



مبانی محاسباتی سیستم‌های سقف

امروزه از بتن مسلح برای ساخت ساختمان‌های چند طبقه تا برجهای بلند مرتبه استفاده می‌شود. در این مقاله به صورت خلاصه مزایا و معایب انواع سیستم‌های سقف بتن آرمه مورد بررسی قرار گرفته و نحوه انتخاب سیستم سقف مناسب بیان می‌شود. استفاده از این اطلاعات می‌تواند برای مهندسین طراح مفید واقع شود. در انتها سیستم‌های سقف به لحاظ قیمت و صرفه اقتصادی بر حسب متغیرهایی همانند مقدار بتن مصرفی و حجم آرماتور مورد مقایسه قرار گرفته و نحوه انتخاب سیستم مناسب بیان می‌شود. استفاده از این اطلاعات می‌تواند در طرح‌های اجرایی و ارانه جزییات ساخت مفید واقع شود.



حمیدرضا مرادزاد

کارشناس ارشد سازه، محقق و مجری سیستم‌های سقف

سیستم سقف مناسب و اقتصادی را انتخاب کند. در انتخاب سیستم سقف بتن آرمه، علاوه بر اقتصاد طرح می‌بایست به نکات زیر توجه داشت:

- ◀ سقف باید مقاومت کافی در مقابل بارهای اعمال شده داشته باشد.
- ◀ به منظور محدود نمودن مقادیر تغییر شکل‌ها تحت بارگذاری‌های دائم و غیردائم می‌بایست سختی مورد نیاز دال فراهم شود.
- ◀ با افزایش ابعاد دهانه‌ها، معیار سختی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. در این حالت امکان دارد بجای معیار مقاومت، معیار سختی تعیین کننده ابعاد اصلی باشد.
- ◀ برای ساخت سقف‌های بتن آرمه می‌توان در محل بتن‌ریزی نمود. همچنین امکان استفاده از سقف‌های پیش‌ساخته با میلگردهای معمولی و یا کابل‌های پیش‌تندگی نیز وجود دارد. استفاده از دال‌های پیش‌تندگی در دهانه‌های بلند روش مؤثری برای کاهش مقدار تغییر شکل است.

فرضیات طراحی

در طرح‌های رایج و سنتی، فاصله ستون‌ها معمولاً به صورتی انتخاب می‌شود که طرح اقتصادی باشد. اغلب در این حالت طول دهانه‌های دال بین 8m الی 9m در نظر گرفته می‌شود. امروزه بر اساس نیاز به ایجاد فضاهای بزرگ بدون استفاده از ستون در ساختمان‌های شهری، ابعاد دهانه به 16m نیز می‌رسد. با این وجود افزایش ابعاد دهانه‌ها باعث افزایش ضخامت دال، وزن، تغییر شکل و هزینه‌های ساخت می‌شود. بنابراین طراح می‌بایست مسائل معماری و نیازهای مربوط به افزایش ابعاد دهانه‌ها را به دقت بررسی کند. توجه داشته باشید که افزایش هزینه‌های ساخت و ابعاد دهانه با یکدیگر نسبت لگاریتمی دارند.

در بیشتر موارد با افزودن یک جفت ستون داخلی در پشت هسته بتنی آسانسور می‌توان طول دهانه‌ها را کاهش داده و طرح را اقتصادی نمود. در این حالت می‌توان از فضاهای ایجاد شده در پشت هسته بتنی آسانسور

مزایای استفاده از بتن

سقف‌های بتن آرمه دارای مزایای قابل توجهی نسبت به سایر انواع سیستم‌های سقف هستند. برخی از این مزایا عبارتند از:

- ◀ استفاده از سقف‌های بتن آرمه اقتصادی است.
- ◀ کلیه اطلاعات و جزییات مربوط به طراحی و ساخت این سقف‌ها در آیین‌نامه‌های طراحی وجود دارد.
- ◀ سقف‌های بتن آرمه، محکم و بادوام هستند.
- ◀ از آنجایی که بتن ماده‌ای با چگالی بالا است، سقف‌های بتن آرمه عایق مناسبی در برابر انتقال صدا هستند.
- ◀ با استفاده از بتن می‌توان انواع سقف‌ها را به صورت مناسب پوشش داد.
- ◀ سقف‌های بتن آرمه در مقابل آتش‌سوزی مقاوم هستند.
- ◀ انواع مختلف سقف‌های بتن آرمه را می‌توان به سهولت طراحی نمود.
- ◀ اجرا و ساخت سقف‌های بتن آرمه به سرعت انجام می‌شود.
- ◀ سرعت اجرای طرح یکی از مهمترین نکاتی است که طراحان و مجریان به آن توجه دارند. معمولاً در ساختمان‌های بلند می‌توان عملیات اجرای ساخت یک سقف را در طی ۳ الی ۴ روز به پایان رساند.
- ◀ ایجاد بازشو در محل‌های مورد نظر در سقف‌های بتن آرمه، حتی پس از احداث ساختمان، به سهولت امکان‌پذیر است. این مسئله یکی از نکاتی است که طراحان ساختمان در عملکرد درازمدت سازه به آن توجه می‌کنند.
- ◀ همچنین استفاده از پیش‌تندگی‌های موضعی دال‌های بادخانه بزرگ که اکثر قسمت‌های آنها به صورت معمول آرماتورگذاری شده‌اند مناسب است. در این حالت ایجاد بازشو و اطمینان از عدم قطع کابل‌های پیش‌تندگی، باعث اکت عملکرد سیستم سقف نخواهد شد.

سیستم‌های سقف بتنی

یک طرح می‌تواند با توجه به وجود انواع سیستم‌های سقف بتن آرمه،



برای اتاق‌های اطلاع‌رسانی و یا انبار استفاده کرد.

امروزه در طراحی ساختمان‌های بلند برای کاهش طول دهانه‌ها و کاهش مسیرهای تهویه هوا، بجای استفاده از یک هسته باربر، از چند المان باربر قائم می‌جزا استفاده می‌شود. در این حالت، وزن سازه، هزینه‌های ساخت و ضخامت سقف کاهش یافته و ارتفاع کف تا کف طبقات افزایش می‌یابد.

سقف آپارتمان‌ها

معمولاً سیستم سقف آپارتمان‌ها، خانه‌های شهری و انواع ساختمان‌های مسکونی متفاوت از سیستم سقف ساختمان‌های اداری، مدارس و انبارها است. این تفاوت‌ها را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

آرایش ستون‌ها: ستون‌های ساختمان‌های مسکونی در داخل دیوارهای ساختمان قرار می‌گیرند. معمولاً محل این دیوارها در طول زمان استفاده از ساختمان مشخص و ثابت است. توسط دیوارها، واحدهای مسکونی از یکدیگر جدا می‌شوند و انعطاف‌پذیری زیادی در محل قرارگیری آنها وجود دارد. بنابراین بر اساس محل قرارگیری ستون‌ها ممکن است دهانه‌هایی با طول‌های متفاوت در سقف ایجاد شود. انعطاف‌پذیری طراحی دال‌های تخت بتن آرمه، به نحو مناسب‌تری این نیاز را برطرف می‌سازد.

طراحی کف طبقات: ایجاد حداقل ضخامت، یکی از شرایط اصلی کف‌های ساختمان‌های مسکونی است. معمولاً دال‌های تخت بتنی کم ضخامت بدون تیر، بهتر از سایر سیستم‌های سقف این حالت را برقرار می‌سازند. سقف ساختمان‌های مسکونی کم‌ارتفاع معمولاً روی دیوارهای باربر و یا تیرها قرار می‌گیرد. در این حالت سیستم دال به صورت یک‌طرفه یا دو طرفه طراحی می‌شود. با این وجود استفاده از دال‌های تخت بتنی در ساختمان‌های مسکونی متوسط و مرتفع، روش حل مناسبی برای کاهش ارتفاع سازه‌ای سقف است.

کنیبه‌ها: از کنیبه‌ها برای افزایش مقاومت دال و کنترل برش در محل ستون‌ها استفاده می‌شود. با این وجود، امروزه بجای استفاده از کنیبه معمولاً از کلاهک و یا آرماتورهای برشی استفاده می‌شود. در این حالت، طراحی و اجرای دال تخت بتنی نسبت به حالتی که در آن کنیبه وجود داشته باشد، آسان‌تر است. همچنین برجستگی کنیبه در زیر دال و نمای آن مناسب نیست.

