، مطلوب تر است که از روش های ساده شده و تقریبی استفاده شود. شکل زیر وضعیت تغییر مکان و تغییر شکل کلی دیافراگم و تکیه گاه های آن (قاب ها و دیوارهای برشی) را نشان می دهد.


 $\Delta_{story}$  تغییر مکان نسبی طبقه

 $\Delta_{diaph}$  حداکثر تغییر شکل دیافراگم

<b>دیافراگم صلب</b>	$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} \leq 0.5$	→	توزیع نیرو بین اجزای باربر جانبی به نسبت سختی این اجزا انجام می گردد. منظور نمودن پیچش الزامی است.
<b>دیافراگم نیمه صلب</b>	$0.5 < \frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} \leq 2$		
<b>دیافراگم انعطاف پذیر</b>	$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} \geq 2$	→	توزیع نیرو بین اجزای باربر جانبی به نسبت سطح بارگیر این اجزا انجام می گردد. پیچش زیادی وجود ندارد.

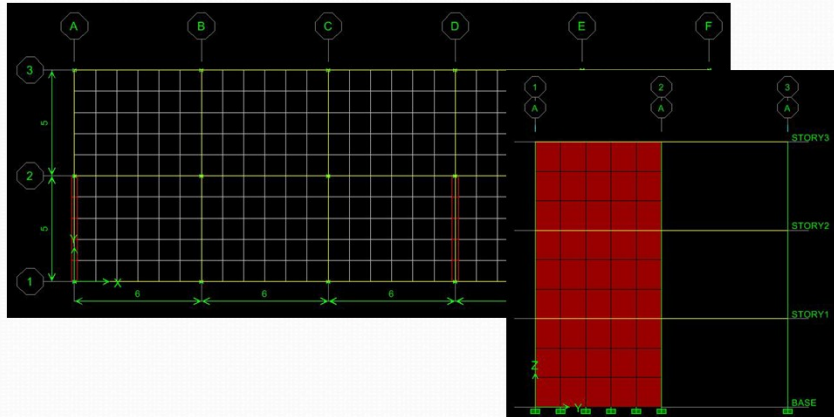


### مدلسازی سقف به صورت انعطاف پذیر

#### نکات مدلسازی سقف به صورت انعطاف پذیر در نرم افزار ETABS

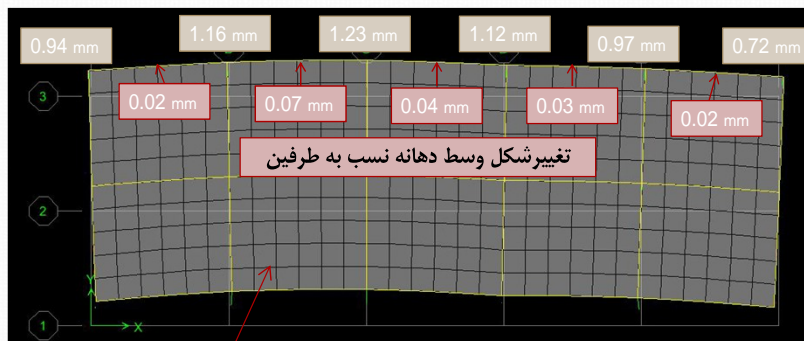
- ۱ برای تعریف سقف از المان صفحه ای با خاصیت Shell استفاده شود که سختی المان وارد مدل گردد. در صورت استفاده از المان صفحه ای Deck، توزیع بار انجام شده ولی سختی آن صفر است.
- ۲- سقف صلب (Rigid Diaphragm) در نرم افزار تعریف نگردد.

#### مشخصات ساختمان نمونه:



۲۱

### وضعیت تغییرشکل یافته ی سقف طبقه سوم



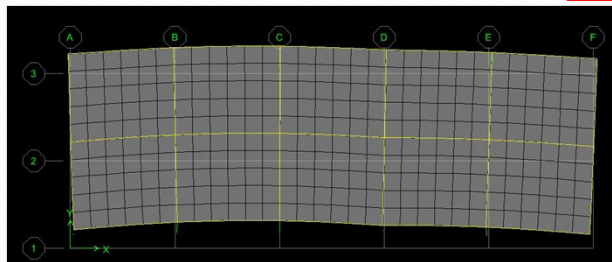
ضخامت فرضی برای دال سقف: ۱ سانتیمتر

همان گونه که ملاحظه می شود تغییرشکل نسبی وسط دهانه در کلیه دهانه ها از نصف متوسط تغییرمکان نسبی قابهای طرفین آن کمتر می باشد، بنابراین سقف موردنظر صلب است. (با در نظر گرفته اینکه ضخامت سقف غیرواقعی و برابر ۱ سانتیمتر تعریف شده است).

