دال بتنی و کاربرد آن در ساختمان سازی

دال بتنی چیست و چه کاربردی دارد؟

پایگاه خبری تحلیل فولاد مرکزآهن

اصفهان-خیابان امام خمینی-چهار راه شریف- مجتمع الماس-طبقه ۵-واحد ۵۱۵ | مرکزآهن

دال بتنی و کاربرد آن در ساختمان سازی

دال بتنی چیست و چه کاربردی دارد؟

یک ساختمان بتن آرمه درجا معمولا از اتصال یکپارچه ستون ها و کف های بتن آرمه تشکیل می شود. کف ها نیز به نوبه خود غالبا از مجموعه پیوسته دال ها و تیرآهن ها ساخته می شوند. به طور کلی دال ها سیستم های سازه ای افقی یا نزدیک به آن هستند که ضخامتشان در برابر دو بعد طول و عرض ناچیز می باشد و برای انتقال بار در یک یا دو جهت مورد استفاده قرار می گیرند. در مواردی که فاصله بین ستون ها زیاد نباشد معمولا تیرآهن های فرعی حذف می شوند، در این حالت سیستم کف تنها متشکل از تیرهای اصلی بین ستون ها و دال خواهد بود. گاهی حتی تیرهای اصلی نیز حذف می شوند و دال مستقیما به ستون ها متکی می گردد. انواع گوناگون دال ها در قسمت بعدی شرح داده می شوند.

دال های بتن آرمه از جمله مهمترین اعضای بتن آرمه به حساب می آیند. دال ها سیستم های افقی یا نزدیک به آن هستند که ضخامت آن ها در برابر طول و عرض آن ها ناچیز می باشد. دال ها بسته به شرایط هندسی تکیه گاه ها و بارگذاری، بار را در یک یا دو جهت انتقال می دهند. دال های بتن آرمه می توانند در ترکیب با **تیرآهن** و یا بدون آن مورد استفاده قرار گیرند و در ساختمان ها علاوه بر تحمل بارهای قائم، در اکثر مواقع وظیفه ایجاد یک کف صلب و توزیع نیروهای جانبی بین اعضای باربر جانبی را نیز بر عهده دارند.

از جمله نقاط ضعف دال ها و به ویژه دال هایی که در آن ها از تیرآهن استفاده نمی شود، اتصالات آن ها به ستون ها است. اتصالات دال ها از حساس ترین نقاط در سازه های متشکل از دال است. در محل اتصال دال به ستون، توزیع پیچیده ای از تنش ها وجود دارد که بررسی این اتصالات را با پیچیدگی هایی همراه می سازد. این پیچیدگی با اضافه شدن لنگرهای ناشی از بارهای جانبی و یا بارهای ثقلی نامتقارن افزایش می یابد. از آن جا که اتصالات

در اعضای بتن آرمه به ویژه در هنگام وقوع بارهای جانبی نقش بسیار مهم و کلیدی در سازه ها بر عهده دارند، لذا توجه به آن ها سبب یک طراحی قابل اطمینان خواهد شد.

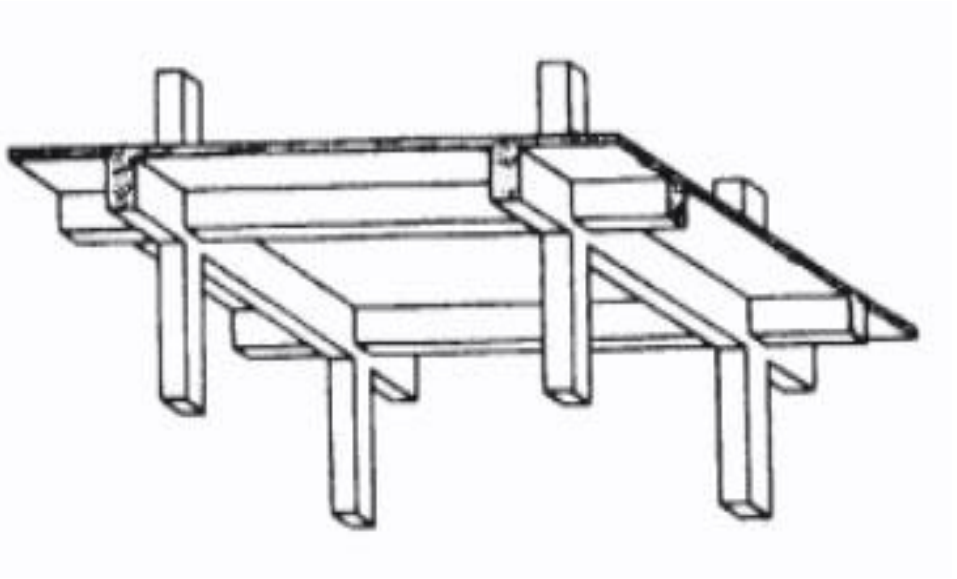
انواع دال های بتن آرمه

در یک تقسیم بندی کلی از نظر باربری، می توان دال های بتن آرمه را به دو دسته تقسیم کرد: دال های یک طرفه و دال های دو طرفه

