



موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

سیستم دال پیش ساخته و پیش تنیده در پارکینگها و گاراژها



Educational and Engineering institute 808
Specialized training in Civil and Architecture
تلفن: ۰۲۱۸۸۲۷۲۶۹۴
www.civil808.com

زمستان
۹۴

مقدمه:

اخیراً، تیم کاری پنانی به بررسی و ارزیابی ساخت پارکینگها و گاراژها با سیستم دالهای نازک پیش ساخته و پیش تنیده پرداخته است. در این دسته از سیستمهای سازه ای سعی بر حذف شمع های نگهدارنده و سوق دادن سیستم به سمت عملکرد کامپوزیتها می باشد. معمولاً از این سیستم در عرشه پلها استفاده می شود و استفاده از این سیستم در پارکینگها و گاراژها بجز در مناطقی مانند دل آور دیلی و اطراف آن مرسوم نمی باشد. تحقیقات نشان داده است که سیستم بتن درجا، حتی در خود دل آور دیلی نیز، نسبت به دالهای گسترده رواج بیشتری دارد و اغلب سیستم دال نازک در مراکز تجاری امریکا مشاهده می شود تا پارکینگها.

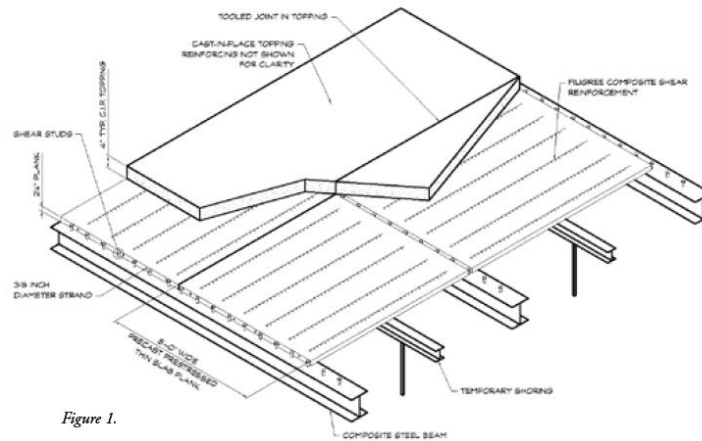


Figure 1.

شکل ۱

مشخصات سازه ای سیستم:

دالهای کامپوزیت دارای مقطع عرضی با ضخامت ۲۰۲۵ اینچ . ۸ فوت پهنا با دال بتنی صلب، سیستم پیش ساخته و پیش تنیده که دارای حداقل ۴ اینچ بتن درجا در سطح فوقانی است، می باشد. این سیستم را می توان در دهانه هایی به طول تقریبی ۲۰ فوت بین تیرهای تکیه گاهی بکار گرفت. همچنین می توان از این سیستم هم در سازه های فلزی (شکل ۱) و هم در سازه های بتنی که به صورت درجا اجرا می گردند (شکل ۲) استفاده کرد. معمولاً دالها و تیرها تا زمانی که مقاومت فشاری کافی را برای پایداری بدست آورند، با شمع حفاظت می شوند.

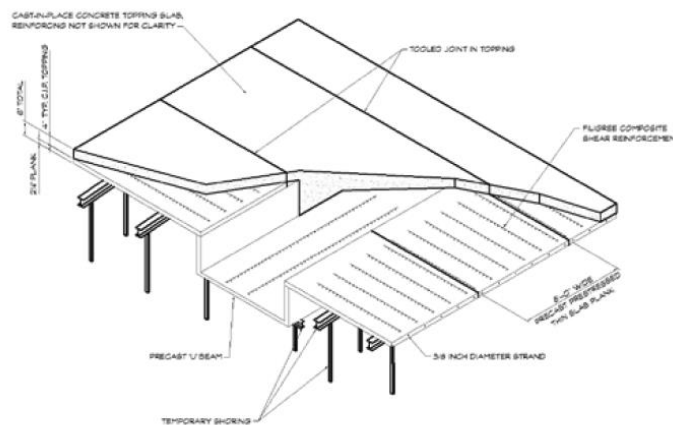


Figure 2.

