

تقویت دال بتنی با استفاده از الیاف کامپوزیت کربن

مرتضی ابراهیم زاده توکلی^۱، حمید وارسته پور^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات خراسان رضوی، گروه عمران، نیشابور، ایران

۲- استادیار، دانشگاه صنعت آب و برق، مشهد، ایران

Mortezatavaloli37@gmail.com

چکیده

امروزه به علت عوامل متعدد مانند تغییر آیین‌نامه‌های بارگذاری، تغییر کاربری، آسیب‌دیدگی و یا عدم اجرای مناسب نیاز به ارزیابی، بازنگری و طراحی مجدد سازه‌های موجود وجود دارد تا در صورت لزوم تقویت شوند. در این راستا، مقاوم‌سازی دال‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است مخصوصاً زمانی که سازه دچار آسیب‌دیدگی می‌شود لزوم مقاوم‌سازی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. لذا در این پژوهش تأثیر ورق‌های CFRP بر روی میزان باربری و نیز تغییر مکان ۶ دال بتنی به ابعاد ۳۰*۲۰۰*۱۰۰ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفته است. با بررسی نتایج آزمایشگاهی مشاهده گردید تقویت دال‌های موردنظر با الیاف CFRP تأثیر چشمگیری در مقاومت خمشی آن‌ها داشته بطوریکه تقویت دال‌ها با یک و دو لایه کربن سراسری در وجه تحتانی دال به ترتیب ۸۵٪ و ۸۹٪ نسبت به نمونه شاهد (بدون تقویت با CFRP) افزایش مقاومت داشته است. سپس تقویت دال‌های موردنظر با بال‌آمدگی ورق‌های تقویتی CFRP در یک لایه، دو لایه و سه لایه مورد بررسی قرار گرفته و مشاهده شد در این حالت مقاومت نهایی دال‌ها نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۱۱۸٪، ۱۵۲٪، ۲۰۸٪ افزایش مقاومت داشته است.

کلمات کلیدی: مقاوم سازی، دال دو طرفه، ورقه های CFRP، بتن

۱. مقدمه

در دو دهه‌ی گذشته خرابی‌های وسیعی در سازه‌های بتنی در اثر مسائل دوام رخ داده است. برآورد خسارات اقتصادی در اثر چنین خرابی‌هایی به چندین میلیارد دلار می‌رسد. [۱]
تعمیر و نگهداری در طول چند سال گذشته رشد چشمگیری به خود گرفته و درصد قابل توجهی از فعالیت‌های ساختمانی را به خود اختصاص داده است. روش‌های زیادی برای شناسایی علل خرابی‌های بتن و دسته‌بندی فراوانی برای این خرابی‌ها به عمل آمده است. [۲ و ۳]

دال‌ها وظیفه تحمل بارهای قائم را دارا می‌باشند ولی چون عملکرد دیافراگم افقی را نیز دارند، باید به اعضای مقاوم جانبی سازه اتصال داشته و از سختی و مقاومت کافی برخوردار باشد.

تلاش محققان در سال‌های اخیر در راستای مقاوم‌سازی به‌منظور تقویت ساختمان‌های فرسوده به خاطر بالا بردن ظرفیت خمشی اعضای بتنی باعث ارائه راهکارهای جدیدی در علم مهندسی ترمیم سازه‌ها شده است که با جایگزینی شیوه‌های جدید مقاوم‌سازی در جهت سهولت مقاوم‌سازی و بالا بردن ظرفیت سازه باعث شده تا مهندسين سازه رو به استفاده از سیستم‌های پلیمری تقویت‌شده با FRP بیاورند [۴ و ۵]، همچنین عدم ساخت‌وساز صحیح و اصولی بعضی از ساختمان‌ها و تأسیسات در گذشته و آسیب‌پذیر بودن آن‌ها در برابر زلزله را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سیاست‌های اصولی دولت در چند سال آینده قرار داد. در سال‌های اخیر آیین‌نامه‌های طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله با اهمیت بیشتری مورد توجه کارشناسان امر قرار گرفته است و همچنین بنا بر تحقیقات انجام‌شده، مقاوم‌سازی به شیوه‌های قدیمی پاسخ‌گوی مسائل امروزه سازه‌ها نبوده و یافتن راه‌کارهای جدید جهت ترمیم و بهسازی سازه‌های موجود از چالش‌های اساسی مهندسين سازه می‌باشد.