در مواقعی که دال تنها در یک راستا دارای تکیه گاه باشد و یا طول دهانه بزرگ تر آن بیش از دو برابر طول دهانه کوچک تر باشد، این دال عملا یک طرفه خواهد بود و عملکردی مانند یک *تیرآهن*بسیار عریض خواند داشت. علاوه بر این می توان به کف های ساخته شده از تیرچه نیز اشاره نمود. در هنگام باربری تغییر شکل این دال ها بیشتر به صورت انحناء در یک جهت خواهد بود. در مواردی غیر از موارد فوق، سیستم دال، دو طرفه به حساب می آید. انتقال بار به صورت دو طرفه سبب خواهد شد که از میزان لنگر در یک جهت خاص کاسته شود و در نتیجه به طراحی عضوی ظریف تر با میزان آرماتور کمتر منتهی شود.

دسته بندی دال ها از لحاظ وجود تیر

دال ها را همچنین می توان براساس وجود یا عدم وجود تیرآهن در آن ها، تقسیم بندی نمود. دال های با تیرآهن یا دال های تیر- ستونی از بهترین سیستم ها برای پوشش دهانه های بزرگ به حساب می آیند که می توانند در مقابل بارهای جانبی نیز به خوبی مقاومت کنند .وزن تیرآهن نیز در این تقسیم بندی تاثیر دارد.



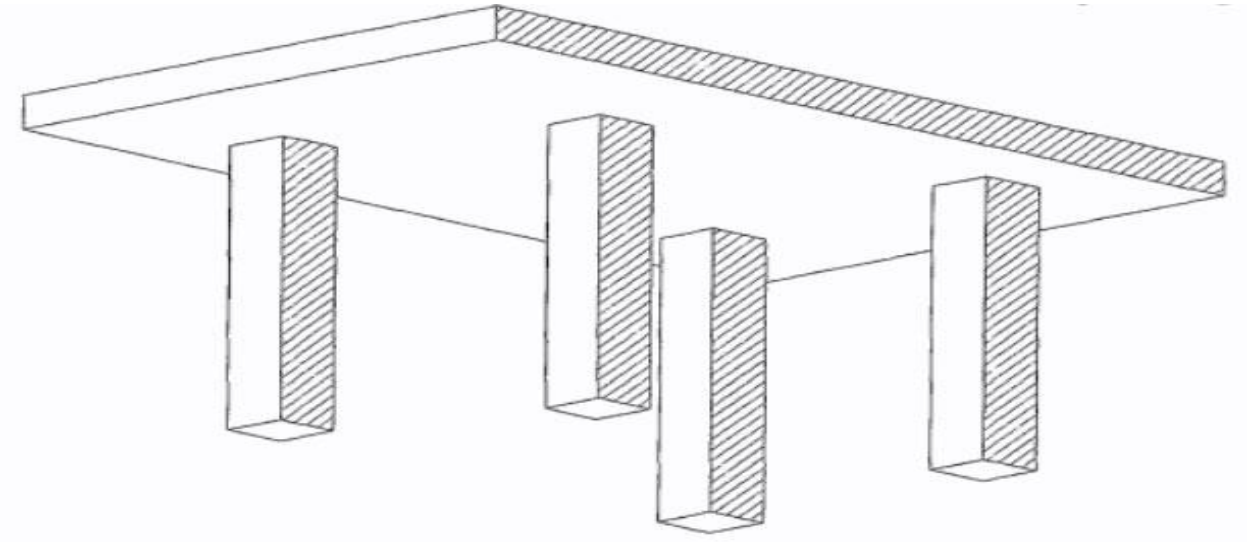
نمایش دال با تیر

در مقابل این دال ها، دال های تخت می باشند که در سیستم باربری آن ها از تیرآهن استفاده نمی شود و دال به طور مستقیم به ستون متصل می شود. گرچه این نوع دال ها دارای محاسنی از جمله سهولت اجرا می باشند، اما در عین حال دارای معایبی نیز هستند که در قسمت های بعد به آن اشاره خواهد شد.