شکل ۲

ظرفیت باربری دالهای کامپوزیت به دو عامل شبکه آرماتور قائم و گیرداری بتن سطوح فوقانی توسط برآمدگی های موجود در این سیستم بستگی دارد که مورد اول از اهمیت بسزایی برخوردار است. شبکه آرماتور مثبت تحتانی برای مقابله با خمش اولیه در سیستم می باشد که این عملکرد توسط کابلهای پیش تنیده تامین می گردد، در حالیکه شبکه آرماتور منفی فوقانی برای مقابله با تغییر شکلها می باشد. همچنین شبکه آرماتورهای حرارتی و انقباض بتن در جهت عمود بر دهانه دال در هر دو سطح پیش ساخته و درجا تعبیه می گردد.

بر خلاف اعضای پیش ساخته نازک دیگر که در پارکینگها و گاراژها مورد استفاده قرار می گیرد، مانند فلنجهای دابل Tee، صفحاتی که در اتصال مرزی (بعنوان مثال صفحات جوش شده مدفون در بتن) وجود دارند، در نزدیک مرز اتصال قرار ندارند و می توان نتیجه گرفت که آرماتور عرضی اسمی در شبکه فوقانی و قفل و بست شدن سنگدانه های بتن درجا، تنها مکانیزم موجود برای انتقال بار ناشی از عبور چرخ های وسایط نقلیه در ناحیه اتصال با سطح زیرین می باشد که همگی در یک سطح با صفحه اتصال قرار دارند. طبق بررسی های بعمل آمده، این بخش از ظرفیت دالهای نازک در پارکینگها و گاراژها تا بحال مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

مسئله (اصلی):

همانطور که در سیستمهای دابل Tee شاهد هستیم، با گذر زمان و افزایش استحکام اتصال، رطوبت نیز به سطح اتصال نفوذ می کند. این رطوبت اغلب حاوی کلرید می باشد که ناشی از تمهیدات جلوگیری از یخ زدن و یا کلریدی که اتومبیلها به همراه خود از سطح جاده ها به روی دال منتقل می کنند، است. این رطوبت با وجود پدیده موئینگی بین سطح پیش ساخته و درجای فوقانی نفوذ می کند و باعث می شود شبکه آرماتورها در معرض زنگ زدگی و در نتیجه خوردگی قرار گیرند که این مسئله، خود، باعث فاسد شدن بتن پیرامونی می شود. (شکل ۳)



Figure 3.

شکل ۳

در اتصالات مرزی در سیستم دابل Tee، ضعف در سیستم ایزولاسیون اتصال و شبکه آرماتور می تواند عامل زنگ زدگی و تخریب باشد، اما در دالهای نازک کامپوزیت، مجاورت کابلهای بیرونی به مرز اتصال، عامل اصلی خوردگی در شبکه آرماتور مثبت تحتانی می باشد. جالب است بدانید که اگر تنها ۲ کابل بیرونی از ۶ کابل موجود در سطح اتصال دچار خوردگی شوند، مقدار قابل ملاحظه ای از ظرفیت خمشی مورد انتظار در مقطع ۸ فوتی -در حدود ۳۳٪- بدلیل از بین رفتن سطح مقطع موثر کابلها (لازم به ذکر است که قطر کابلها مقادیر کوچکی هستند)، کاهش می یابد. (شکل ۴)



Figure 4.

شکل ۴

همچنین در صورت فقدان بارگذاری قائم کافی، اتصال بین دو سطح به خوبی برقرار نمی شود. این حساسیت را حتی در گاراژهایی که فقط ۵ تا ۱۰ سال از عمرشان می گذرد و به واسطه استفاده از درزگیرها در شرایط خوبی از نظر ارتباط با محیط اطراف قرار دارند نیز مشاهده می شود. علی رغم اینکه آیین نامه ACI مقدار مجاز کلرید را برابر ۰.۰۶٪ جرم سیمان توصیه کرده است، طبق نتایج آزمایشات متعدد آلودگی توسط آبهای حاوی کلرید حتی تا میزان ۲.۶۳٪ جرم سیمان نیز مشاهده شده است. البته در دالهایی مانند عرشه پل، این پدیده را به این شدت نخواهیم داشت و دلیل آن استفاده از سیستم مجهز و قابل اطمینان در مرزهای اتصال می باشد.