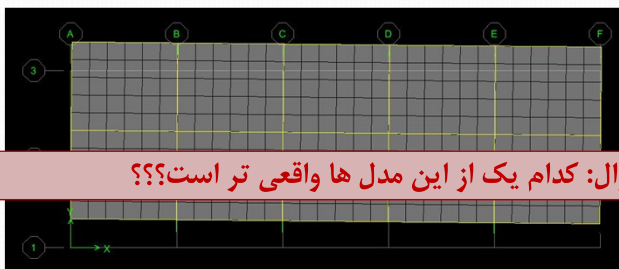
۲۲

مقایسه وضعیت تغییر شکل یافته مدل با سقف انعطاف پذیر و مدل با سقف صلب

مدل با سقف انعطاف پذیر



مدل با سقف صلب

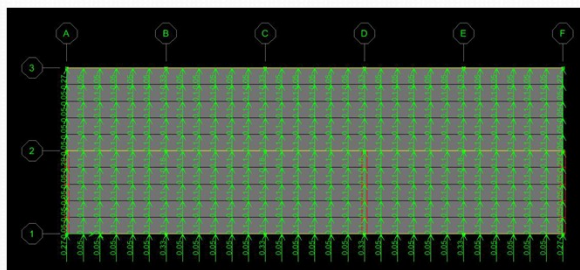


سوال: کدام یک از این مدل ها واقعی تر است؟؟؟

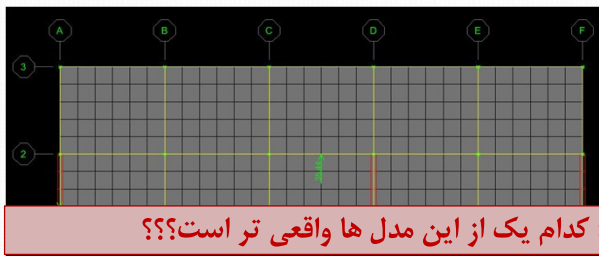
۲۳

مقایسه وضعیت توزیع نیروی زلزله در مدل با سقف انعطاف پذیر و مدل با سقف صلب

مدل با سقف انعطاف پذیر



مدل با سقف صلب



سوال: کدام یک از این مدل ها واقعی تر است؟؟؟

۲۴



### عوامل مؤثر در صلبیت سقف ها

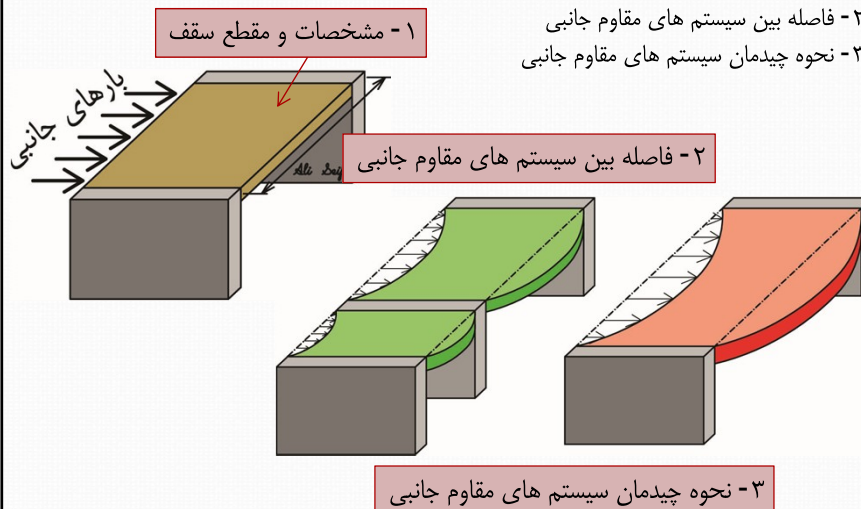
سوال: چه سقف هایی صلب هستند؟؟؟

سقف هایی که حداقل دارای یک دال بتنی به ضخامت ۵ سانتیمتر باشند و روابط قبلی در مورد آنها صادق باشد که این صلبیت را می توان تابعی از شرایط زیر دانست:

۱- مشخصات و مقطع سقف

۲- فاصله بین سیستم های مقاوم جانبی

۳- نحوه چیدمان سیستم های مقاوم جانبی



### ۳ انواع سقف های رایج

#### ۱-۳ دال بتنی

یکی از اصیل ترین نوع سقف ها است. با توجه به اینکه ضخامت دال به ابعاد دهانه بستگی دارد، می توان با اصلاح هندسه و تغییر در فرم دال، ضخامت را کاهش و دال را سبک نمود.