در دال های بتن آرمه، همچنین می توان از سیستم های پیش تنیدگی نیز استفاده نمود. با استفاده از تاندون هایی که قبل یا بعد بتن ریزی در دال قرار می گیرند، نیروهای داخل صفحه ای مضاعفی به بتن دال اعمال نموده و کشش به وجود آمده در بتن را به حداقل می رسانند. در این گونه دال ها تغییر مکان ها کمتر بوده و امکان پوشش دهانه های بزرگتری وجود دارد.

دال مجوف چیست؟

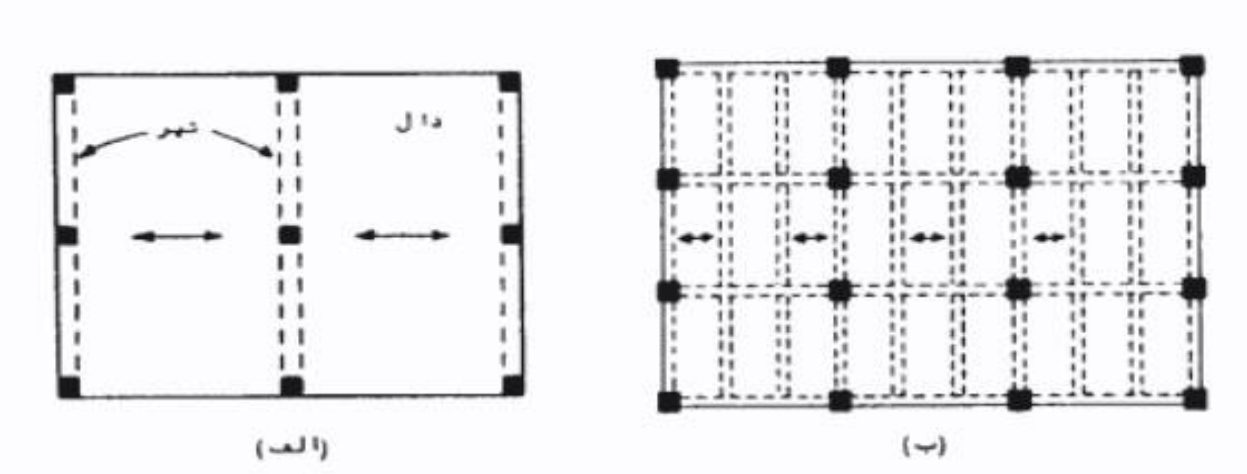
نوع دیگری از دال ها نیز وجود دارد که در آن ها برای کاهش وزن جسم دال، در بعضی قسمت های آن حفره هایی در داخل دال ایجاد می کنند که دال مجوف نامیده می شوند.



