

بسمه تعالی

آنالیز خطوط تسلیم و کاربرد آن در
طراحی دالهای بتنی مسلح
(همراه با مقدمه ای بر رفتار دالهای بتنی مسلح)

تالیف و ترجمه : مهندس سالار منیعی

منیعی، سالار

آنالیز خطوط تسلیم و کاربرد آن در طراحی دالهای بتنی مسلح (همراه با مقدمه‌ای بر رفتار دالهای بتنی مسلح) ترجمه و تألیف: سالار منیعی. - سندج تافگه، ۱۳۸۳.

۴۲ ص. مصور، نمودار

ISBN: 964 - 7638 - 38 - 8

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا

۱. دالهای بتنی. ۲. جد خمش. الف. عنوان.

۶۲۴/۱۸۳۴۲

TA ۶۸۲/۵/۵۲۳۸ ۲.

۲۸۳ - ۴۱۵۳۵

کتابخانه ملی ایران

نام کتاب : آنالیز خطوط تسلیم و کاربرد آن در طراحی دالهای بتنی مسلح

تألیف و ترجمه : مهندس سالار منیعی

تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ : اول - بهار ۱۳۸۴

ناشر : تافگه

شابک : ۹۶۴-۷۶۳۸-۳۸-۸

لیتوگرافی : واقفی

چاپ : ولیعصر

قیمت : ۸۰۰۰ ریال

حق چاپ محفوظ است

فهرست

پیشگفتار	۱
مقدمه	۱
رفتار خمشی دالهای بتنی مسلح تحت بارهای گسیختگی	۵
روشهای طراحی و آنالیز دالهای بتن مسلح	۹
قضایای حد بالا و حد پایین	۱۶
قوانین خطوط تسلیم	۱۸
آنالیز دالها به روش تعادل قطعه ای	۲۵
آنالیز دالها به روش کار مجازی	۲۹
آرماتور گذاری ارتوتروپیک و خطوط تسلیم اربب	۳۸
بررسی شرایط خاص در لبه ها و گوشه ها	۴۳
الگوهای بادبزنی در محل بارهای متمرکز	۴۷
محدودیتهای استفاده از تئوری خطوط تسلیم	۴۹
مراجع	۵۱

پیشگفتار

رفتار شناسی و طراحی دالهای بتنی مسلح به ویژه دالهای دو طرفه، یکی از مهمترین مباحث موجود در طراحی سازه های بتنی بوده که لازم است طراحان سازه بر آن تسلط کافی داشته باشند. گسترش روشهای مختلف طراحی دالهای دو طرفه همواره یکی از مباحث بسیار جالب و مجادله آمیز در سازه های بتنی بوده است. نویسنده های مقالات ارائه شده در زمینه دالهای دو طرفه در اوایل قرن بیستم در نوشته های خود همواره سعی داشته اند صحت و برتری روش خود را به اثبات رسانیده و در عین حال سایر روشهای ارائه شده را از لحاظ علمی مردود جلوه دهند. با چنین پیشینه ای، امروزه روشهای الاستیک و غیر الاستیک متعددی برای آنالیز و طراحی دالهای دو طرفه پیشنهاد شده است که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارد.

روش «آنالیز خطوط تسلیم» (Yield Line Analysis) یکی از روشهای آنالیز غیرالاستیک دالها می باشد که به جهت سهولت کاربرد و محدودیتهای نسبتاً کم، بسیار مورد توجه بوده و در دفاتر مهندسی از آن استفاده زیادی می شود. با توجه به کاربردی بودن موضوع و نیز تجربه هایی که نگارنده در استفاده از این روش برای طراحی دالهای دو طرفه (به ویژه دالهای با هندسه نامنظم) داشته است، اقدام به تدوین مجموعه حاضر شد. این نوشته براساس معتبرترین منابع خارجی موجود در زمینه طراحی سازه های بتنی تهیه شده و علاوه بر ترجمه قسمتهایی از منابع استفاده شده، بخشهایی نیز توسط نگارنده به آن افزوده شده

است. جهت یادآوری، بخشی نیز به بررسی رفتار دال تحت مراحل مختلف بارگذاری اختصاص داده شده است.

در اینجا جا دارد از برادر عزیزم، ساسان، به خاطر ترسیم و تصحیح اشکال و نیز انجام کارهای گرافیکی مجموعه حاضر کمال تشکر را داشته باشم. نیز از مدیریت و پرسنل محترم شرکت طراحی و چاپ قنديل به جهت انجام کارهای حرفه‌چینی و مدیریت و پرسنل محترم انتشارات تافگه به خاطر مشاوره و انجام امور چاپ این مجموعه، نهایت سپاسگزاری را دارم.