دهانه‌های بلندتر: امروزه از دال‌های تخت بتنی با آرماتورگذاری معمولی می‌توان در دهانه‌های بلند استفاده نمود. تغییرات جدید انجام شده در آیین‌نامه‌های طراحی و امکان استفاده از تکنولوژی جدید بتن باعث کاهش ضخامت دال و هزینه‌های اجرای آن شده است. کاهش هزینه‌ها و ضخامت دال حتی در دهانه‌های کوتاه نیز مشاهده می‌شود. برخی از پیشرفت‌های انجام شده در زمینه تکنولوژی بتن مسلح و دلایل اجرای دال‌های تخت بتنی در دهانه‌های بلند به ترتیب زیر هستند:

- ◀ استفاده از آرماتورهای فولادی با مقاومت بالا (500 MPa)
- ◀ استفاده از بتن مقاومت بالا در دال‌ها (افزایش مقاومت در حدود 32 MPa)
- ◀ استفاده از آرماتور منفی در وجه فوقانی دال به منظور کاهش تغییر شکل‌ها در دال‌های چند دهانه

استفاده از سیستم‌های قالب‌بندی جدید، علاوه بر امکان ایجاد ساخت هندسه دلخواه دال، باعث کاهش هزینه‌های اجرای دال تخت بتنی می‌شود. همچنین سهولت عبور لوله‌های تأسیسات مکانیکی برقی از داخل سقف از دیگر امتیازات دال‌های تخت بتنی است.

انتخاب سیستم سقف

در عنوان‌های بعدی در مورد انواع سیستم‌های سقف مورد استفاده در سازه‌های بتن آرمه توضیح داده می‌شود.

۱- دال تخت

از مزیت‌های اصلی دال تخت می‌توان به یکسان بودن ضخامت در سراسر طول دهانه و سهولت قالب‌بندی و اجرا اشاره نمود. در این سیستم ضخامت سقف برابر حداقل مقدار ممکن بوده و به سهولت می‌توان لوله‌های تأسیساتی را از داخل سقف عبور داد.

عموماً عامل کنترل کننده طول دهانه اقتصادی، تغییر شکل‌های دراز مدت هستند. طول دهانه اقتصادی برابر طولی است که اجرای سیستم دال مطابق با آن از نظر اقتصادی مناسب باشد. طول دهانه دال تخت بتنی، L ، تقریباً بین $30 \times D$ تا $32 \times D$ متغیر است. متغیر D معرف ضخامت سقف است. در صورت استفاده از کابل‌های پیش‌تنیدگی در دال‌های تخت می‌توان طول دهانه را در دال‌های یک دهانه و چند دهانه به ترتیب برابر $35 \times D$ و $42 \times D$ در نظر گرفت. در تصویر ۱، مشخصات یک دال تخت نشان داده شده است. مزایای سیستم دال تخت عبارتند از:

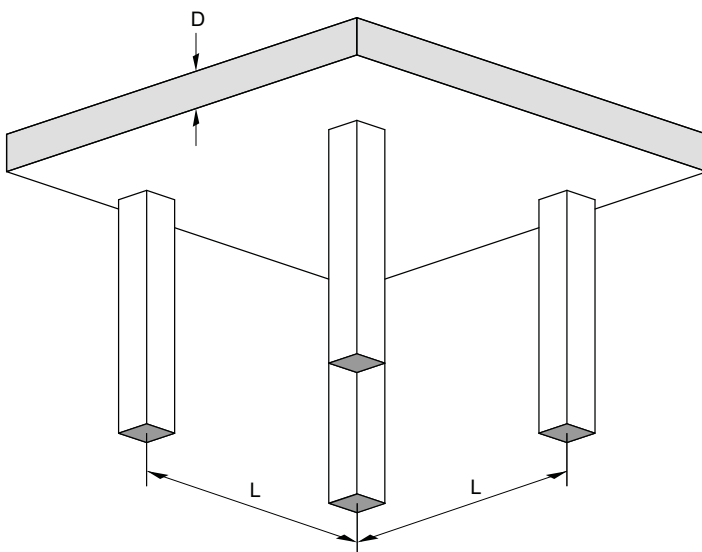
- ◀ سهولت قالب‌بندی
- ◀ عدم استفاده از تیر
- ◀ استفاده از حداقل ضخامت
- ◀ معایب سیستم دال تخت عبارتند از:
- ◀ ابعاد دهانه‌های اقتصادی نسبتاً کوچک هستند.
- ◀ تغییر شکل‌های دراز مدت ممکن است عامل تعیین کننده در طراحی باشند.

۲- دال تخت کنیبه‌دار

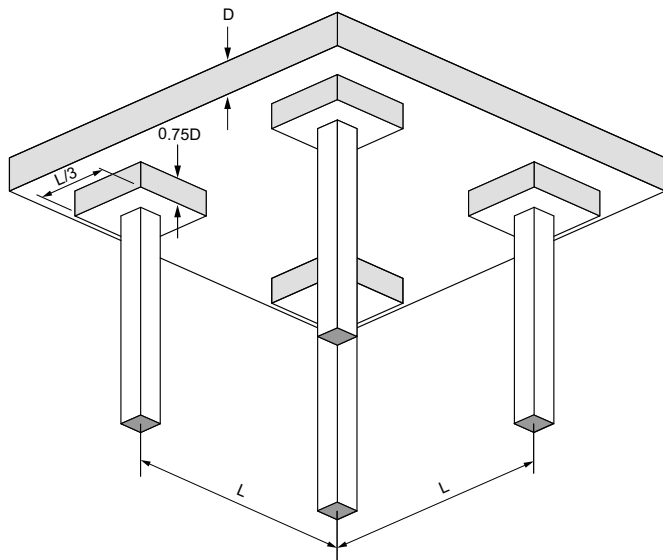
دال تخت کنیبه‌دار، دارای اکثر مزایای دال تخت بدون کنیبه است. در این سیستم بواسطه اضافه کردن کنیبه‌ها، سختی دال افزایش یافته و می‌توان طول دهانه‌ها را بلندتر در نظر گرفت. طول دهانه‌های انتهایی و داخلی اقتصادی دال در این سیستم، به ترتیب تقریباً برابر $32 \times D$ و $36 \times D$ در نظر گرفته می‌شود.

متغیر D معرف ضخامت دال اصلی در وسط دهانه است. در صورت استفاده از کابل‌های پیش‌تنیدگی می‌توان طول دهانه‌های انتهایی را به $45 \times D$ و طول دانه‌های داخلی را به $50 \times D$ افزایش داد. در تصویر ۲، مشخصات یک دال تخت کنیبه‌دار نشان داده شده است. مزایای سیستم دال تخت کنیبه‌دار عبارتند از:

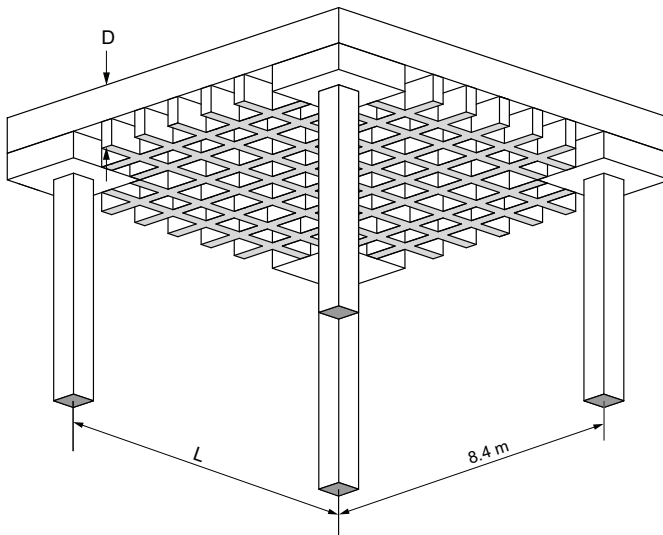
- ◀ سهولت قالب‌بندی



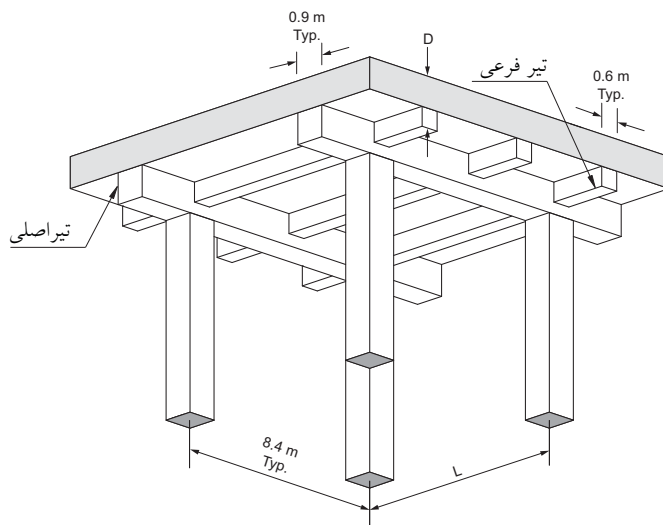
تصویر ۱ - مشخصات دال تخت



تصویر ۲- مشخصات دال تخت کتیبه‌دار



تصویر ۳- مشخصات دال مجوف



تصویر ۴- مشخصات دال با تیرهای فرعی

- ◀ عدم استفاده از تیر
- ◀ استفاده از حداقل ضخامت
- ◀ معایب سیستم دال تخت کتیبه‌دار عبارتند از:
 - ◀ ابعاد دهانه‌های اقتصادی نسبتاً کوچک هستند.
 - ◀ ابعاد دهانه‌های اقتصادی به اندازه ابعاد دهانه‌های دال‌های تیردار نیست.

۳- دال مجوف

استفاده از یک شبکه‌کندویی شکل بتنی در زیر دال اصلی، باعث کاهش حجم بتن‌ریزی، آرماتورگذاری و در نتیجه کاهش وزن سقف می‌شود. با این وجود در این سیستم، ارتفاع سقف افزایش پیدا می‌کند. همچنین استفاده از قالب‌های پیش‌ساخته استاندارد می‌تواند به دفعات از آنها استفاده نمود باعث کاهش مشکلات قالب‌بندی می‌شود. با توجه به افزایش سختی سقف، در این سیستم می‌توان طول دهانه‌ها را افزایش داد. طول دهانه‌های اقتصادی در دال‌های یک دهانه و چند دهانه به ترتیب برابر $25 \times D$ و $20 \times D$ فرض می‌شود. متغیر D معرف ضخامت دال اصلی به‌علاوه ارتفاع شبکه‌ایجاد شده در زیر دال است. در تصویر ۳، مشخصات یک دال مجوف نشان داده شده است.

مزایای سیستم دال مجوف عبارتند از:

- ◀ امکان استفاده از قالب‌های پیش‌ساخته استاندارد
- ◀ کاهش حجم بتن‌ریزی و آرماتورگذاری
- ◀ امکان افزایش طول دهانه‌ها
- ◀ نمای معماری مناسب ایجاد شده در زیر دال
- ◀ کاهش هزینه‌های اجرا و ساخت
- ◀ معایب سیستم دال مجوف عبارتند از:
 - ◀ افزایش ارتفاع سقف
 - ◀ مشکل بودن ایجاد بازشو در سقف بخصوص در محل عبور شبکه‌ها

۴- دال با تیرهای فرعی

عموماً ضخامت دال اجرا شده در بین تیرهای فرعی بر اساس ضوابط مربوط به مقاومت سازه در برابر آتش‌سوزی کنترل می‌شود. به عنوان مثال برای مقابله با یک آتش‌سوزی به مدت دو ساعت می‌بایست ضخامت دال را برابر 12 cm انتخاب نمود.

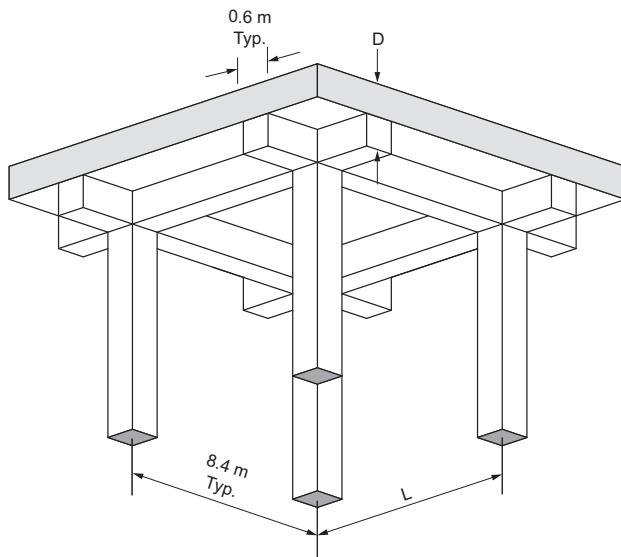
همچنین طول دهانه‌های این سیستم تقریباً برابر 4 m فرض می‌شود. طول دهانه‌های اقتصادی در دال‌های یک دهانه و چند دهانه به ترتیب برابر $25 \times D$ و $20 \times D$ در نظر گرفته می‌شود. متغیر D معرف ضخامت دال اصلی به‌علاوه ارتفاع تیرهای فرعی در زیر دال است. چنانچه تیرهای فرعی به صورت پیش‌تنیده اجرا شوند، طول دهانه‌های دال‌های یک دهانه را می‌توان به مقدار $24 \times D$ افزایش داد. در تصویر ۴، مشخصات یک دال با تیرهای فرعی نشان داده شده است.

مزایای سیستم دال با تیرهای فرعی عبارتند از:

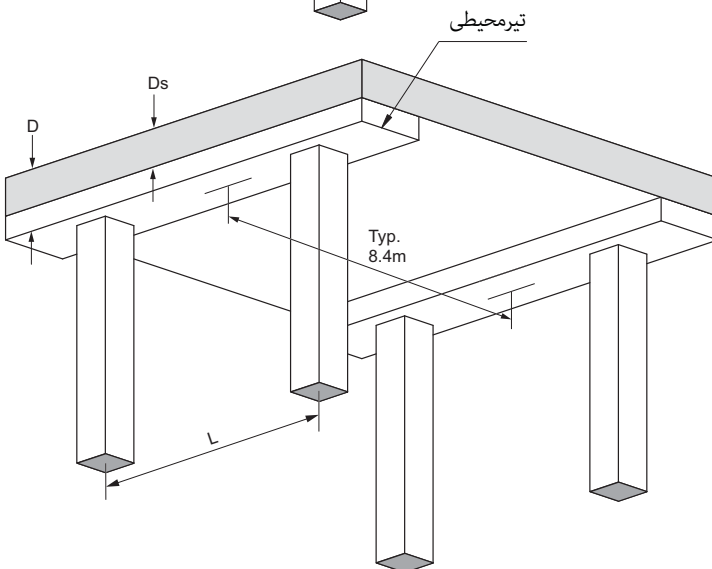
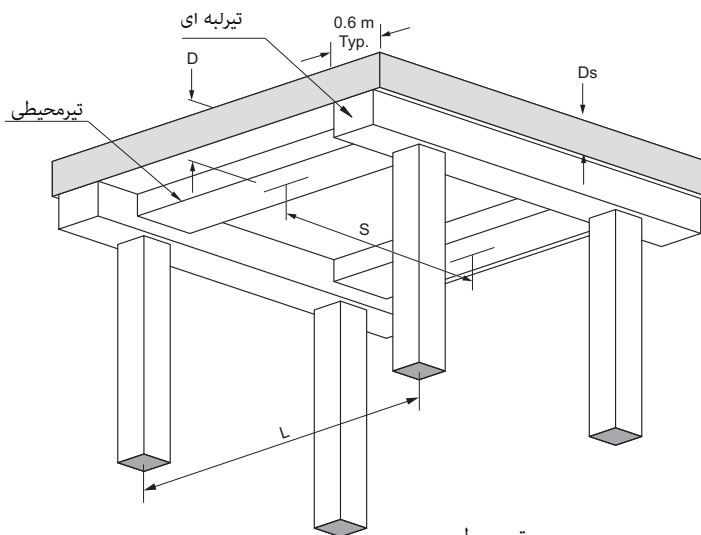
- ◀ امکان استفاده از دال اصلی کم ضخامت
- ◀ امکان استفاده در سازه‌های صنعتی
- ◀ امکان افزایش طول دهانه‌ها
- ◀ معایب سیستم دال با تیرهای فرعی عبارتند از:
 - ◀ افزایش ارتفاع سقف
 - ◀ مشکلات قالب‌بندی