دال درجا

دال پیش ساخته

پیش دال (Pre Slab)

انواع دال ها از نظر پیش ساختگی



دال درجا

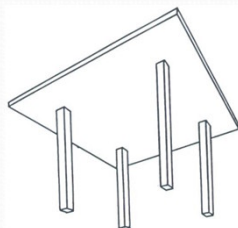


دال پیش ساخته

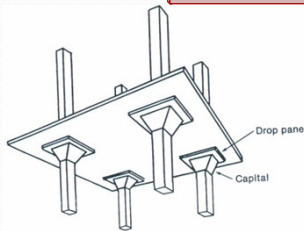
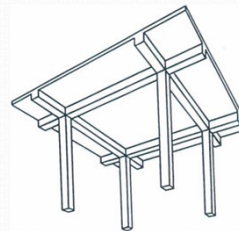


پیش دال (Pre Slab)

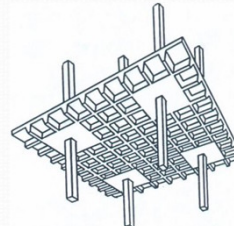
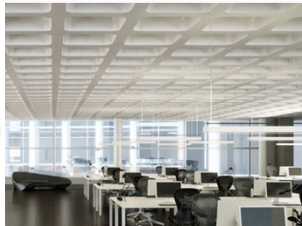
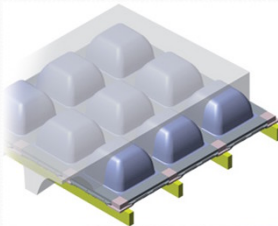
## انواع دال ها از نظر شکل و فرم



دال تخت (Flat Plate)

دال تخت با سرستون  
(Flat Plate with Capital)

دال با تیر (Two Way Slab)



دال محوف - دال با تیرچه (Waffle Slab - Two Way Ribbed Slab)

طبق آیین نامه بتن ایران «آبا» حداقل ضخامت دال های دو طرفه از روابط زیر بدست می آید:

الف - در دال هایی که در یک سمت یا بیشتر غیرپیوسته هستند، محیط دال تقسیم بر ۱۴۰

ب - در دال هایی که در چهار سمت پیوسته هستند، محیط دال تقسیم بر ۱۶۰

پ - ۱۰۰ میلیمتر

**(البته در مبحث ۹، دیگر این بند وجود ندارد و کنترل خیز جایگزین آن شده است)**

نسبت سطح مقطع میلگردهای حرارت و جمع شدگی به کل سطح مقطع بتن برای دال هایی به ضخامت کمتر یا مساوی ۱ متر نباید از مقادیر زیر کمتر اختیار گردد:

• برای میلگردهای آجدار S220 و S300 و S350 ۰/۰۰۲

• برای میلگردهای آجدار S400 ۰/۰۰۱۸

• برای میلگردهای آجدار S500 و بالاتر ۰/۰۰۱۵

فاصله میلگردهای خمشی در دال ها، جزء در دال های مشبک، نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد:

• دو برابر ضخامت دال و ۳۵۰ میلیمتر

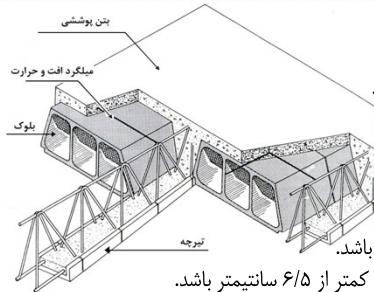
• در شرایط محیطی شدید، دو برابر ضخامت دال و ۲۵۰ میلیمتر

• در شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید، ۱/۵ برابر ضخامت دال و ۲۰۰ میلیمتر

### ۳-۲- سقف تیرچه بلوک

نحوه اجراء و جزئیات اجرایی سقف‌های تیرچه-بلوک توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در ۲ نشریه - شماره ۸۲ و شماره ۹۴ - ارائه شده است که در آن‌ها استانداردها و ضوابط اجرای سقف‌های تیرچه-بلوک آمده است.