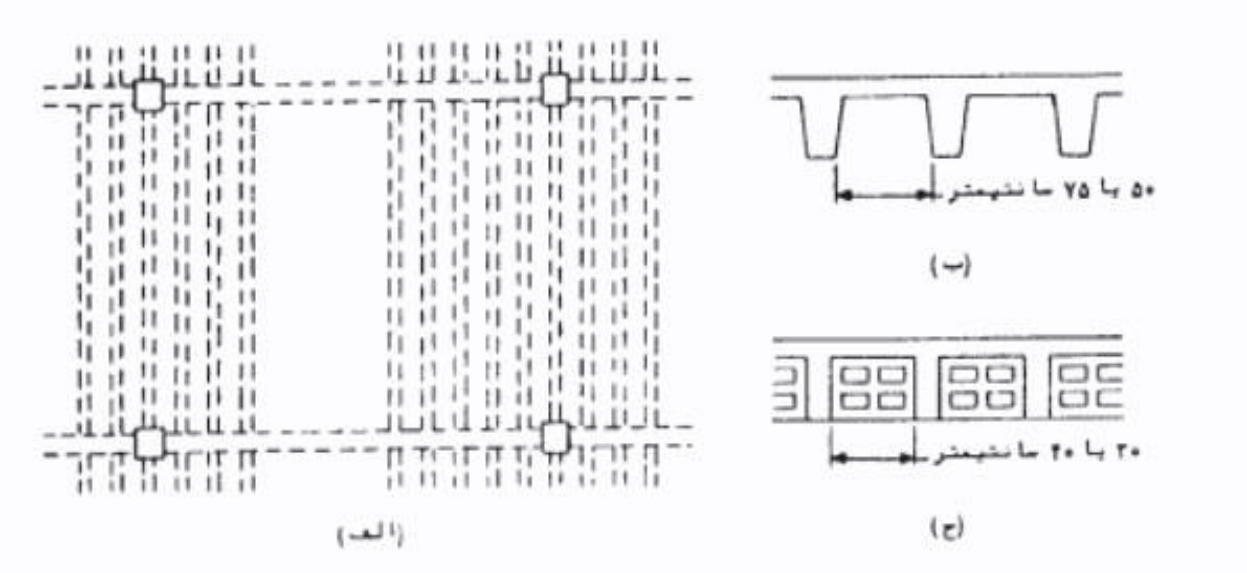
نمایش دال تخت

در مواردی که دال فقط از یک جهت عمود دارای تکیه گاه (تیرآهن یا دیوار) باشد، مانند دال نشان داده شده در شکل، بار تنها در جهت عمود بر امتداد تکیه گاه ها حمل و منتقل می شود. همچنین در مواردی که دال در هر دو جهت دارای تکیه گاه باشد و طول دهانه بزرگ تر آن حداقل دو برابر طول دهانه کوچکتر باشد، مانند دال های نشان داده شده در شکل زیر که عملا انتقال بار در جهت کوچک تر صورت می گیرد این دال ها همان دال های یک طرفه هستند.

در پوشش نشان داده شده در تصویر بار مستقیما به تکیه گاه ها که تیرهای اصلی هستند منتقل می شود و در شکل بعد بار کف از طریق دال ها به صورت یک طرفه به تیرهای فرعی و از آن ها به تیرهای اصلی انتقال می یابد. بنابراین دال های یک طرفه در اثر اعمال بار عملا در یک جهت انحنا پیدا می کنند.



دال های یک طرفه



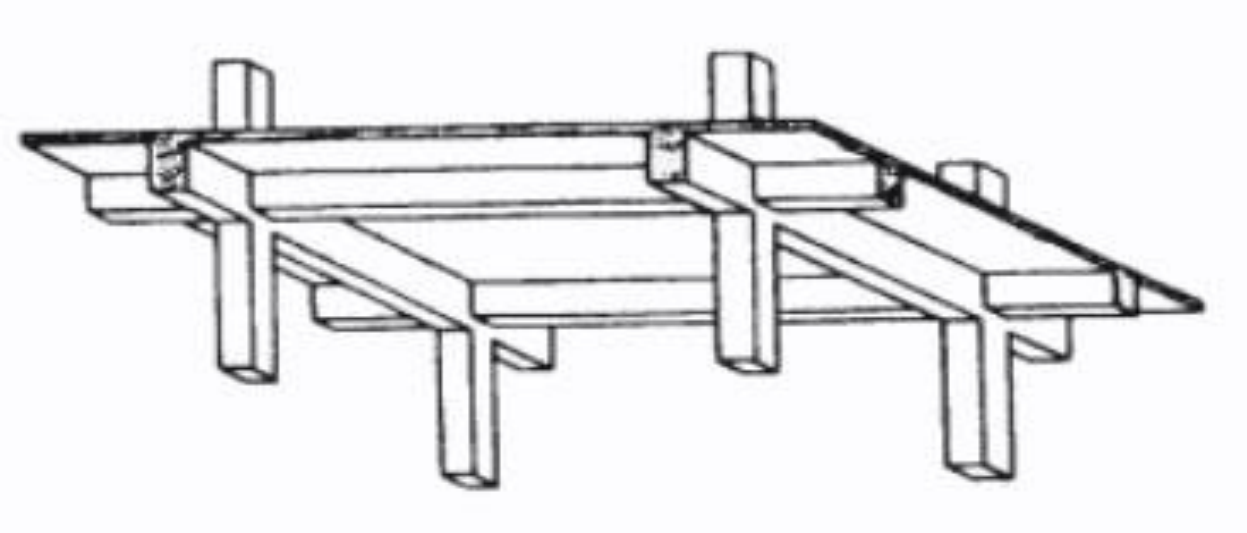
کف های ساخته شده با تیرچه های بتنی

علاوه بر صور نشان داده شده در شکل یکی دیگر از انواع کف های یک طرفه، کف های ساخته شده با تیرچه های بتنی یا جویست است. به چنین کف هایی دال تیرکدار یا دال تیرچه ای نیز گفته می شود. فلسفه استفاده از چنین سیستمی کاهش وزن مرده کف از طریق ایجاد فضاهای خالی در دال می باشد. دال تیرچه ای متشکل از تیرچه های بتنی با فواصل یکسان که با یک دال نسبتا نازک به صورت یکپارچه ساخته می شود. ضخامت دال در آن ها حدود ۵ تا ۱۰ سانتی متر و حداقل عرض تیرچه ها نیز ۱۰ سانتی متر است.

