

## تحکیم تاوه بتنی

سایان سیریمونتری<sup>۱\*</sup>

۱. دانشگاه تاماسات، تایلند.

بونسپ ویچایانگون<sup>۲</sup>

۲. دانشگاه تاماسات، تایلند.

کریتیا لریوکاسمبات<sup>۳</sup>

۳. دانشگاه تاماسات، تایلند.

پنگپوم سورنچومکاو<sup>۴</sup>

۴. دانشگاه راجامانگلا، تایلند.

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۲۰

تاریخ قرارگیری روی سایت: ۹۷/۸/۲۶

**چکیده** | این تحقیق تجربی به منظور یادگیری رفتارهای موجی تاوه‌های بتن مسلح با روکش بتن انجام شده است که تحت بارگذاری استاتیک قرار دارند. پارامترهای اصلی این بررسی ضخامت روکش بتن و سطح تراز سنگ بستر بین تاوه و روکش بتنی، با و بدون رابط برشی است. نتایج تجربی نشان می‌دهد که سختی خمشی و ظرفیت خمشی نهایی تاوه با روکش بتنی می‌تواند در مقایسه با گروه کنترل به‌طور چشمگیری برای تمام سطوح اتصال افزایش داشته باشد. انعطاف‌پذیری تاوه تقویت‌کننده با رابط برشی بیشتر از انعطاف‌پذیری تاوه، بدون رابط برشی است. رابط همچنین می‌تواند گسیختگی ترد برش و جداسازی سطح تماس را تجربه کند که به دلیل جریان برش زیاد تاوه بالایی بدون رابط برشی و لایه ضخیم بتنی به وجود می‌آید. این مسئله باید در ملاحظات مربوط به طراحی، لحاظ شود.

**واژگان کلیدی** | عمل مرکب، روکش بتنی، رابط برشی.

انجام شود. می‌توان بتن تخریب‌شده بر روی تاوه بتنی را برداشت و به جای آن از بتنی با کیفیت بالا استفاده کرد. رفتارهای خمشی تاوه بتن تقویت‌شده با استفاده از روکش بتن با انواع مختلف روکش سطح بین تاوه و روکش بتن تحت بارگذاری استاتیک در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.



تصویر ۱: فرسودگی سطحی پل بتنی به دلیل آتش‌سوزی و ساییدگی. مأخذ: نگارندگان.

**مقدمه** | تاوه بتنی تقویت‌شده (RC) در تایلند در ساخت پل‌های کوتاه و متوسط مورد استفاده قرار گرفته است. تضعیف تاوه بتنی تقویت‌شده می‌تواند ناشی از دلایل زیر باشد: بار زیاد حمل‌ونقل غیرقانونی، آسیب‌های احتمالی آتش‌سوزی، سایش ناشی از ترافیک و خوردگی مقاومت فولاد به علت کربنیزه شده بتن و آسیب کلرید که به لایه‌لایه شدن روکش بتنی می‌انجامد. تصویر ۱ دو نمونه از خرابی‌های دکل تاوه بتنی تقویت‌شده را در اثر آتش‌سوزی و سایش را نشان می‌دهد. عملکرد تاوه بتنی، از نظر قدرت و سختی، می‌تواند در طول زمان کاهش یابد. تعمیر و نگهداری باید پس از ارزیابی پل ساخته‌شده با تاوه

\* نویسنده مسئول ssayan@engr.tu.ac.th

شماره تماس: ۰۱-۵۶۴۳۰۰۱-۲-۶۶+

## پیشینه پژوهش

بعضی از زیرساخت‌های شهری رو به نابودی هستند. بسیاری از محققان برای تقویت یا تحکیم سازه‌های بتنی از پلیمرهای تقویت‌کننده الیاف کربنی (FRP) استفاده می‌کنند.