۵- دال با تیرهای اصلی

در این سیستم، دال روی تیرهایی قرار می‌گیرد که خود به ستون‌ها متصل هستند. استفاده از تیرهای با ارتفاع زیاد، باعث افزایش سختی سقف



تصویر ۵- مشخصات دال با تیرهای اصلی



شکل ۶ و ۷ - مشخصات دال با تیرهای محیطی

می‌شود. همچنین تیرها نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی را نیز تحمل می‌کنند. طول دهانه‌های اقتصادی در دال‌های یک دهانه و چند دهانه به ترتیب برابر $15 \times D$ و $20 \times D$ در نظر گرفته می‌شود. متغیر D معرف ضخامت دال اصلی بعلاوه ارتفاع تیر در زیر دال است. در تصویر ۵، مشخصات یک دال با تیرهای اصلی نشان داده شده است.

مزایای سیستم دال با تیرهای اصلی عبارتند از:

- ◀ بازدهی سازه‌ای مناسب
 - ◀ کاهش هزینه‌های ساخت و امکان اجرای سریع
 - ◀ امکان افزایش طول دهانه‌ها
- معایب سیستم دال با تیرهای اصلی عبارتند از:
- ◀ افزایش ارتفاع سقف
 - ◀ مشکل بودن ایجاد بازشو در محل عبور تیرها

۶- دال با تیرهای محیطی

در این سیستم، دال روی تیرهایی قرار می‌گیرد که خود به ستون‌ها متصل هستند. استفاده از تیرهای با ارتفاع زیاد، باعث افزایش سختی سقف می‌شود. همچنین تیرها نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی را نیز تحمل می‌کنند. طول دهانه‌های اقتصادی در دال‌های یک دهانه و چند دهانه به ترتیب برابر $15 \times D$ و $20 \times D$ در نظر گرفته می‌شود. متغیر D معرف ضخامت دال اصلی بعلاوه ارتفاع تیر محیطی در زیر دال است. در تصاویر ۶ و ۷، مشخصات یک دال با تیرهای محیطی نشان داده شده است.

مزایای سیستم دال با تیرهای محیطی پیوسته عبارتند از:

- ◀ بازدهی سازه‌ای مناسب
 - ◀ کاهش هزینه‌های ساخت و امکان اجرای سریع
 - ◀ امکان افزایش طول دهانه‌ها
- معایب سیستم دال با تیرهای محیطی پیوسته عبارتند از:
- ◀ افزایش ارتفاع سقف
 - ◀ مشکل بودن ایجاد بازشو در محل عبور تیرها

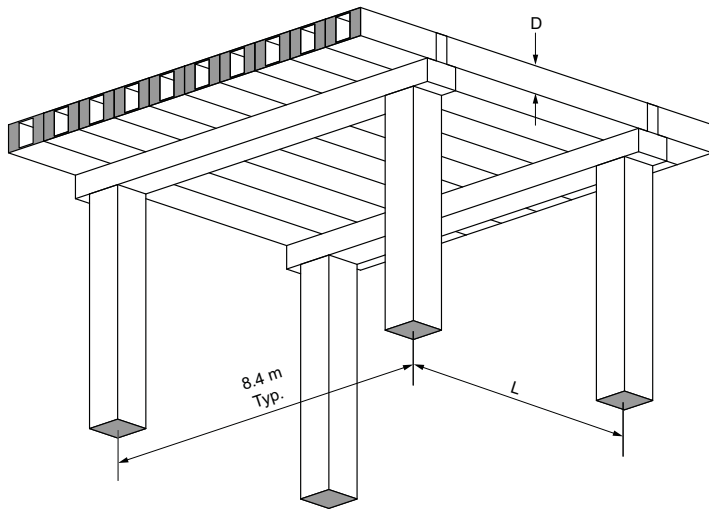
۷- سقف‌های پیش ساخته و مرکب

سقف‌های پیش ساخته در خارج از محل کارگاه و در شرایط کارخانه ساخته شده و به سرعت در محل نصب می‌شوند. چنانچه این سقف‌ها پیش تنیده نیز باشند، ظرفیت باربری آنها افزایش یافته و می‌توان طول دهانه آنها را افزایش داد. سقف مرکب، از دال بتن آرمه که روی تیرهای فلزی قرار می‌گیرد تشکیل می‌شود. برای افزایش مقاومت سقف در برابر آتش سوزی، گاهی در اطراف تیرهای فلزی پس از قالب بندی بتن ریزی انجام می‌شود. دال‌های توخالی نوعی از سقف‌های پیش ساخته هستند. بتن ریزی این نوع دال‌ها روی یک خط تولید طولانی توسط ماشین آلات انجام شده و سپس به قطعاتی با طول معین بریده می‌شوند. این قطعات سبک وزن به صورت پیوسته در کنار یکدیگر قرار داده شده و به منظور حصول اطمینان از باربری مناسب قطعات، در بین آنها کلید برشی قرار داده می‌شود. سپس بتن رویه روی سقف اجرا شده تا به صورت مرکب عمل کند. طول دهانه اقتصادی دال‌های توخالی تقریباً بین $35 \times D$ تا $40 \times D$ متغیر است. متغیر D معرف ارتفاع کل سقف است. در تصویر ۸، مشخصات یک سقف پیش ساخته نشان داده شده است.

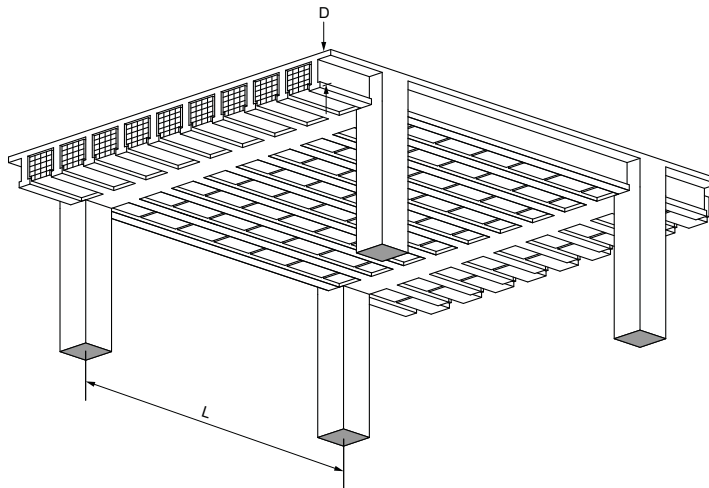
مزایای سیستم سقف پیش ساخته عبارتند از:

- ◀ امکان نصب سریع
- ◀ حذف عملیات قالب بندی
- ◀ بازدهی مناسب سازه‌ای

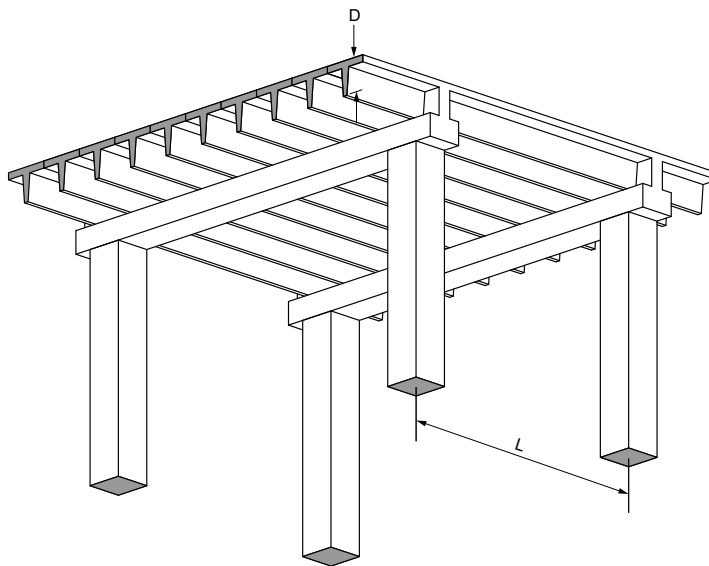
معایب سیستم سقف پیش ساخته عبارتند از:



تصویر ۸- مشخصات سقف پیش‌ساخته



تصویر ۹- مشخصات سقف تیرچه بلوک



تصویر ۱۰- مشخصات سقف متشکل از تیرهای T شکل

- ◀ ممکن است برای اجرای دال به شمع (پایه) نیاز باشد.
- ◀ جزییات می‌بایست به دقت اجرا شوند.
- ◀ محدودیت در ایجاد بازشوها

۸- سقف تیرچه بلوک

سقف‌های تیرچه بلوک از ترکیب یک مقطع بتنی نازک مسلح (بتن مسلح معمولی یا پیش‌تنیده) با تیرچه‌هایی که آرایش آرماتورها در آنها به صورت خریایی هستند تشکیل می‌شوند. به منظور کاهش وزن سقف، از بلوکهای سفالی در فضای خالی دال استفاده می‌شود. در دال‌های با دهانه بزرگ، پیش از آنکه تیرچه‌ها و بتن رویه به صورت یکپارچه عمل کنند، می‌بایست برای تحمل بارهای مرحله ساخت در زیر دال از شمع استفاده نمود. طول دهانه‌های اقتصادی در دال‌های یک دهانه و چند دهانه به ترتیب برابر $30 \times D$ و $35 \times D$ در نظر گرفته می‌شود. متغیر D برابر ارتفاع کل سقف که شامل ضخامت تیرچه‌ها و رویه بتنی است. در تصویر ۹، مشخصات یک سقف تیرچه بلوک نشان داده شده است.

مزایای سیستم سقف تیرچه بلوک عبارتند از:

- ◀ امکان نصب سریع
- ◀ حذف عملیات قالب‌بندی
- ◀ بازدهی مناسب سازه‌ای
- ◀ معایب سیستم سقف تیرچه بلوک عبارتند از:
- ◀ ممکن است برای اجرای دال به شمع (پایه) نیاز باشد.
- ◀ جزییات می‌بایست به دقت اجرا شوند.
- ◀ محدودیت در ایجاد بازشوها
- ◀ امکان نیاز به استفاده از جرثقیل برای نصب

۹- تیرهای T شکل تک و جفت

تیرهای T شکل پیش‌ساخته پیش‌تنیده، دارای وزن کمی بوده و ظرفیت باربری آنها زیاد است. طول دهانه‌های اقتصادی بین تیرهای اصلی (تکیه‌گاه‌های اصلی) تقریباً برابر $25 \times D$ در نظر گرفته می‌شود. متغیر D معرف ارتفاع تیر T شکل و رویه آن است. در تصویر ۱۰، مشخصات یک سقف متشکل از تیرهای T شکل نشان داده شده است.

مزایای سیستم سقف متشکل از تیرهای T شکل عبارتند از:

- ◀ امکان نصب سریع
- ◀ امکان افزایش طول دهانه‌ها
- ◀ معایب سیستم سقف متشکل از تیرهای T شکل عبارتند از:
- ◀ امکان نیاز به استفاده از جرثقیل برای نصب
- ◀ محدودیت در ایجاد بازشو

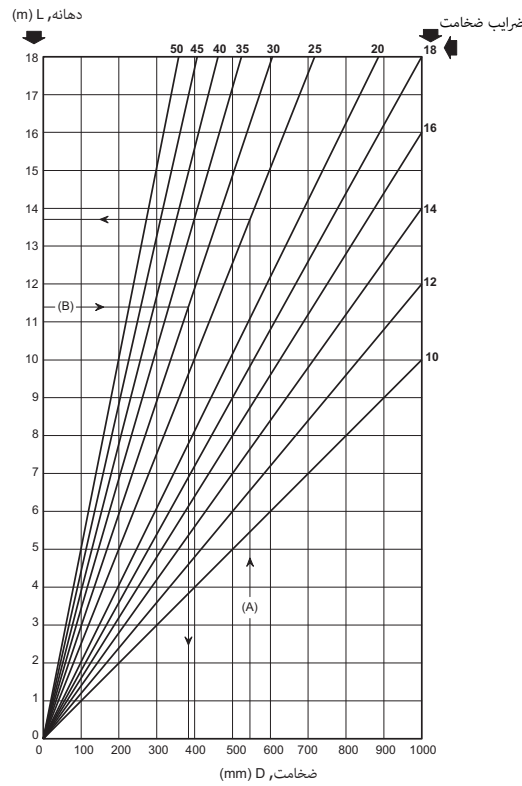
انتخاب سیستم سقف

در ادامه نحوه تعیین طول دهانه اقتصادی انواع سیستم‌های سقف، توسط نمودارهای مختلف نشان داده شده است. استفاده از این نمودارها راهنمای مناسبی برای انتخاب اولیه سیستم سقف است.

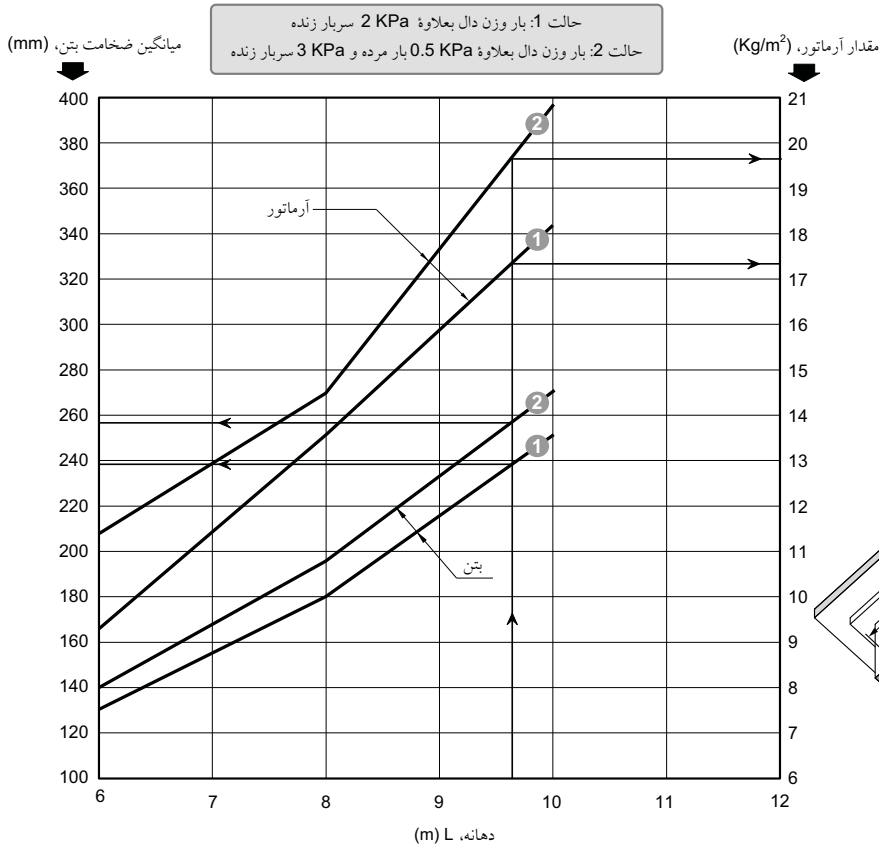
با استفاده از تصویر ۱۱ به سرعت می‌توان طول اقتصادی دهانه دال را برای انواع سیستم‌های مختلف سقف، با استفاده از ضخامت دال و ضریب ضخامت (ضرایب D که پیش از این در عنوان‌های قبلی به آنها اشاره شد) برآورد نمود. مثال A: طول دهانه اقتصادی سقفی که دارای ضریب ضخامت ۲۵ بوده و حداکثر ضخامت آن نیز برابر ۵۵۰ mm است، برابر ۱۳.۸۰ m است. مثال B: چنانچه طول دهانه برابر ۱۱.۵۰ m باشد و ضریب ضخامت نیز برابر ۳۰ در نظر گرفته شده باشد، مقدار ارتفاع سقف برابر در نظر گرفته می‌شود.