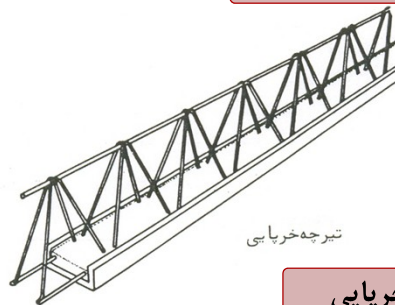
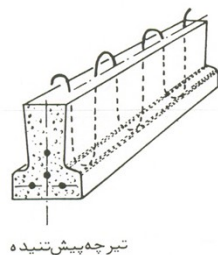
سقف تیرچه بلوک در مواردی که بار یکنواخت روی سقف عمل می‌نماید، بسیار مناسب است ولی **در صورتی که بار منفرد سنگین یا متحرک و مرتعش وجود دارد (مانند کف حیاط ماشین رو و کف پارکینگ با بار چرخ بیش از ۷۵۰ کیلوگرم) ، سقف تیرچه بلوک توصیه نمی‌شود.**



#### اجزای و ویژگی های تشکیل دهنده سقف تیرچه بلوک

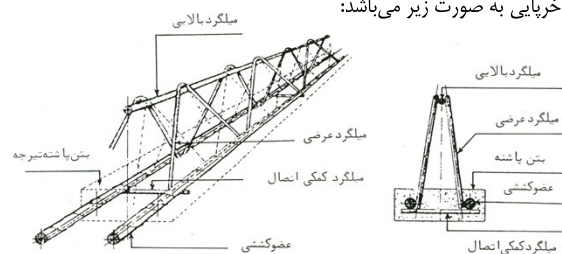
- فاصله محور تا محور تیرچه‌ها نباید از ۷۰ سانتیمتر بیشتر باشد.
- ضخامت بتن پوششی قسمت بالای تیر (بتن روی بلوک)، نباید از ۵ سانتیمتر یا یک دوازدهم فاصله محور به محور تیرچه‌ها کمتر باشد.
- عرض تیرچه‌ها نباید از ۱۰ سانتی متر کوچکتر باشد و همچنین نباید از یک سه و نیم برابر ضخامت کل سقف کمتر باشد.
- حداقل فاصله دو بلوک دو طرف یک تیرچه پس از نصب نباید کمتر از ۶/۵ سانتیمتر باشد.
- حداکثر دهانه مورد پوشش سقف (در جهت تیرچه پیش ساخته خرابایی) با تیرچه‌های منفرد، نباید از ۸ متر بیشتر شود. توصیه می‌شود برای اطمینان بیشتر دهانه مورد پوشش، بیشتر از ۷ متر نباشد و در صورت وجود سربارهای زیاد و یا دهانه بیش از ۷ متر از تیرچه‌های مضاعف استفاده شود.
- ضخامت سقف برای تیرهای با تکیه‌گاه ساده نباید از یک بیستم دهانه کمتر باشد.
- در تیرهای یکسره نسبت ضخامت به دهانه به یک بیست و ششم کاهش می‌یابد.

### انواع تیرچه ها از نظر نوع



#### تیرچه های خرابایی

اجزای مختلف تیرچه پیش ساخته خرابایی به صورت زیر می‌باشد:





## انواع بلوک ها



برای پر کردن فضای خالی بین تیرچه ها از بلوک ها استفاده می شود. این بلوک ها توخالی بوده و جنس آنها از نوع بتن، سفال و حتی پلی استایرن کندسوز (Fire Resistant=FR) می تواند باشد. سطح زیرین بلوک ها به منظور انجام نازک کاری مناسب صاف بوده و بلوک باید بتواند وزن سربارهای عادی (مانند عبور افراد) را تحمل نماید. البته بلوک ها در محاسبات مقاومت سقف به حساب نمی آیند.

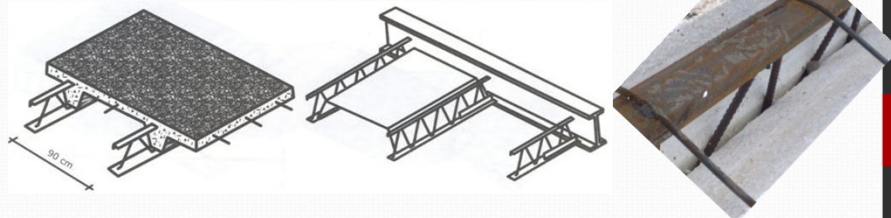
## در انتخاب بلوک های سیمانی و سفالی به موارد زیر توجه گردد:

- جنس بلوک ها بر روی بتن اثر شیمیایی مخرب نداشته باشد.
- ارتفاع بلوک ها تابعی از ارتفاع کل سقف است. عرض بلوک بین ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر است.
- وزن بلوک های سفالی هر عدد ۷ کیلوگرم و وزن بلوک های بتنی بین ۱۱ تا ۱۷ کیلوگرم می باشد. در انتخاب وزن باید به کاتالوگ های کارخانه سازنده توجه شود.
- ضخامت جدارهای عمودی و افقی بلوک بتنی از ۱۵ میلیمتر کمتر نباشد.
- حداقل محل نشیمنگاه بلوک ۱۷/۵ میلیمتر است.
- بلوک های سفالی عاری از ترک و دانه های آهکی بوده و رنگ آنها کاملاً یکپارچه باشد. سطح بلوک کاملاً صاف و عاری از خمیدگی باشد و سطح خارجی بلوک جهت نازک کاری شیاردار می باشد.
- ضخامت جدارهای عمودی و افقی بلوک سفالی از ۸ میلیمتر کمتر نباشد. جذب آب بلوک بیشتر از ۲۰ درصد نباشد.

۳۱

## در انتخاب بلوک های پلی استایرن به موارد زیر توجه گردد:

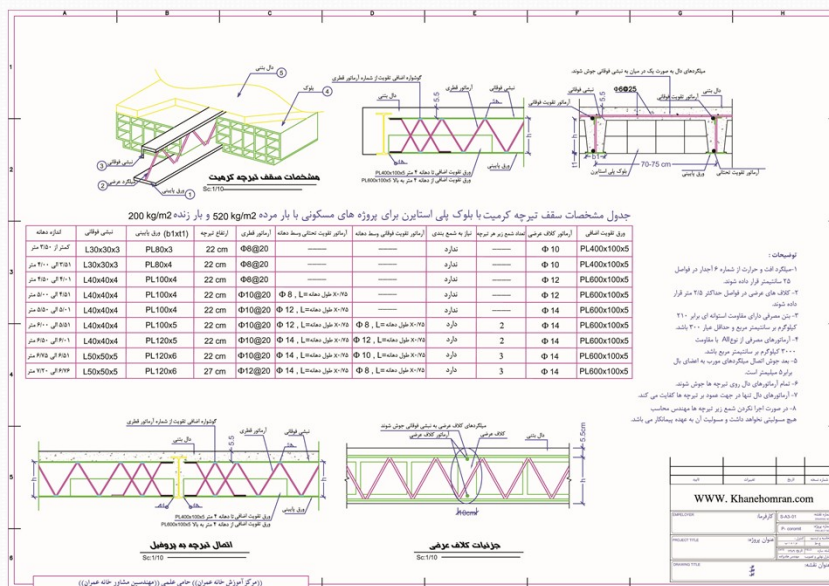
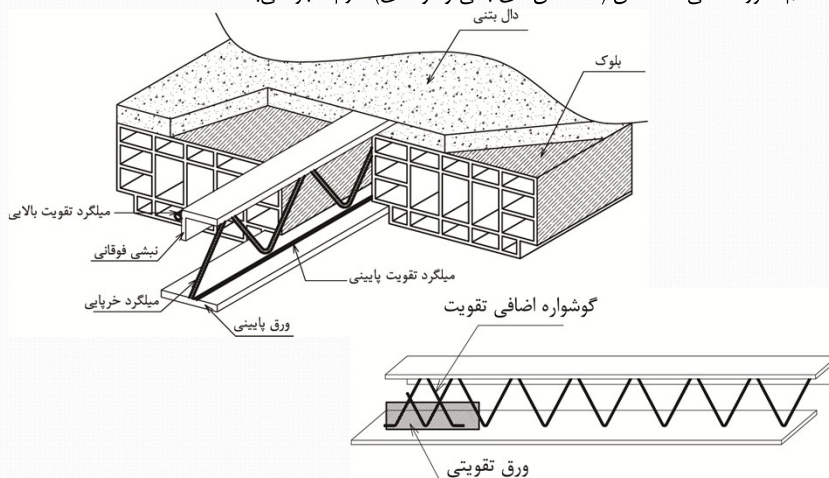
- تنها استفاده از انواع کند سوز شده بلوک پلی استایرن مجاز می باشد.
- برای حفاظت از بلوک سقفی پلی استایرن و جلوگیری از برخورد مستقیم هرگونه حریق احتمالی با بلوک لازم است تا زیر سقف به وسیله پوشش مناسب محافظت شود. پوشش گچ، پوشش های محافظ پایه گچ، ورمیکولیت یا تخته گچی به ضخامت حداقل ۱/۵ سانتیمتر که به نحو مناسب و مستقل از بلوک به سقف سازه ای مهار شده باشد.
- اتصال مستقیم اندود به بلوک با هر شکل هندسی (اعم از معمولی یا دارای انواع شیار) به تنهایی و بدون استفاده از اتصالات مکانیکی به هیچ وجه مجاز نبوده و ضرورتاً باید از اتصالات مکانیکی مهار شده به تیرها و تیرچه ها (نظیر سیستم رایبتس) استفاده شود.
- حداقل مقاومت بلوک های تولیدی در برابر بارهای حین اجرا باید برابر با ۲۰۰ کیلوگرم به ازای هر ۳۰ سانتیمتر طول بلوک باشد. این بار باید در نواری به عرض حداکثر ۷ سانتیمتر در وسط بلوک اعمال شود. (دانشیه در حدود ۱۴ - ۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب مقاومت مورد نظر کسب می شود)
- عرض لبه نشیمن بلوک ها در محل قاعده باید  $27 \pm 2$  میلیمتر باشد.
- رعایت پخی در دو لبه فوقانی به ارتفاع ۵ و قاعده ۵ سانتیمتر الزامی است.