باروس و سنا کروز (Barros & Sena-Cruz) در سال ۲۰۰۱ با استفاده از ورقه‌های پلیمر تقویت‌شده فیبر کربن (CFRP)، لایه‌های تقویت‌شده بتن تقویت‌شده (SFRC) و استفاده هم‌زمان از ورقه‌های CFRP و SFRC به‌عنوان راهکاری تقویتی، یک شبیه‌سازی با استفاده از مدل عددی انجام دادند تا راهی برای افزایش ظرفیت مقاومتی یک تاوه بتنی پیدا کنند.

موسلم و مسلم (Mosallam & Mosalam) در سال ۲۰۰۳ یک تحقیق تجربی و تحلیلی برای ارزیابی پاسخ نهایی تاوه‌های تقویت‌نشده و تقویت‌شده بتنی، ترمیم و تکمیل‌شده با ورقه‌های کامپوزیت پلیمرهای تقویت‌شده فیبر (FRP) ارائه کردند. در موارد تعمیر، نتایج آزمون سیستم‌های FRP موفقیت‌آمیز بود چراکه این سیستم در مقایسه با تاوه تقویت‌نشده، ۵ برابر افزایش مقاومت داشت. برای موارد مقاوم‌سازی، دستگاه‌های FRP می‌توانند ظرفیت ساختاری تاوه‌ها را تا ۵۰ درصد برای نمونه‌های تقویت‌نشده و ۲۰۰ درصد در نمونه‌های تقویت‌شده فولاد، افزایش دهند.

پیانگ و همکاران (Piyong et al) در سال ۲۰۰۳ با استفاده از ورقه‌های CFRP تحت بار استاتیک چهارنقطه‌ای، عملکرد خمشی یک تاوه بتنی تقویت‌شده با سیستم پیش‌تنیدگی سه‌مرحله‌ای را آزمایش کردند. این بارگذاری بر روی تاوه بتنی، خیز نیم‌رخ‌ی به وجود آورد، به طوری که پس از آزاد شدن سیستم‌های پیش‌تنیده از بار، در ورق CFRP، تنش‌های اولیه به وجود آمد. در این آزمایش سه تیر مهار FRP شیشه‌ای (GFRP)، در هر قسمت از صفحات از پیش‌تنیده FRP، برای جلوگیری از جدا شدن ورقه‌های CFRP نصب شد. تیرهای مهار GFRP از رشته‌هایی از الیاف شیشه‌ای آغشته به صمغ ساخته شده بودند. یافته‌های این تحقیق نشان داد ظرفیت خمشی این تاوه‌ها با استفاده از سیستم پیش‌تنیدگی سه‌مرحله‌ای، ۸۰ درصد تقویت شده است. سیستم پیش‌تنیده سه‌مرحله‌ای با تیرهای مهار GFRP می‌تواند کارایی و ظرفیت تاوه را افزایش دهد.

بوتیلار و همکاران (Buitelaar et al) در سال ۲۰۰۴ کاربرد سیستم روکش بتنی تقویت‌شده با عملکرد بالا را برای بازسازی و تقویت عرشه فولادی پل‌های دوسانگرد بررسی کردند. آنها در این تحقیق به بررسی توسعه روکش RHPC،

خواص روکش RHPC و اولین کاربرد آن در یک عرشه دوسانگرد در هلند پرداختند.

ثانون و همکاران (Thanoon et al) در سال ۲۰۰۵ مطالعه‌ای را در مورد تعمیرات و عملکرد ساختاری تاوه‌هایی که از ابتدا ترک‌خورده و از یک‌طرف با پنج روش متفاوت (دوغاب سیمان، تزریق چسب، لایه ساروج تقویت‌شده، نوار فیبر کربنی و توسعه بخشی) مسلح شده‌اند، ارائه کردند. تا مرز شکست بر این تاوه‌ها فشار وارد شد و واکنش ساختاری هر یک از نمونه‌های تاوه از لحاظ انحراف، تغییر فشار در بتن و فولاد، بارهای فروپاشی و حالت‌های شکست پیش‌بینی شده است. تمام ترندهای تعمیر توانستند ظرفیت ساختاری تاوه بتنی ترک‌خورده یک‌طرفه را افزایش دهند یا بازگردانند.