در تصاویر ۱۲ تا ۲۱، نحوه تعیین ضخامت سقف و مقدار آرماتور مورد نیاز بر اساس طول دهانه برای برخی از سیستم‌های سقف نشان داده شده است. در تصاویر ۱۴ تا ۲۱ دامنه سر بار زنده بین

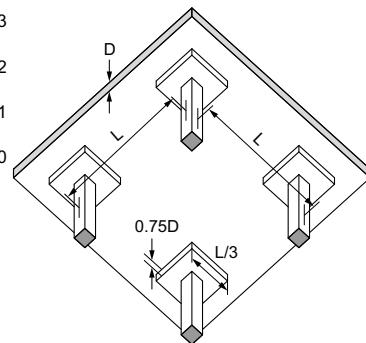
۳ kPa تا ۵ kPa است. همچنین در تهیه این نمودارها فرض شده است که سازه در برابر آتش سوزی به میزان دو ساعت مقاومت داشته باشد.

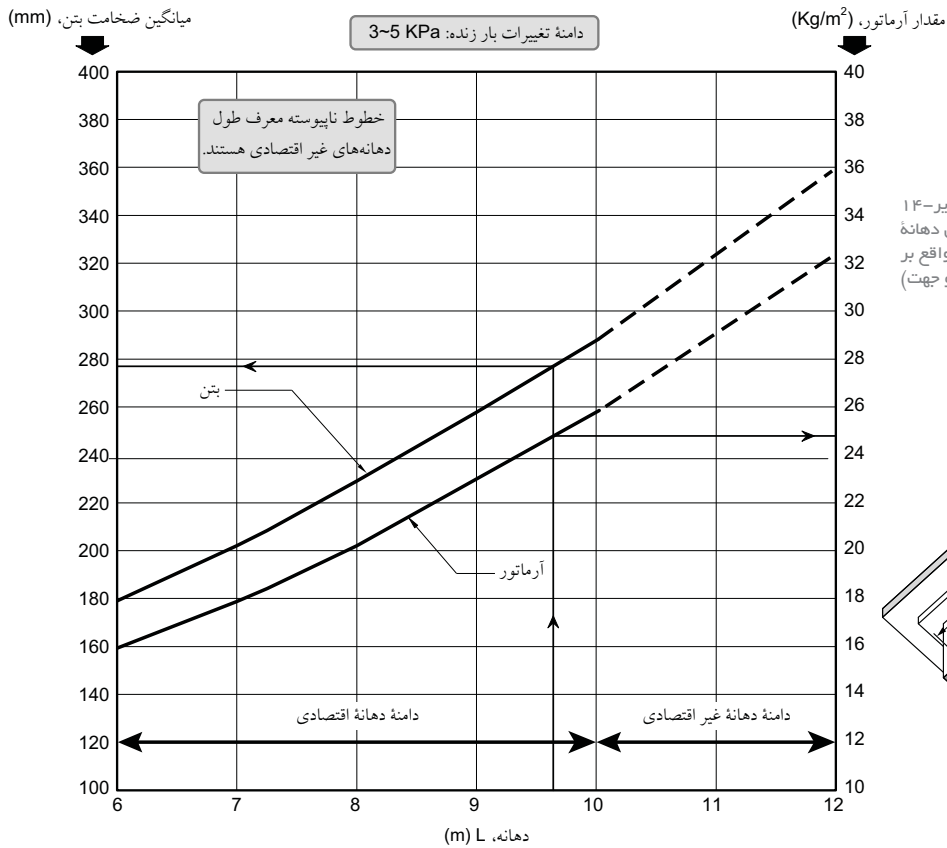
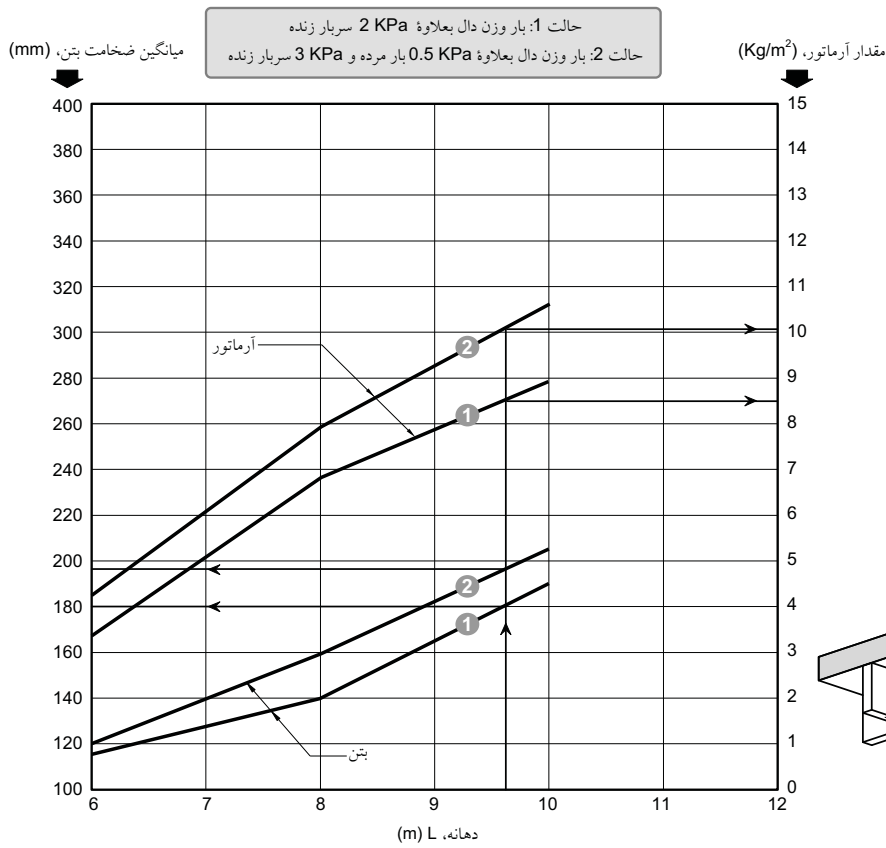