در صورتی که طول دهانه بزرگ تر در یک پانل از دو برابر طول دهانه کوچکتر آن کمتر باشد، دال پس از اعمال بار در دو طرف انحنا پیدا می کند و در نتیجه بار کف در هر دو جهت حمل شده و به تکیه گاه های دال در اطراف انتقال می یابد. این نوع دال ها را دال های دو طرفه گویند. بدین ترتیب این دال ها برخلاف دال های یک طرفه تحت لنگرهای خمشی در دو جهت قرار می گیرند و از این رو آرماتورهای خمشی نیز در آن ها در دو جهت قرار داده می شوند. در صورتی که در دال های یک طرفه در جهت دیگر تنها از آرماتورهای افت و حرارت استفاده می گردد.

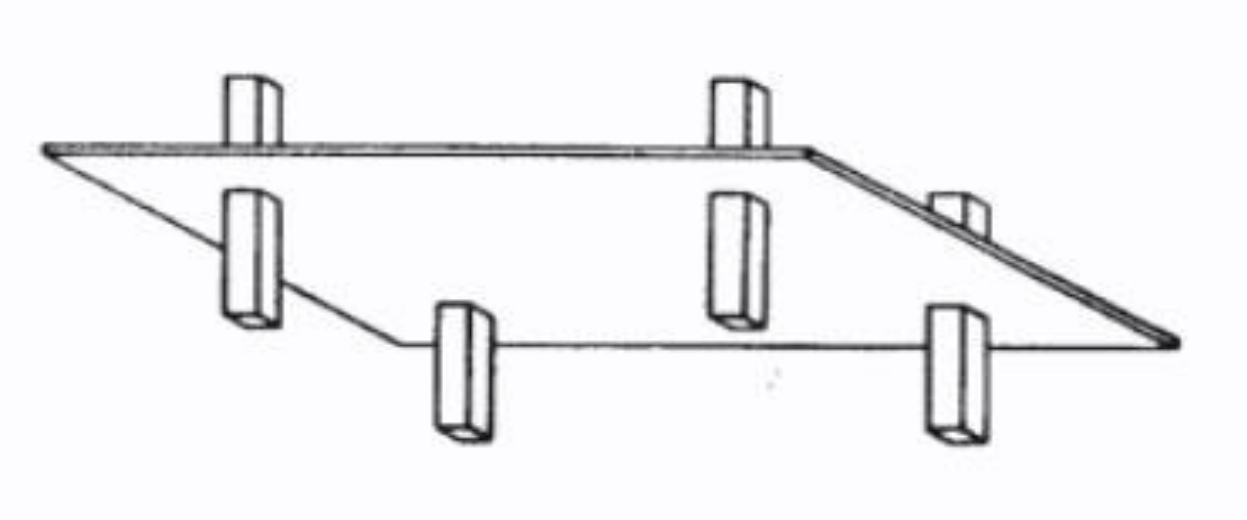
از بین انواع دال های دو طرفه آن هایی که در چهار طرف دال، یعنی روی خط ستون ها تیرآهن وجود دارد از همه متداول تر هستند. این دال ها که به دال های تیر ستونی معروفند به خاطر وجود تیرآهن در روی خط ستون ها، از صلبیت بالایی برخوردار هستند و در نتیجه سیستم سازه ای مناسبی را برای تحمل بارهای جانبی به وجود می آورند.

تصویر زیر یک نمونه کف متشکل از دال و تیرآهن را نشان می دهد. در چنین کف هایی بار از دال ها به تیرها و از طریق تیرها به ستون ها انتقال می یابد.



دال دو طرفه با تیر

در دال های تخت از تیرآهن استفاده نمی شود و در نتیجه بار کف مستقیما از دال به ستون ها انتقال می یابد. تصویر زیر شمای کلی از این نوع دال ها را نشان می دهد.