با انجام تستهای پتروگرافی در دالهای نازک، حساسیتهای دیگری نیز در این سیستمها قابل تأمل هستند. از جمله آنها می توان به عدم استفاده از پوشش کافی بتنی (کاور) و افزودنی حباب زا اشاره کرد. طبق مشاهدات، این پوشش در زیر کابلها بعضاً از ۱ اینچی که توصیه آیین نامه ACI می باشد نیز کمتر بوده است. همچنین از دیگر حساسیتهایی که در این سیستمها وجود دارد، تفکیک مصالح درشت دانه می باشد که در ارتفاع ۱ اینچی در سطح زیرین سقف اتفاق می افتد و منجر به پدیده کربناتی شدن می گردد.

راهکار برای گاراژهای قدیمی:

از آنجایی که دالها با کابلهایی که دچار خوردگی شده اند، دیگر توانایی و ظرفیت لازم را برای مقابله با بارهای قائم، حتی در مجاورت قسمتهای مصون از آسیب، ندارند و همچنین ضعفهایی که در سطح اتصال رخ می دهد که به آنها اشاره شد، سلامت کلی سازه به خطر می افتد. همچنین با علم به این که کابلها از نفوذ رطوبت در امان نیستند و با از بین رفتن حتی چند کابل از ۶ کابل موجود، ایمنی سازه به خطر می افتد، نگرانی ها، به ویژه در گاراژهایی که حدود ۳۰ سال از عمرشان می گذرد، افزایش می یابد.

بر اساس عمر گاراژها، بار زنده طراحی در حدود ۵۰ psf در نظر گرفته می شود. آیین نامه این بار را برابر ۴۰ psf در نظر می گیرد و ۱۰ psf معادل ۲۰٪ ظرفیت را بعنوان ظرفیت رزرو در نظر گرفته است. طبق مطالعات صورت گرفته، با از دست رفتن ۱ کابل در حدود ۱۷٪ کاهش مقاومت را شاهد هستیم که از ظرفیت رزرو ۲۰٪ کمتر است و سازه هنوز ایمنی خود را حفظ خواهد کرد.

اما اگر تعداد کابل‌های از دست رفته به عدد ۲ برسد، کاهش مقاومتی در حدود ۳۳٪ را شاهد هستیم که این فراتر از ظرفیت رزرو آیین نامه است و ایمنی سازه به خطر خواهد افتاد. در این شرایط می بایست هر چه سریعتر از سیستم شمع آلومینیومی تیری شکل استفاده گردد. این شمعها در محلی که خوردگی اتفاق افتاده است و محدود به مرزهای دال قرار می گیرند. شمع ها با تیرهای فولادی اصلی که خود، تکیه گاه های اصلی دال هستند در ارتباط می باشند و به آنها تکیه می کنند. (شکل ۵)



شکل ۵

طبیعی است که در سطح فوقانی بدلیل وجود شبکه آرماتور قائم، تعمیر قسمتهای پیش ساخته و درجا با مشکلات بسیاری همراه باشد. دلیل اصلی آن عدم مقاومت کافی شبکه آرماتور برشی در خرابی های پیش رونده بتن اطراف می باشد. همچنین جایگزینی آرماتورهای برشی با ابزارهای دیگر نیز، نه از نظر اجرایی و نه از نظر اقتصادی امکان پذیر است و در نتیجه هر گونه اقدام به تعمیر سطوح فوقانی و تحتانی که با آرماتورهای برشی درگیر هستند باعث ضعف در عملکرد دال کامپوزیت می گردد.