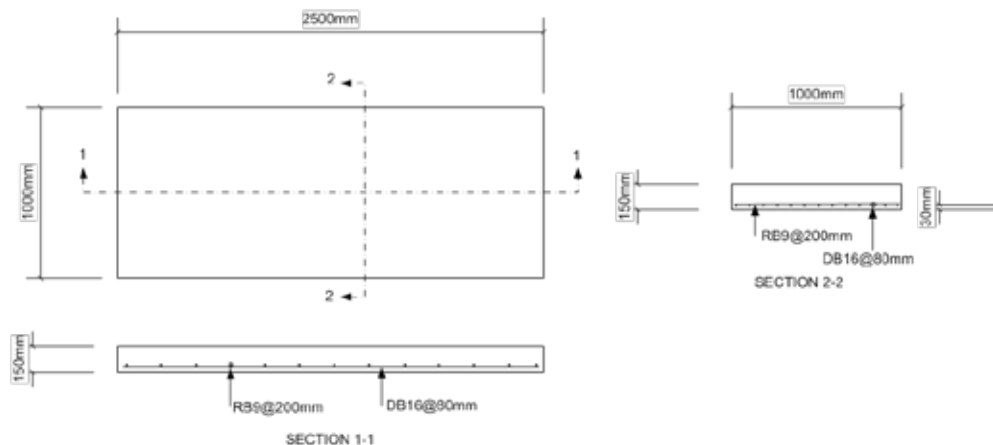
ویلیامز و همکاران (Williams et al) در سال ۲۰۰۶ با انجام یک مطالعه آزمایشی و عددی، عملکرد چهار تاوه بتنی تقویت‌شده با عایق FRP را در هنگام آتش‌سوزی با آزمایش آتش‌سوزی استاندارد (ASTM E119) بررسی کردند. برای پیش‌بینی رفتار عضوی در آتش، از مدل عددی استفاده شده است. پیش‌بینی‌های مدل با داده‌های آزمایش به شکل رضایت‌بخشی هم‌خوان بود. این مطالعه نشان داد که تاوه‌های بتنی تقویت‌شده با عایق بندی FFR درست طراحی شده می‌توانند مقاومت رضایت‌بخشی در مقابل آتش داشته باشند. برای اثبات این مورد، نیاز به انجام آزمایش‌های گسترده است.

این روش برای تقویت تاوه بتنی روش جدیدی را با استفاده از روکش بتنی پیشنهاد می‌دهد و استفاده از آن به ندرت در تحقیقات موجود یافت می‌شود. ضخامت روکش بتنی و سطح تماس بین تاوه و روکش بتنی، با و بدون رابط برشی، به عنوان معیار متمرکز بر سختی و ظرفیت خمشی نهایی تاوه استفاده می‌شود.