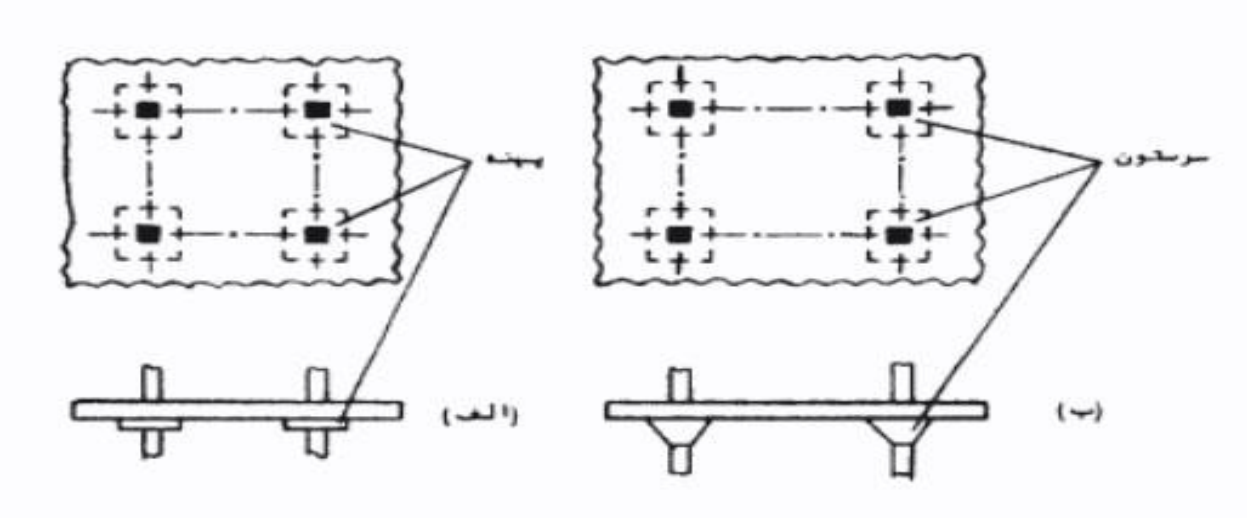
دال تخت

این دال ها دارای معایب و محاسنی هستند که در قسمت بعدی مفصلا توضیح داده می شوند. از آن جا که در این دال ها بار کف به طور مستقیم و بدون واسطه ای از دال به ستون منتقل می شود، تنش های برشی قابل ملاحظه

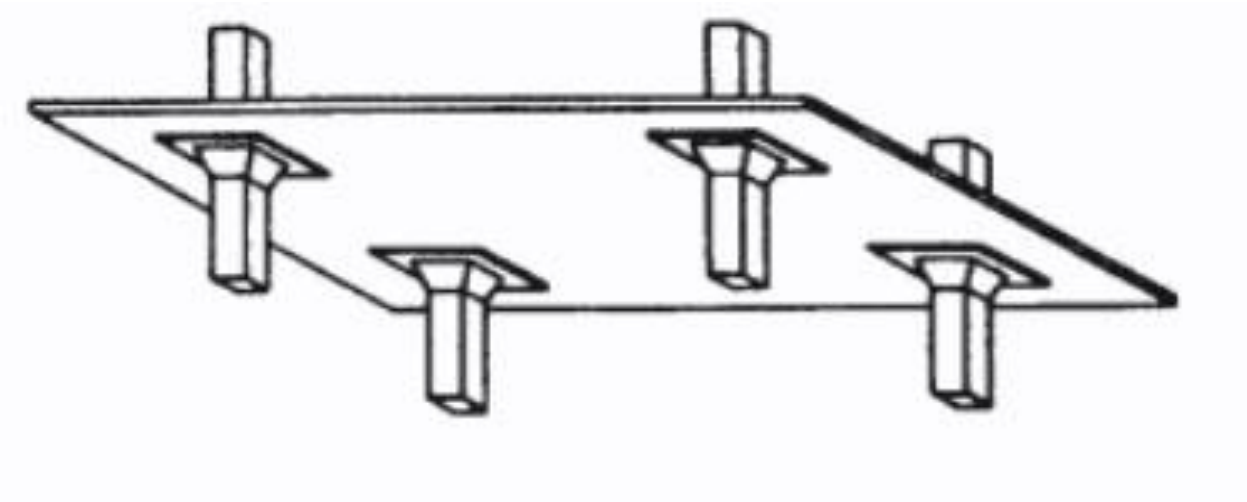
ای در دال ایجاد می شود به طوری که در بسیاری از موارد ضخامت دال در محل ستون ها جوابگوی این تنش ها نخواهد بود. در چنین مواردی از روش های مختلفی برای تقویت دال استفاده می شود. در یکی از این روش ها ضخامت دال را در اطراف ستون ها افزایش می دهند.

ضخامت های اضافی را در این حالت پهنه گویند و به دال هایی که بدین ترتیب ساخته می شوند دال های با پهنه گفته می شود. راه حل دیگر استفاده از سر ستون یا ماهیچه ستون در انتهای ستون می باشد که به چنین دال هایی اصطلاحا دال های قارچی گفته می شود. بعضی از اوقات ترکیب دو حالت فوق به کار برده می شود دال های حاصله به دال های قارچی با پهنه معروفند.