۳۲



**نشریه ۱۵۱** سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به نام "راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن" در سال ۱۳۸۱ تنظیم و منتشر شده است. **استاندارد شماره ۱۲۹۷۷** در زمینه تیرچه‌های فولادی با جان باز توسط مؤسسه استانداردهای تحقیقات ایران منتشر شده است. بدیهی است با توجه به ترکیبی بودن این سقف‌ها از بتن و فولاد رعایت کلیه ضوابط مرتبط با موضوع در مبحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان (ساختمان‌های بتنی و فولادی) لازم‌الاجرا می‌باشد.

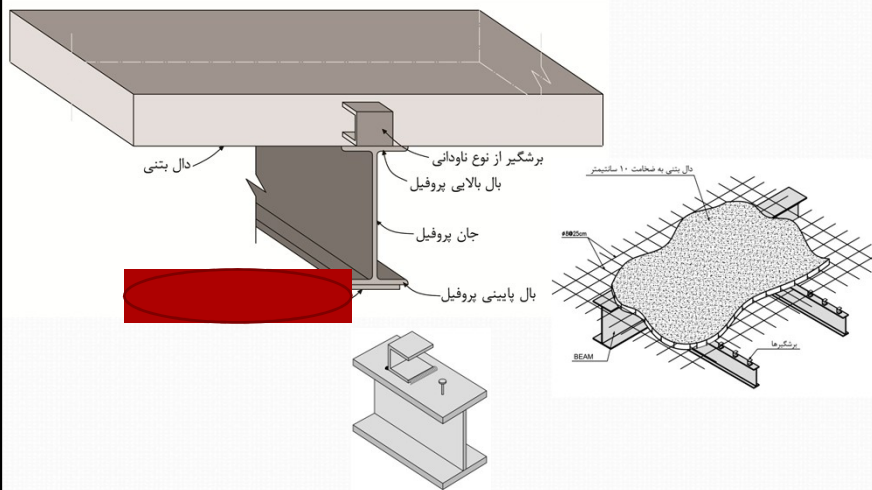




### کارخانه های تولید کننده میلگرد

ردیف	نام کارخانه	محل کارخانه	ردیف	نام کارخانه	محل کارخانه
۱	ذوب آهن اصفهان	اصفهان - انتهای اتوبان ذوب آهن	۲۱	فولاد صدر لرستان	جاده خرم آباد - اندیمشک
۲	فولاد کویر کاشان	کاشان - آران و بیدگل	۲۲	فولاد خرم آباد	خرم آباد - کوهدشت
۳	فولاد خراسان	جاده نیشابور - فیروزه	۲۳	فولاد الیگودرز	جاده الیگودرز - زاننا
۴	نورد کوثر اهواز	جاده اهواز - خرمشهر	۲۴	فولاد نطنز	نطنز
۵	فولاد قزوین	جاده تاکستان - ابهر	۲۵	پولاد نورد شیراز	جاده شیراز - کازرون
۶	فولاد تاکستان	جاده تاکستان - ابهر	۲۶	فولاد شاهرود	جاده شاهرود - دامغان
۷	نورد نوشهر	نوشهر	۲۷	نیک صددرای طوس	مشهد
۸	پارس آرمان	جاده تاکستان - ابهر	۲۸	فولاد سمنان	سمنان
۹	شاهین بناب	بناب	۲۹	فولاد البرز	جاده تاکستان - زنجان
۱۰	ظفر بناب	بناب	۳۰	فولاد پارس	شهر ری
۱۱	آریان فولاد	جاده بوئین زهرا - اشتهارد	۳۱	فولاد الماس (امام رضا)	قزوین
۱۲	امیرکبیر خزر	رشت	۳۲	فولاد میانه (فولاد آذربایجان)	میانه
۱۳	فولاد گیلان (حسن رود)	جاده رشت - بندر انزلی	۳۳	ذوب آهن اردبیل	اردبیل
۱۴	آریادوب	اشتهارد کرج	۳۴	ذوب آهن ملایر	ملایر
۱۵	فولاد سیرجان	سیرجان	۳۵	فولاد کرمانشاه	کرمانشاه
۱۶	فولاد یزد	یزد	۳۶	جهان فولاد غرب	جاده کرمانشاه - هرسین
۱۷	فولاد آلیازی ایران	یزد	۳۷	فولاد سیادن ابهر	جاده ابهر - تاکستان
۱۸	فولاد نور یزد	جاده یزد - هران	۳۸	ارگ تبریز	تبریز
۱۹	نورد کرمان	جاده کرمان - باغین	۳۹	فولاد شمس	تهران
۲۰	صنایع فولاد کرمان	جاده کرمان - بردسیر	۴۰	دانا صنعت فجر	اشتهارد کرج