تصویر ۱۱ - تعیین طول دهانه اقتصادی بر اساس ضخامت و ضریب ضخامت

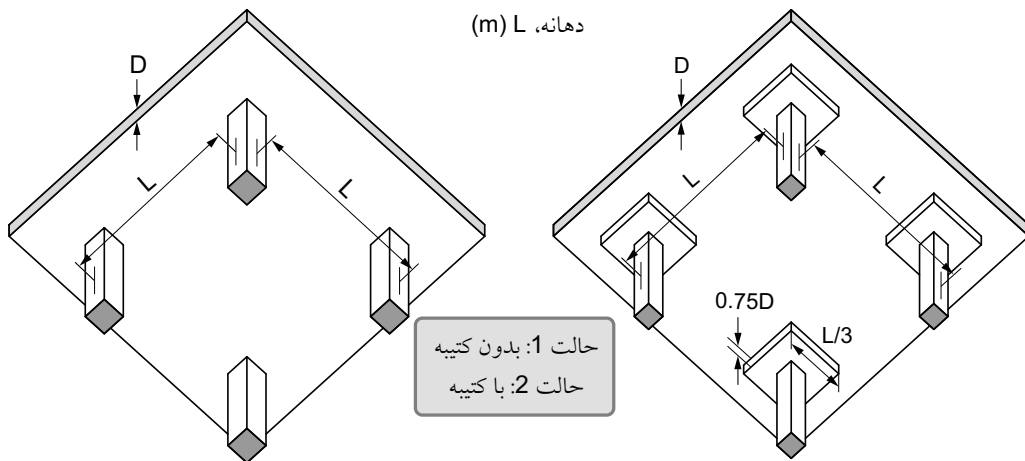
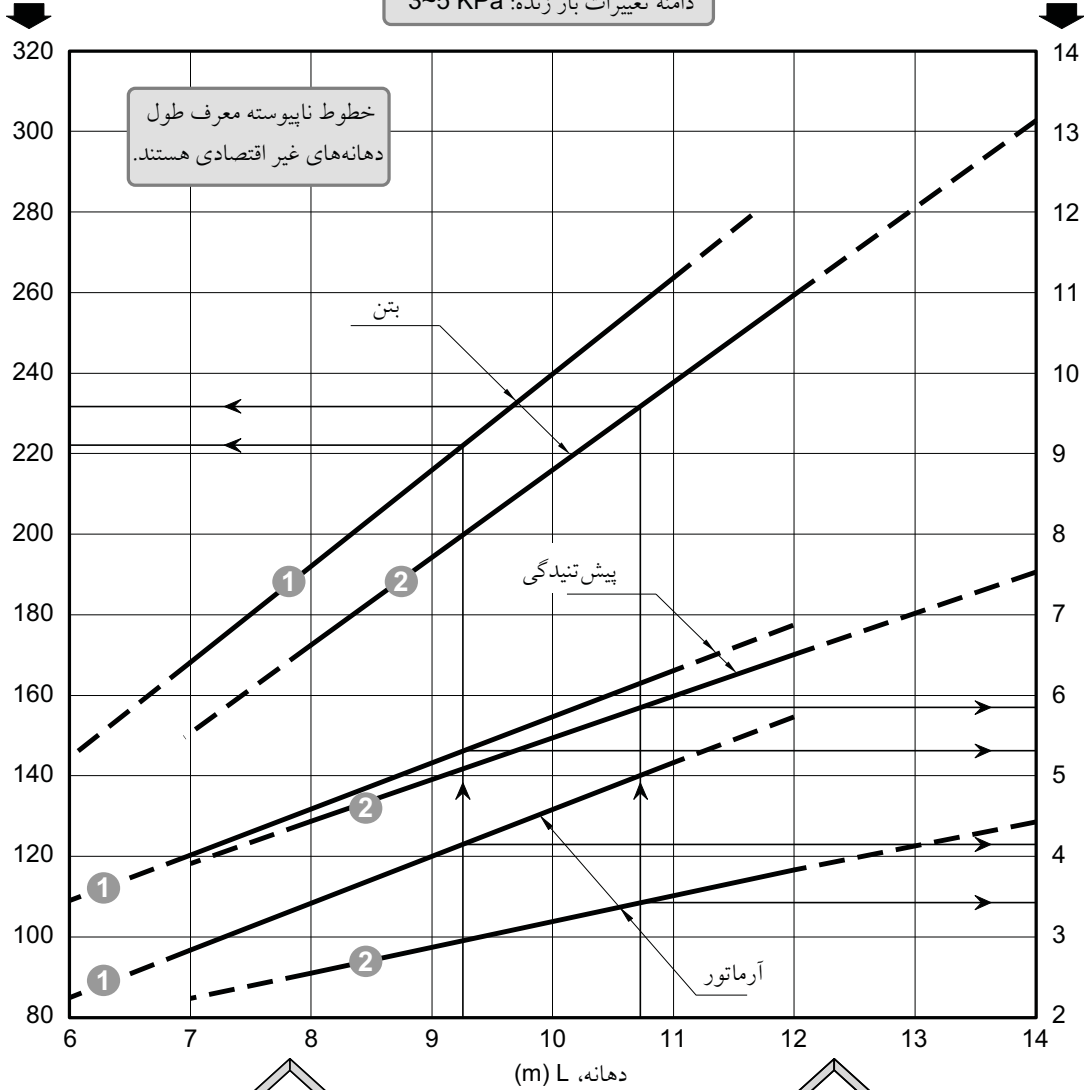


تصویر ۱۲ - ضخامت و آرماتور مورد نیاز بر اساس طول دهانه داخلی دال تخت (دال تخت کتیبه‌دار واقع بر ستون‌های بتنی با فواصل مساوی در دو جهت)

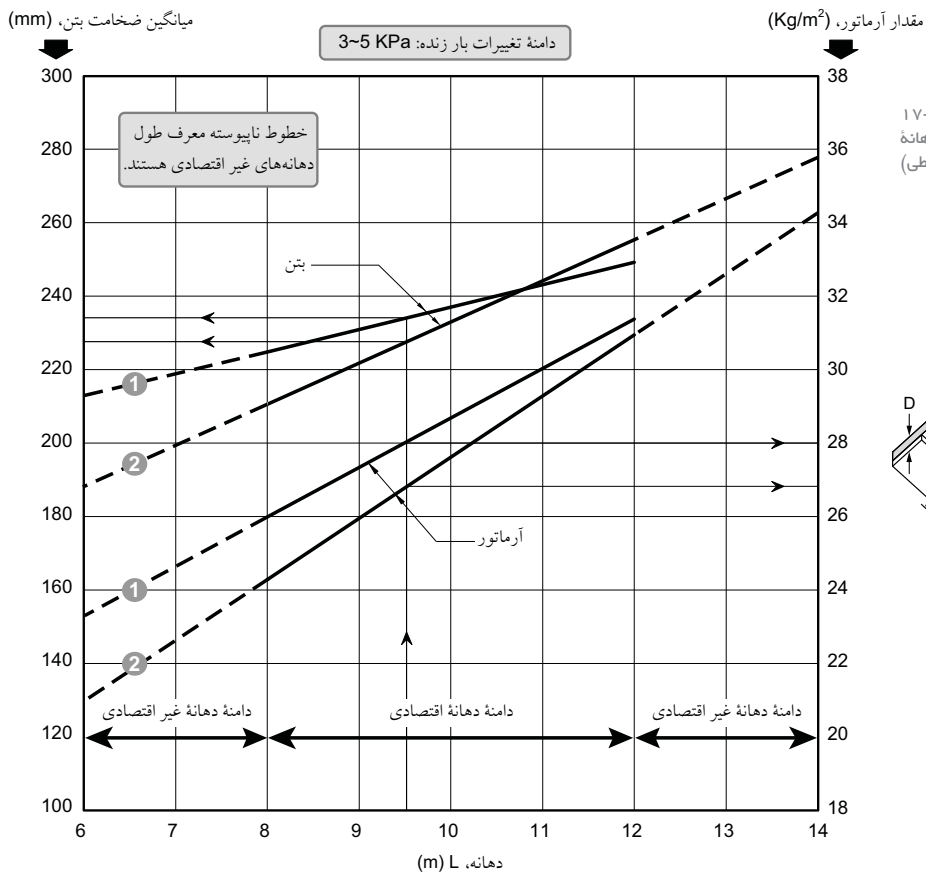
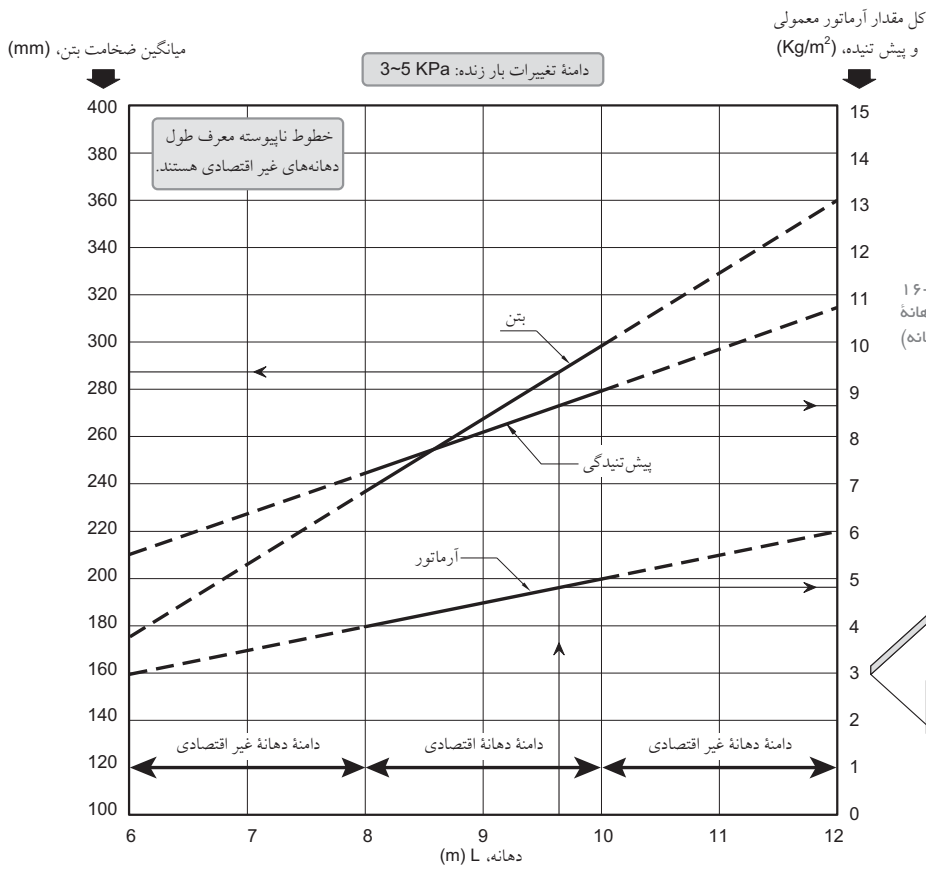