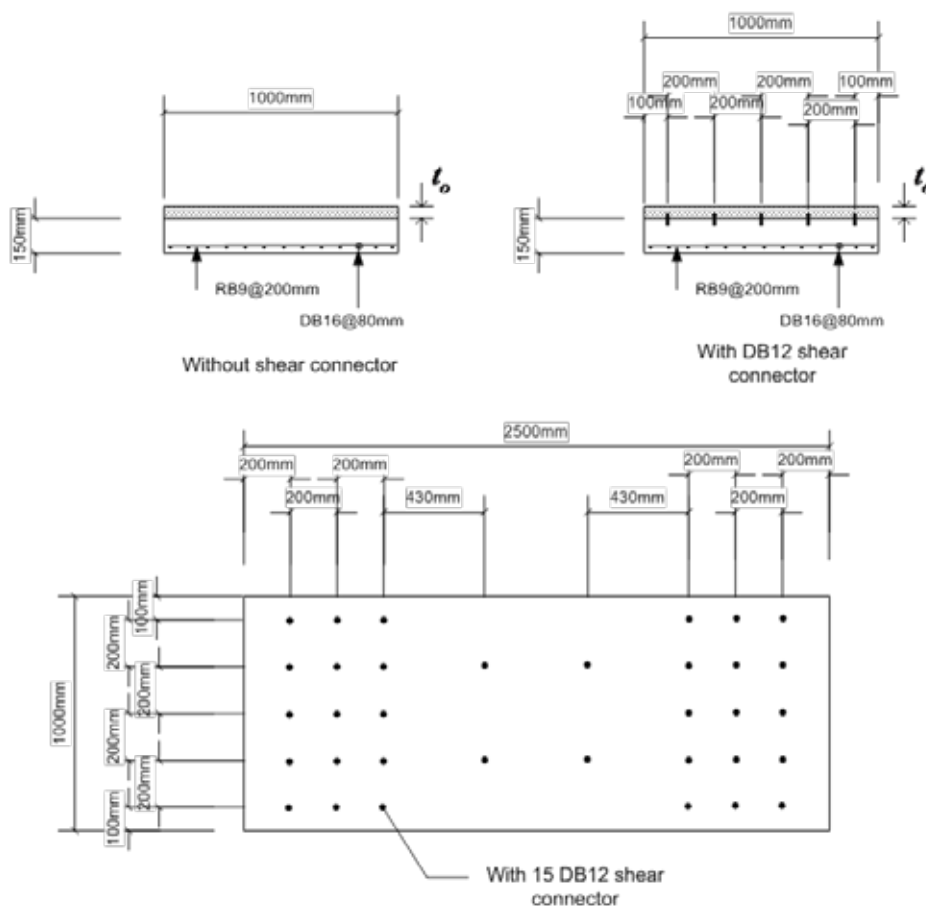
## مطالعه تجربی

دو سری نمونه آزمایشی برای مطالعه رفتارهای خمشی تاوه یک‌طرفه با یا بدون پوشش بتن، تحت بارگذاری استاتیک، انجام می‌شود. جزئیات نمونه‌ها در تصاویر ۲ و ۳ و جدول ۱ نشان داده شده است. ابعاد و مقاومت تاوه بتنی مرجع، طوری طراحی شده است که در تمام سری‌های آزمون یکسان باشند. در سری اول آزمایش، رابط برشی مناسب بین تاوه و روکش بتن ارائه شده است و ضخامت روکش بتنی مورد استفاده در تقویت اسکلت تاوه مرجع به ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر متفاوت است.

### جستار



تصویر ۲: جزئیات نمونه تاول مرجع. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۳: جزئیات نمونه‌های تاول با روکش و با یا بدون رابط برشی. مأخذ: نگارندگان.

به‌عنوان رابط برشی استفاده شده است. فیبر بالای تاول RC حفاری می‌شود و سیمان بدون جمع‌شدگی قبل از قراردادن رابط برش، در حفره ریخته می‌شود. تصاویر آماده‌سازی نمونه در تصویر ۴ آمده است.

همان‌طور که در تصویر ۵ نشان داده شده است برای سومین تست خمش نقطه‌ای، یک بار با نقطه فشار بر

در سری دوم آزمایش‌ها ۲ تاول مرجع با ۱۰ میلی‌متر سیمان ضخیم پوشش داده می‌شوند، یکی با رابط برشی و دیگری بدون آن. استحکام میانگین مواد مورد استفاده در تهیه نمونه تاول، در جدول ۲ آمده است. رابط‌های برشی مناسب طراحی و میان فیبر بالای تاول RC و روکش بتنی قرار داده شده است. میلگرد آجدار با قطر ۱۲ میلی‌متر