چالش دیگری که در این دسته از سیستمهای سازه ای با آن مواجه هستیم، پدیده تردی هیدروژنی در کابلها می باشد که دلیل آن را می توان عدم وجود پوشش کافی بتنی در اطراف آرماتورها دانست که آنها را از توزیع غیر یکنواخت افزودنی حساب زا و حساسیت بتن به خرابی های ناشی از یخ زدگی و ذوب یخ ناشی می شود.

با توجه به مطالبی که ارائه گردید، عملی ترین و اقتصادی ترین روش نوسازی در گاراژهای قدیمی که دچار خوردگی و خرابی شده اند، حذف و جایگزینی دال کامپوزیت موجود می باشد. سیستم جایگزین می بایست شامل اطلاعاتی به این فرم باشند؛ ۳.۲۵ اینچ دال درجا که روی عرشه فلزی کامپوزیت به ضخامت ۳ اینچ قرار گرفته است تا ضخامت سیستم جایگزین در نهایت با ضخامت سیستم اولیه برابر شود.

راهکار برای گاراژهای جدید:

بهترین استراتژی برای گاراژهای جدیدالاحداث، کاهش و ممانعت از سرایت آلاینده های کلریدی، به منظور جلوگیری از کربناتی شدن دال و خوردگی کابلها می باشد. در اینجا نیز مشکل شبکه آرماتورهای قائم را خواهیم داشت و می بایستی شبکه فوقانی CIP را با روش دیگری جایگزین کنیم تا در عملکرد کامپوزیت دال پیش تنیده ضعفی پدیدار نگردد که البته درصد موفقیت سیستم جایگزین برای جلوگیری از پدیده ورقه ورقه شدن دالها غیر قابل پیش بینی می باشد. بنابراین توصیه می گردد روی یکی از سطوح که خرابی در آن رخ داده است، سیستم جایگزین نصب گردد و پتانسیل موفقیت سیستم مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین پس از تعمیر می بایستی به منظور حفاظت در برابر نفوذ مجدد رطوبت و کلرید موجود در آن، سطح تعمیر شده را با غشایی ضد آب بیوشانیم.

باید توجه داشت که حتی اگر تعمیر صورت گیرد و غشای محافظ نیز نصب گردد، باز هم امکان این وجود دارد در صورت وجود قسمتی که آلوده به کلرید است، خوردگی کابلها و نهایتاً خرابی صورت گیرد. همچنین بدلیل اینکه بتن در هر حال در معرض شرایط محیطی قرار دارد، رطوبت مورد نیاز برای خوردگی در آن ایجاد شود. راهکار توصیه شده برای جلوگیری از این اتفاق، نصب پوشش متالیزه کاتدی برای حفاظت سیستم سقف از آلودگی های کلریدی می باشد.

سیستم توصیه شده دارای این خصوصیت است که حفاظت آبی (گالوانیک) را بدون خرابی در فولاد پیش تنیده و تردی هیدروژنی انجام دهد. محل و سطحی که بایستی توسط این سیستم حفاظت شود بر اساس بررسی نتایج مقاومت الکتریکی مشخص می گردد. در این نواحی که در بررسی ها معین می گردد فوراً بایستی عامل رطوبت آلوده به کلرید کنترل و حذف گردد. بعضاً با انجام این آزمایش و شناسایی محل‌های مستعد خوردگی و با حذف عامل مخرب، یعنی رطوبت آلوده به کلرید، محل مورد نظر را بدون نیاز به سیستم حفاظتی از خرابی مصون نگه داشت.

نتیجه:

نتایج بررسی شده حاکی از آن است که دال‌های پیش ساخته و پیش تنیده به خوردگی حساس می باشند و با وجود خوردگی مقاومت مورد انتظار در طول عمر آنها کاهش می یابد. جالب است بدانید موسسه بین المللی پارکینگها کاهش این سیستمها را در سال ۲۰۰۴ در دستور کار خود قرار داده بود. بعلاوه تعدادی از شرکتهای مهندسی مشاور معتبر و فعال در زمینه طراحی سازه ای پارکینگها استفاده از سیستم مذکور را توصیه نمی کنند.

نویسنده: دی متیو استوارت، مدیر بخش سازه تیم پنانی در فیلادلفیا، پنسیلوانیا می باشد.