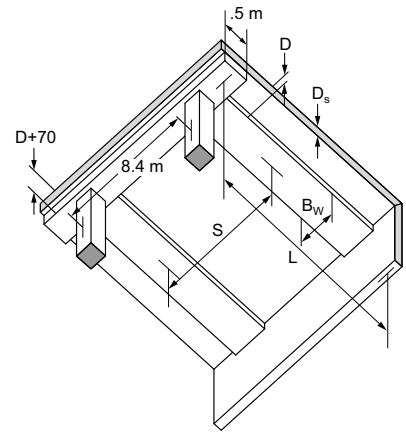
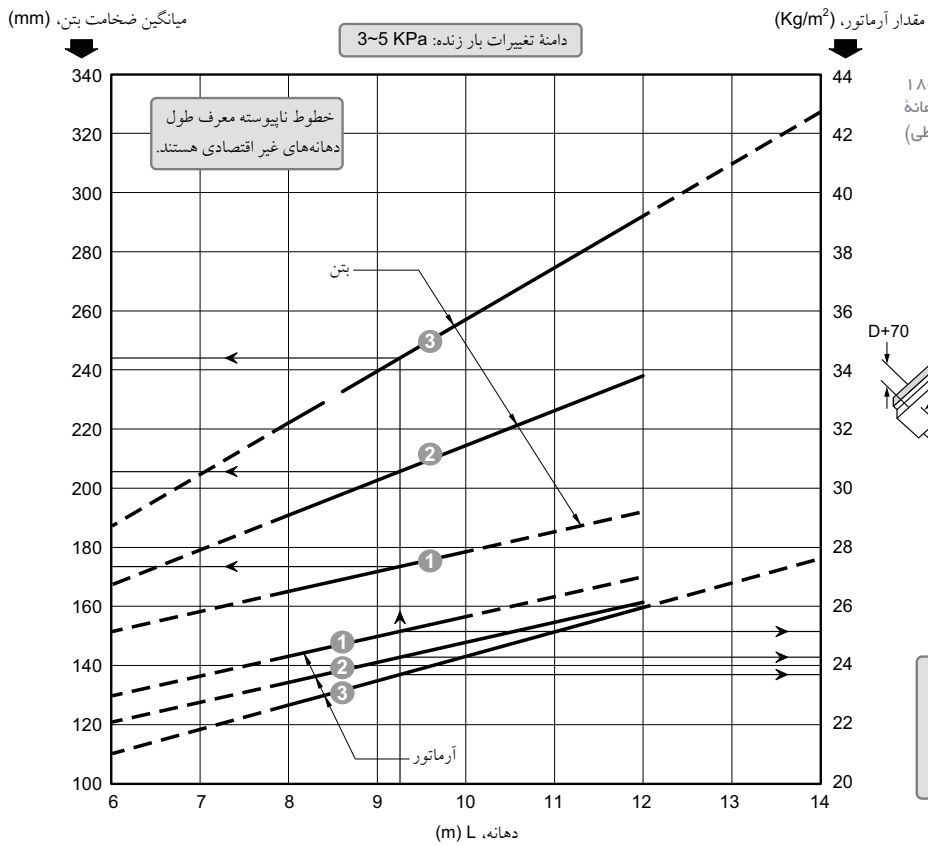
کل مقدار آرماتور معمولی و پیش تنیده، (Kg/m^2)
دامنه تغییرات بار زنده: 3~5 KPa
میانگین ضخامت بتن، (mm)



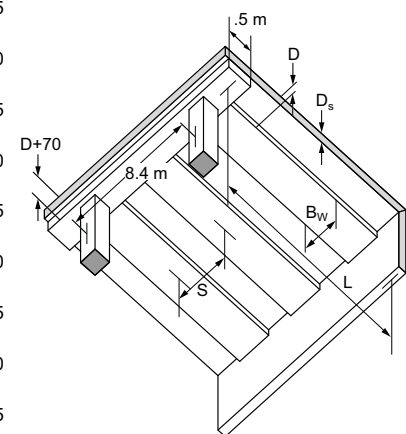
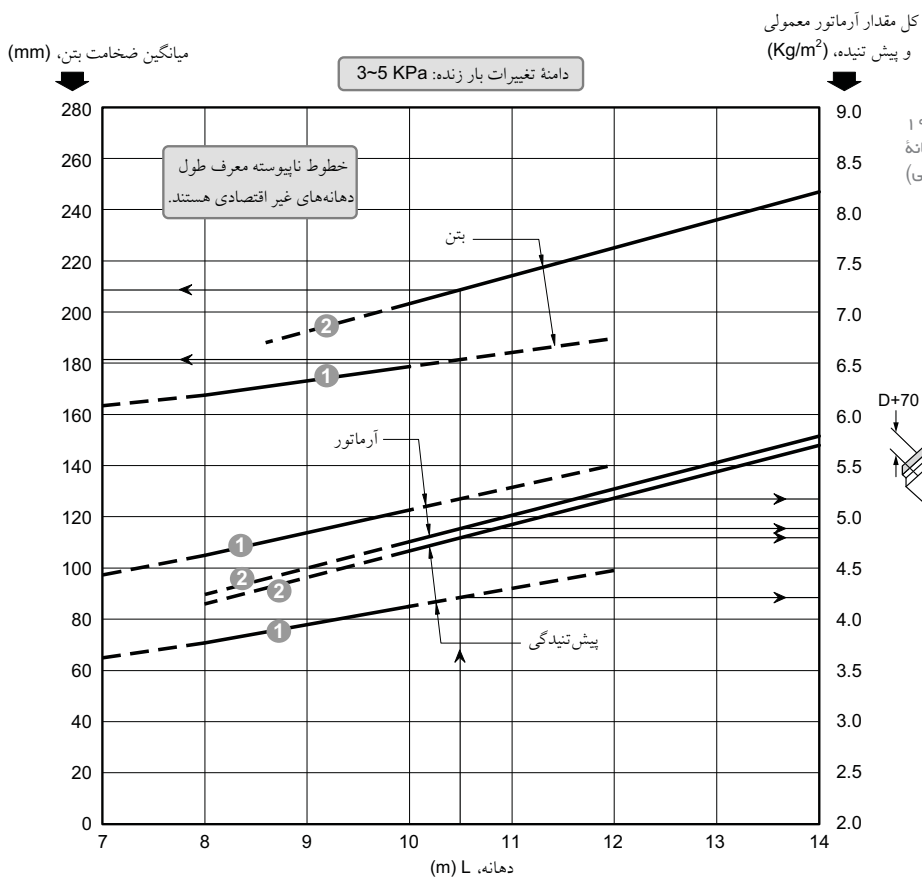
تصویر - ۱۵
ضخامت و آرماتور مورد نیاز بر اساس طول دهانه داخلی
دال تخت پیش‌تنیده (دال تخت کتیبه‌دار و یا بدون کتیبه
واقع بر ستون‌های بتنی با فواصل مساوی در دو جهت)



B_w	S	D_s	حالت
1200	8400	200	1
2400	8400	170	2



B _w	S	D _s	حالت
600	4200	120	حالت ۱
1200	4800	120	حالت ۲
2400	6000	120	حالت ۳



B _w	S	D _s	حالت
600	4000	120	حالت ۱
1200	4000	120	حالت ۲