[۶ و ۷]

۲. مدل سازی

در این پژوهش، ۶ عدد دال بتنی غیرمسلح، با استفاده از الیاف CFRP به طرق مختلف تقویت شده است و در دانشگاه فردوسی تحت آزمایش خمش ۴ نقطه ای قرار گرفته است.

دال‌های بتنی با طرح اختلاط عیار ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب که در جدول ۱ مشخصات آن نمایش داده شده است ساخته شد و پس از ۲۸ روز آماده جسابندن FRP می‌شود. [۸]

جدول ۱- طرح اختلاط عیار ۳۵۰

سیمان	آب	شن	ماسه
۳۵۰	۱۷۵	۱۲۰۰	۹۰۰

هم چنین با استفاده از الیاف CFRP که در جدول ۲ مشخصات آن نمایش داده شده است. [۹]

جدول ۲- مشخصات CFRP مصرفی







نوع الیاف	ضخامت الیاف (mm)	مقاومت کششی نهایی (MPa)	مدول الاستیسیته کششی (GPa)
Carbon Wrap System (CF)	۰,۱۱	۴۹۰۰	۲۳۰

۳. مسلح کردن دال های بتنی

پس از عمل آوری، نمونه‌ها از حوضچه در آورده شده و پس از خشک شدن، آماده تقویت با ورق CFRP می‌گردند. در این مرحله بایستی سطحی از بتن که قرار است تقویت گردد، توسط دستگاه ساب یکنواخت گشته و کلیه ناهمواری‌های آن از بین برود. همچنین توسط دستگاه ساب می‌توان کل ضخامت دال بتنی را در صورتی که دارای ضخامت‌های نابرابر باشند، هم ضخامت نمود. [۱۰ و ۱۱]

در این پژوهش، هر کدام از دال‌های بتنی با تعداد لایه‌های متفاوت و مطابق جدول ۳ توسط ورق‌های CFRP تقویت گردیدند.

جدول ۳- مشخصات دال بتنی و لایه های CFRP

SLAB	Concrete Dimension	Concrete & CFRP Cross-Section
Slab A	1000*191*31 mm	
Slab B	1000*191*31 mm	
Slab C	1000*191*31 mm	
Slab D	1000*191*31 mm	
Slab E	1000*191*31 mm	
Slab F	1000*191*31 mm	

۴. آزمایش خمش چهارنقطه ای

کلیه آزمایش‌هایی که توسط سیستم‌های الکترونیکی بارگذاری می‌گردند، به صورت Load Control و Displacement Control قابل کنترل می‌باشند. لذا در این پژوهش از روش Displacement Control که دقت ثبت تغییر مکان بالایی دارد، استفاده خواهد شد. دال‌های تقویت شده تحت آزمایش خمش قرار می‌گیرند که نتایج آن در جدول ۴ نمایش داده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمایش‌ها