تصویر زیر این دال ها را نشان می دهد:



دال تخت با پهنه و دال قارچی



دال قارچی با پهنه

با افزایش دهانه دال، ضخامت آن نیز افزایش می یابد و در نتیجه وزن کف عامل تعیین کننده ای در طراحی می شود. برای کاهش اثر وزن در بعضی موارد از دال مشبک استفاده می شود. دال مشبک در واقع یک دال تیرچه ای دو طرفه است که در آن با استفاده از قالب های جعبه ای شکل فضاهای خالی در قسمت تحتانی دال به وجود می آورند.

کاربرد دال های بتن آرمه

از نظر محدوده کاربرد، دال های یک طرفه توپر معمولا برای دهانه های کمتر از ۴/۵ متر مناسب می باشند از سوی دیگر دال های تیرچه ای تا دهانه ای حدود ۱۰ متر قابل رقابت با سایر سیستم های کف هستند. دال های تخت معمولا برای دهانه های تا ۷/۵ متر بهترین کارایی را دارند که با استفاده از سر ستون (دال قارچی) این محدوده را می توان تا ۹ متر نیز افزایش داد. دال های مشبک نیز معمولا برای دهانه های در محدوده ۹ تا ۱۲ متر مورد استفاده قرار می گیرند.

محاسن و معایب دال های تخت

دال های تخت از جمله بهترین گزینه ها در هنگام انتخاب سیستم باربر در ساختمان ها می باشند. به دلیل عدم وجود تیرآهن در این گونه دال ها، قالب بندی و اجرای آن ها بسیار ساده تر است و از این جهت در بسیاری از موارد از دال های با تیرآهن با صرفه تر می باشند. از نظر معماری نیز از این دال ها به دلیل ایجاد سطحی صاف در زیر خود، نیاز به استفاده از سقف کاذب را از بین می برند.

در مقابل، دال های تخت دارای معایبی نیز می باشند. این دال ها دارای انعطاف پذیری زیادی هستند که سبب ایجاد انحنای زیاد در مقابل بارهای وارد بر دال و یا حتی وزن خود می شوند که سبب وقوع مشکلاتی در بهره برداری می شود. مشکل دیگر آن ها انتقال لنگر در محل اتصال دال به ستون است که از عدم وجود تیرآهن ناشی می شود و به این جهت این گونه دال ها سیستم مقاوم چندان موثری در برابر بارهای جانبی ایجاد نمی کنند و در ساختمان های بلند مرتبه و یا حتی عادی، نیاز به استفاده از سایر سیستم های باربر جانبی را ایجاب می کنند.

از دیگر مشکلات موجود در دال های تخت، ایجاد برش منگنه ای در محل اتصال ستون به دال می باشد. به دلیل آن که در محل اتصال، اعضای صلبی مانند تیرآهن وجود ندارند، وظیفه انتقال کل بارهای قائم وارده از دال به ستون، به عهده دال است که به دلیل ضخامت کم دال در این محل، سبب ایجاد تنش های زیادی در اطراف ستون در دال می شود. این مشکل با وارد شدن لنگر در محل اتصال تشدید می شود.

برش منگنه ای به دلیل آن که در بتن رخ می دهد، نوعی شکست ترد به حساب می آید و با کاهش ناگهانی در میزان باربری همراه است. این شکست به دلیل آنکه به طور ناگهانی و بدون هشدارهای قبلی رخ می دهد، شکستی نامطلوب در اتصال به شمار می آید و سعی می شود از وقوع آن جلوگیری به عمل آید. آزمایش ها نشان می دهند که ظرفیت برش منگنه ای دال ها تحت اثر بارهای تکراری کمتر از ظرفیت آن ها تحت اثر بارهای ثابت است و این مساله باعث می شود ضرایب اطمینان بالاتری برای اطمینان از عدم خرابی اتصال در هنگام زلزله و انتقال لنگر ناشی از آن در نظر گرفته شود. مشکل برش منگنه ای در مورد پی های بتن آرمه اعم از گسترده و یا منفرد نیز وجود دارد زیرا این پی ها را می توان به صورت دالی که به طور معکوس بارگذاری شده است، به حساب آورد. برش منگنه ای عامل اصلی تعیین ضخامت این گونه پی ها می باشد.