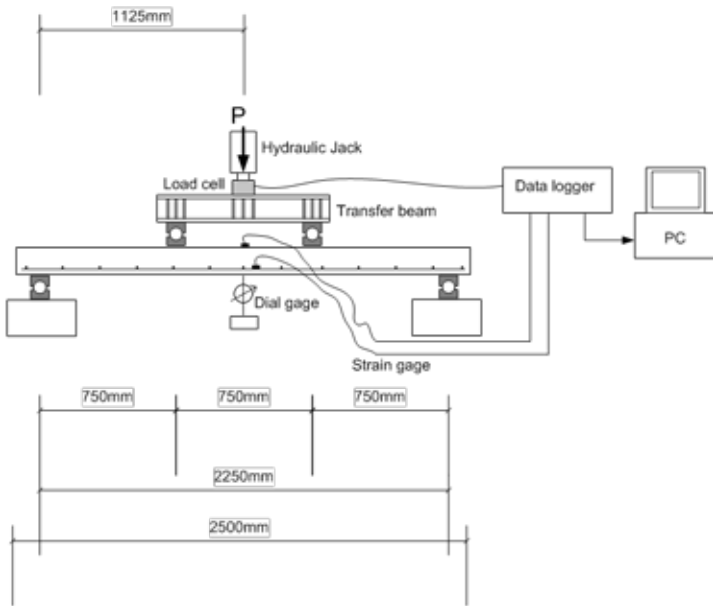
تصویر ۴: آماده سازی نمونه آزمایش. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۱: جزئیات نمونه. مأخذ: نگارندگان.

سری آزمایش	نام نمونه	ضخامت روکش بتن / سانتی متر	ملاحظات
۱	SR	-	نمونه مرجع
	SO-5-SC	۵	با رابط برشی
	SO-10-SC	۱۰	با رابط برشی
	SO-15-SC	۱۵	با رابط برشی
۲	SR	-	نمونه مرجع
	SO-10-SC	۱۰	با رابط برشی
	SO-10-NSC	۱۰	بدون رابط برشی

جدول ۲: استحکام متوسط مواد مورد استفاده در تهیه نمونه آزمایشی. مأخذ: نگارندگان.

تاوه بتنی	روکش بتنی	فولاد میلگرد آجدار	میلگرد نرم
Fc(MPa)	Fc(MPa)	Fy(MPa)	Fy(MPa)
۲۴.۹	۱۸.۶	۳۳۶.۸	۲۷۹.۶



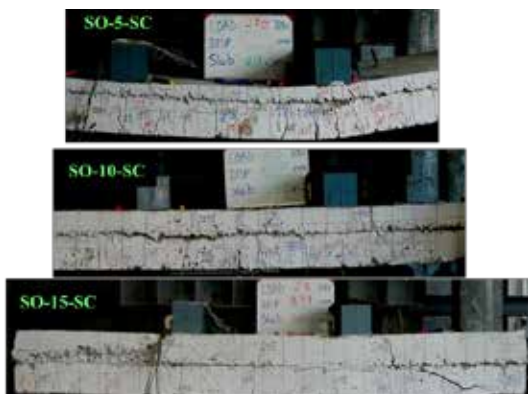
تصویر ۵: طرح آزمایش نمونه تاول. مأخذ: نگارندگان.

روی تاوله نمونه قرار می‌گیرد. بار توسط جک هیدرولیکی به فشارسنج انتقال می‌یابد که می‌توان به کمک داده بردار بار انتقالی را مشاهده کرد. تغییر شکل، انحراف در مرکز و فشار (بتن و فولاد) نیز از طریق داده بردار قابل مشاهده است. کامپیوتر می‌تواند داده‌های بار و تغییر شکل را ثبت کند. آزمایش تاوله نمونه در تصویر ۵ توصیف شده است.

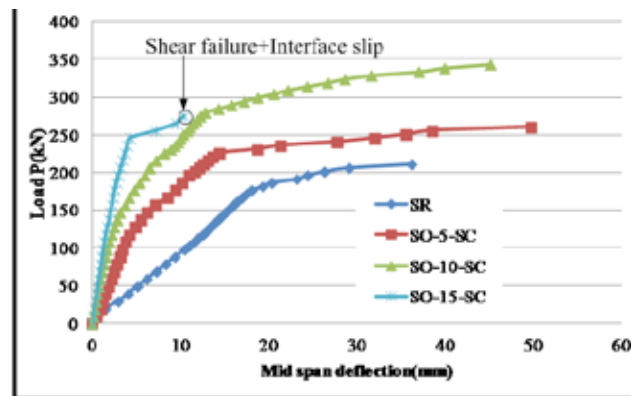
## نتایج نتایج آزمایش

رابطه بین بار مرکز دهانه و خرابی نمونه‌های سری I و II در تصاویر ۶-۹ نشان داده شده است. مقاومت و سختی نمونه آزمایشی در جدول ۳ خلاصه شده است.