بدون شک مجموعه حاضر خالی از اشکال نبوده و از خوانندگان محترم تقاضا دارد نظرات و پیشنهادات سازنده خود را به پست الکترونیکی salarmanie@yahoo.com ارسال دارند تا در مجموعه کاملتری که در دست تالیف است، لحاظ گردند. امید است مجموعه حاضر مورد توجه علاقمندان واقع شود.

با آرزوی موفقیت

سالار منیعی

۱۳۸۴/۱/۱۵

دالها اجزایی سازه ای هستند که عمدتاً بارهای ثقیلی را تحمل کرده و تحت بارهای لرزه ای نقش یک عنصر انتقال دهنده را ایفا می کنند. به طور کلی دالها از لحاظ نحوه توزیع بار به دو دسته تقسیم می شوند: دالهای یک طرفه و دالهای دو طرفه. در دالهای یک طرفه انتقال بار در یک جهت و به طرف تکیه گاههای دال که می تواند تیرهای بتنی یا فولادی و یا حتی دیوارها باشند، انجام می گیرد. در این نوع دالها غالباً نسبت ابعاد دال بزرگتر یا مساوی ۲ است.

در مقابل، در دالهای دو طرفه، انتقال بارهای خارجی وارده در دو جهت صورت می گیرد و این عملکرد منحصر به این گونه دالها می باشد. دالهای دو طرفه، دالهایی کارا و اقتصادی بوده و به عنوان یک سیستم سازه ای مناسب بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. در عمل دالهای بتنی مسلح دو طرفه به اشکال گوناگونی طراحی و اجرا می شوند. برای بارهای نسبتاً سبک که ممکن است در آپارتمانها یا ساختمانهای مشابه چنین وضعیتی وجود داشته باشد، از «صفحات تخت» (Flat Plates) به عنوان دالهای دو طرفه استفاده می شود. همانطور که در تصویر (۱-الف) دیده می شود، چنین دالی متشکل از یک صفحه تخت با ضخامت یکسان بوده که بین ستونها قرار می گیرد. در یک آپارتمان، از سطح فوقانی صفحات تخت می-توان به عنوان کف واحدها استفاده کرده و سطح تحتانی آن را با کمترین هزینه به عنوان سقف واحدها در نظر گرفت. صفحات تخت معمولاً در دهنه های بین ۴/۵ تا ۶ متر اقتصادی می باشند. برای دهانه های بزرگتر، ضخامت مورد نیاز برای انتقال نیروهای عمودی به ستونها از ضخامت مورد

نیاز برای خمش بیشتر می شود؛ لذا از بتن وسط پانل دالها به طور کاملاً موثر استفاده نمیشود. به منظور سبک سازی دال، کاهش لنگرهای آن و صرفه جویی در مصالح در وسط دهانه ها می توان دال را با تیرچه های متقاطع جایگزین نمود. (تصویر (۱-ب)) توجه شود که در نزدیکی محل ستونها، برای انتقال بارهای موجود به کل عمق دال نیاز می باشد. این نوع دال، «دال مجوف» (Waffle Slab) یا «سیستم تیرچه دو طرفه» نام دارد و قسمتهای مجوف معمولاً به وسیله قالبهای گنبدی فایبرگلاس اجرا می شود. دالهای مجوف را غالباً برای دهانه های ۷/۵ تا ۱۲ متر مورد استفاده قرار می دهند.

برای بارهای صنعتی سنگین، می توان از سیستم «دال تخت» نشان داده شده در تصویر (۱-ج) استفاده نمود. در این نوع دال، به منظور انتقال بار به ستونها، ضخامت دال در محل ستونها بیشتر در نظر گرفته میشود. این کار را می توان با استفاده از سرستون و یا با ایجاد کتیبه انجام داد. غالباً سر ستونها به اندازه یک ششم دهانه از هر طرف ستون امتداد می یابند که ضمن تأمین مقاومتی اضافی در ناحیه ستون ها، سبب کاهش میزان بتن مصرفی در وسط دهانه نیز می شود. دالهای تخت را برای بارهای بیشتر از ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و در دهانه های ۶ تا ۹ متر مورد استفاده قرار میدهند. امروزه و به ویژه در ایالات متحده از کتیبه-هایی که در تصویر (۱-ج) نشان داده شده است عملاً استفاده نمی شود؛ چرا که هزینه قالب بندی آنها بسیار زیاد است. کتیبه هایی از این دست در فاصله سالهای ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ میلادی استفاده فراوانی داشته اند. در برخی موارد می توان در یک سیستم دال از تیرهایی بین همه یا تعدادی از