توضیح چگونگی تقویت دال ها

در سازه های بتن آرمه، بنا به دلایل مختلفی که در طول عمر سازه رخ می دهند، لزوم تجدید نظر در سازه ایجاب می شود. جایگزینی این سازه با یک سازه جدید و یا تقویت آن راه هایی هستند که در مقابله با این مشکل به ذهن می رسند. تقویت سازه ها در بسیاری موارد راه حل مناسب تری می باشد که از بروز مشکلات زیاد و هزینه های هنگفت جلوگیری می کند. دال های بتن آرمه نیز از این قاعده مستثنی نبوده و گاهی موارد نیاز به تقویت

آن ها ایجاد می شود. تغییر در کاربری، ایجاد بازشو، تغییر در آیین نامه های طراحی، آسیب دیدگی بتن دال، خوردگی فولاد و یا خطا در طراحی از دلایلی هستند که لزوم تقویت را سبب می شوند.

برای تقویت دال های موجود روش های مختلفی وجود دارد که توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته است که می توان به نصب تیرآهن در وجه کششی دال در کنار ستون، قرار دادن گل میخ در جهت عمود بر صفحه دال به منظور مقابله با برش، استفاده از صفحات فلزی در وجوه دال و استفاده از کامپوزیت های FRP به صورت های گوناگون اشاره نمود.

در این میان استفاده از کامپوزیت های FRP به دلیل مشخصات منحصر به فرد خود، روز به روز در حال افزایش است.

تحقیقات بسیاری در زمینه تقویت انواع سازه های بتن آرمه با استفاده از این کامپوزیت ها صورت گرفته است. تقویت به منظورهای مختلف از جمله تقویت خمشی، تقویت برشی، افزایش محصور شدگی، ترمیم آسیب های ناشی از خوردگی و مانند آن می تواند با استفاده از این کامپوزیت ها صورت گیرد. استفاده از این کامپوزیت ها به دلیل وزن کم، سهولت اجرا، مقاومت کششی بالا، عدم ایجاد تغییر زیاد در نمای عضو و مقاومت خوب در برابر شرایط محیطی سخت، تا حدود زیادی جایگزین استفاده از فولاد که دارای مشکلات زیادی مانند سنگینی، سختی اجرا و خوردگی می باشد، شده است.

روش های تئوری آنالیز و طرح اتصال دال – ستون

به علت پیچیدگی رفتار دال های دو طرفه هنوز روش مهندسی انعطاف پذیری که مورد قبول تمام سازمان های تدوین کننده آئین نامه های بتن آرمه قرار گرفته باشد تثبیت نشده است. بدیهی است با استفاده از روش های تئوریک و عددی می توان معادلات دیفرانسیل دال ها را برای حالات مختلف حل کرد، لیکن این گونه تحلیل ها جنبه کاربردی ندارند و از این رو در کشورهای مختلف براساس نتایج تجربی و مطالعات تئوریک روش های تقریبی متنوعی به کار گرفته می شود که جزئیات هریک در آئین نامه های مربوط تشریح می شود. مهمترین کشورهایی که دارای آئین نامه هستند عبارتند از آمریکا، انگلستان، استرالیا، کانادا، هندوستان و...

به طور کلی روش های آنالیز دال های دو طرفه را می توان در سه گروه جای داد. اول روش های مبتنی بر حل تئوریک یا عددی معادلات دیفرانسیل حاکم بر رفتار دال ها که در ارتباط با آن ها می توان به روش های متعارف حل معادلات دیفرانسیل صفحات اشاره کرد. این روش ها که در کتب تئوری صفحات به تفصیل مورد بحث قرار می گیرند عمدتا برای آنالیز الاستیک دال ها و تنها برای حالات خاصی از شرایط تکیه گاهی و بارگذاری قابل

استفاده اند. از سوی دیگر روش های عددی که مهمترین آن ها روش تفاضل های محدود و اجزاء محدود است، انعطاف بیشتری برای حل دال ها دارند.

به خصوص به کمک روش اجزاء محدود می توان رفتار الاستیک و غیر الاستیک انواع دال ها را با شرایط تکیه گاهی و بارگذاری دلخواه مورد بررسی قرار داد. دوم روش های تقریبی یا آئین نامه ای می باشند که اغلب این روش ها مبتنی بر مطالعات تحلیلی از نوع اول و مشاهدات تجربی و آزمایشگاهی هستند. برخی از این روش ها جامعیت و دقت بیشتر و برخی سهولت بیشتر ولی دقت کمتری دارند. سوم روش های آنالیز پلاستیک هستند. این روش ها که امروزه جای خود را بین روش های قابل قبول حل دال ها به خوبی باز کرده اند از روش های مناسب و ساده برای حل دال ها محسوب می شوند