### ۳-۴ - سقف مختلط یا مرکب بتن و فولاد (Composite)



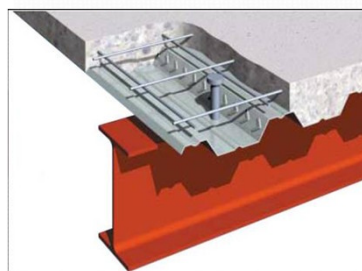
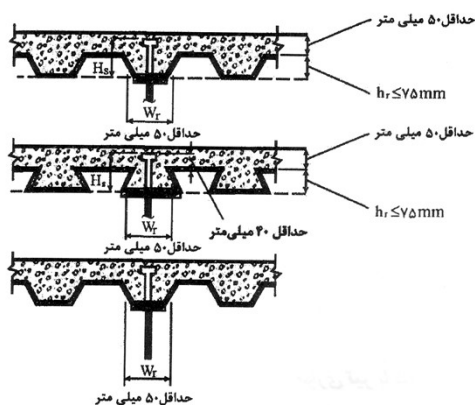
سقف بسیار خوبی است. فقط به خاطر نازک شدن المان های فولادی، کنترل فرکانس و ارتعاش خیلی مهم است. علاوه بر این پارامتر آسایش در سطح پایینی قرار دارد.

۳۷

### ۳-۵ - عرشه های فولادی یا مقاطع مختلط با استفاده از ورقهای دوزنقه ای

طبق بند ۱۰-۹-۵ بحث دهم:

- عرض متوسط کنگره های پر شده با بتن، نباید کمتر از ۵۰ میلی متر باشد.
- دال بتنی باید به تیر فولادی با استفاده از گلمیخ های برشگیر با قطر ۲۰ میلی متر یا کمتر متصل شود. گلمیخ ها را می توان از روی ورق فولادی دوزنقه ای و یا مستقیماً به عضو فولادی جوش نمود.
- در هر حال گل میخ باید روی بال ذوب شود.
- حداقل ارتفاع گل میخ بعد از نصب که از بالای ورق دوزنقه ای اندازه گیری می شود، نباید کمتر از ۴۰ میلی متر باشد.
- ضخامت دال بتنی در بالای کنگره ورق دوزنقه ای نباید از ۵۰ میلی متر کمتر باشد.