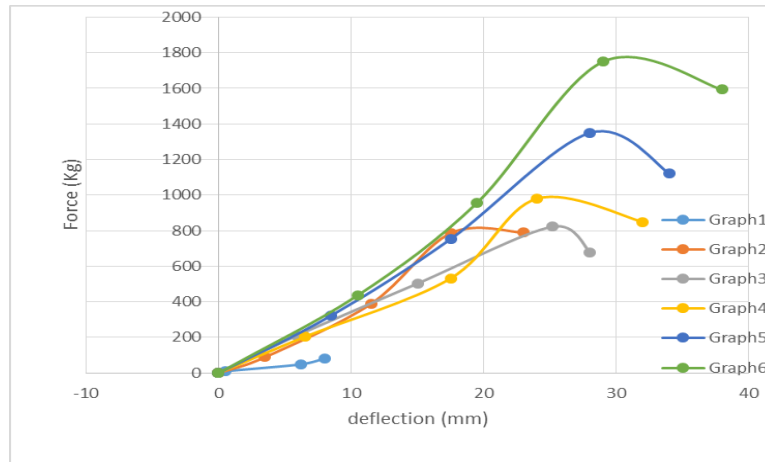
SLAB	Force (Kg)	Displacement (mm)
SLAB A	83	0.08
SLAB B	789	0.23
SLAB C	823	0.28
SLAB D	980	0.32
SLAB E	1350	0.34

SLAB F	1750	0.38
--------	------	------

هم چنین تصاویر دال ها بعد شکست در شکل ۱ و مقایسه نیرو و تغییر مکان دال ها در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱- شکست دال های بتنی در آزمایش خمش



شکل ۲- مقایسه دال های بتنی تحت آزمایش خمش

۵. نتیجه گیری

پس از انجام آزمایشات مشاهده گردید دال های بتنی تقویت شده با چند لایه CFRP با بالامدگی در ۴ وجه نسبت به تقویت سراسری دال در وجه تحتانی افزایش مقاومت چشمگیری داشته بطوریکه در نمونه Slab 6 که بهترین نمونه از لحاظ بار نهایی آزمایشگاهی بوده ۲۰ برابر نسبت به نمونه شاهد افزایش مقاومت را شاهد بودیم و در حالت کلی با افزایش تعداد هر لایه تغییر مکان آن نمونه نیز افزایش پیدا کرده است.

۶. مراجع

- [1] Supaviriyakit, T., Pornpongsaroj, P. and Pimanmas, A, Finite element analysis of FRP-strengthened RC beams , Song klanakarin J. Sci. Techno, 26(4), 497-507, 2004.
- [2] NIST, 2007, Best Practices for reducing the potential for progressive collapse in building. Us National Institute of standards and Technology (NIST).
- [3] King.S, Delatte.N, "collapse of 2000 common wealth Avenue. Punching shear case study , "Journal of performance of constructed facilities, ASCE, 2006.
- [4] Gene.W, P.Malkar. corely, sozenad c. Thornton.M, "The Oklahoma city Bombing: Summary and Recommendations For Multi Hazard Mitigation", Journal of performance of structured facilities, ASCE, 1998.
- [5] Statement Of Chairman Floyd D.Spence On The Bombing Of Khobar Towers, Press Release House National Security Committee Floyd D.Spence, Chairman. For Immediate Release, 1996.

[۶] راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی بهسازی ساختمان های بتنی موجود با استفاده از مصالح تقویتی FRP ، نشریه شماره ۳۴۵، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵

[۷] راهنمای روش ها و شیوه های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و جزئیات اجرایی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه شماره ۵۲۴

- [۸] منصوری، بابک و زارع زاده مهریزی، محمدجواد (۱۳۹۰) "تأثیر دورپیچ کردن نمونه‌های بتنی خود تراکم با استفاده توأم از مواد پلیمری (CFRR+GFRP)، سومین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، مهرماه
- [۹] ساکی، محمد. ۱۳۹۳. بررسی استفاده از FRP برای کاهش ضخامت دال بتنی دوطرفه. اولین همایش معماری، عمران و محیط‌زیست شهری
- [۱۰] جعفری تیرآبادی. یاسین و وارسته پور، حمید. ۱۳۹۳، تقویت خمشی دال‌های بتنی با بتن‌های UHPC بدون میلگرد و مسلح با صفحات کربنی CFRP، ششمین کنفرانس سالیانه بتن، تهران، ایران
- [۱۱] رضایی، فریدون و مینا علیقلی ۲۰۰۹. آنالیز اجزای محدود دال‌های بتن مسلح تقویت‌شده با ورق‌های CFRP