۳۸



### ۳-۶ - دال های پیش تنیده پس کشیده (Post Tension Slab)

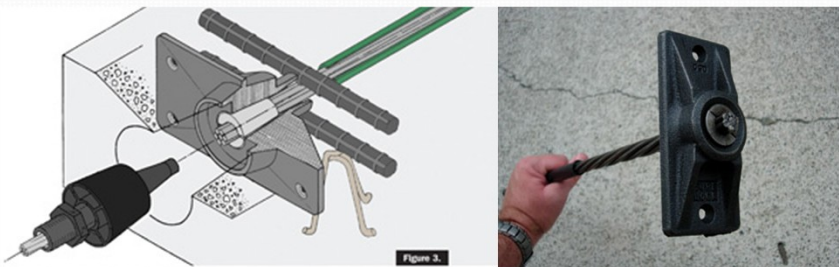
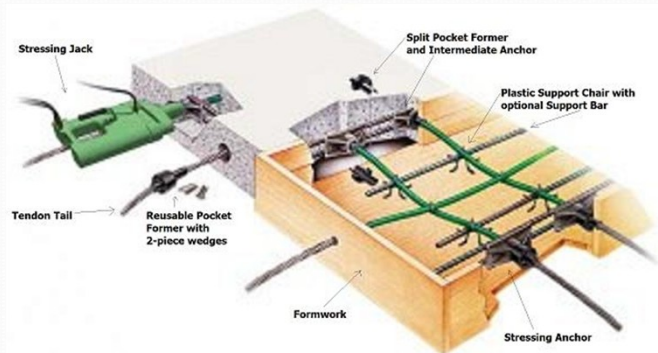
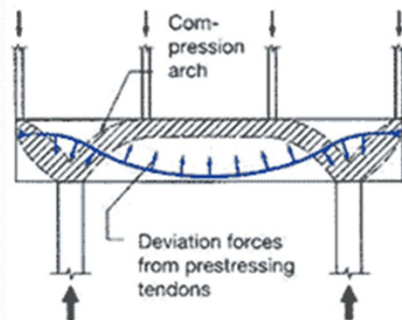


Figure 3.



۳۹



در این روش با استفاده از ایجاد نیروی به سمت بالا (ایجاد کمان) و پیش تنیدگی دال، می توان ضخامت ها را در دهانه های بزرگ کاهش داد و با کنسول های بزرگ به ضخامت کم ایجاد نمود.



۴۰

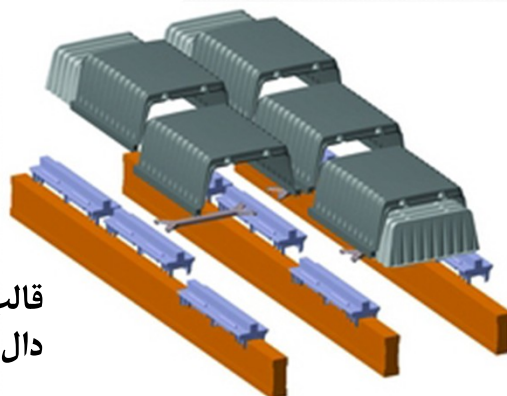
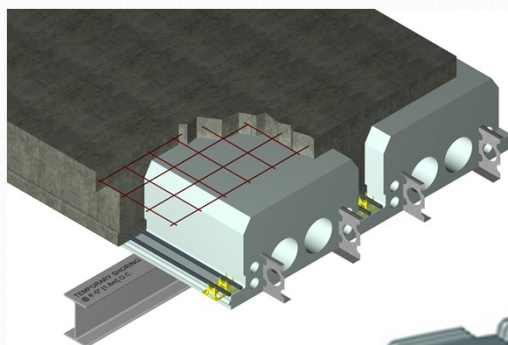




### ۷-۳- سایر سقف ها (نام ها و فناوری های جدید)



## ICF



قالب های پلاستیکی اجرای  
دال با تیرچه

۴۳

## ۴ - جمع بندی

سقف	(۱) دال بتنی	(۲) تیرچه بلوک	(۳) کرمیت	(۴) کامپوزیت	(۵) عرشه فولادی	(۶) دال پیش تنیده
انتقال بارهای ثقلی	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب
انتقال بارهای جانبی - انسجام	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب
صلبیت	بستگی به شرایط سیستم باربر جانبی دارد ولی این سقف ها غالبا صلب می باشند.					
خیز (افتادگی)	- (خزش و جمع شدگی)	مناسب	خیز مثبت لازم دارد	- (خزش و جمع شدگی)	مناسب	+
ارتعاش	+	+	+	-	-	+
آسایش	-	+	+	-	-	-
عایق ذاتی در برابر حریق	مناسب	مناسب	-	-	-	ناشناس
دانش فنی و نیروی متخصص	در دسترس	در دسترس	در دسترس	در دسترس	-	-
صنعتی سازی و سرعت اجراء	-	-	+	+	++	+
کنترل کیفی و نظارت	+	+	-	+	++	++ کارخانه ای

۴۴

**۵- مراجع و منابع**

- [۱] مقررات ملی ساختمان ایران : مبحث دهم طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی (طراحی به روش تنش مجاز و خمیری) / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . - تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۸۷ .
- [۲] طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی. - تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۶۸ .
- [۳] راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها ؛ نشریه شماره ۱۵۱- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۱.
- [۴] طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی. - تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۸۵ .
- [۵] استاندارد ۲۸۰۰ - نگارش ۱۳۸۴
- [۶] دستورالعمل بهسازی لرزه ای سازه ها - نشریه ۳۵۶