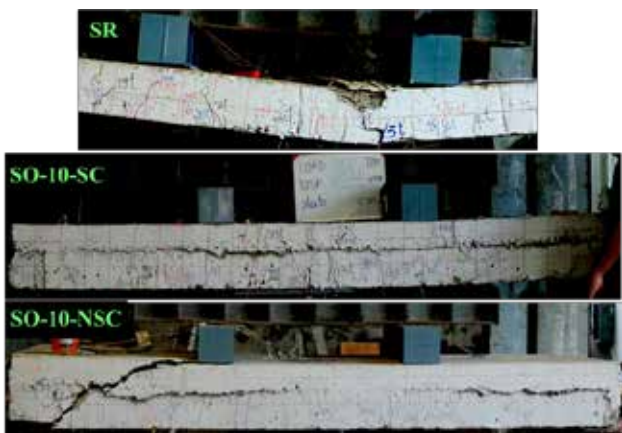
### بحث



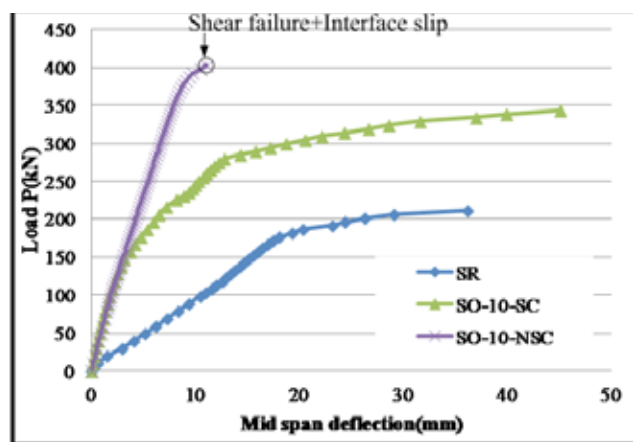
تصویر ۷: خرابی سری اول آزمایش‌ها. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۶: رابطه بین بار و انحراف مرکز سری ۱ آزمایش‌ها. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۹: حالت خرابی سری دوم آزمایش‌ها. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۸: رابطه بین بار و انحراف مرکزی سری ۲ آزمایش‌ها. مأخذ: نگارندگان.



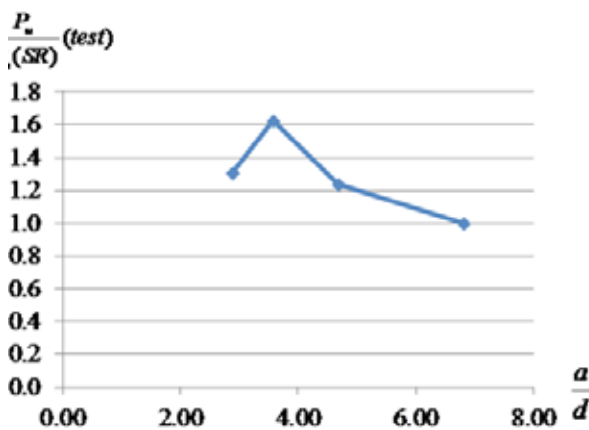
$\frac{T_o}{T_{SR}}$	a/d	$P_u$ (test) kN	$P_u$ (predicted) kN	$\frac{P_u}{P_u(SR)}$ (test)	$\frac{P_u(predicted)}{P_u(test)}$	$\frac{EI}{EI_{SR}}$	اسم نمونه	سری آزمایش	حالت خطا
۰.۰۰	۶.۸۲	۲۱۰.۹	۱۷۰.۹	۱.۰	۰.۸۱	۱.۰۰	SR	۱	خمشی
۰.۳۳	۴.۶۹	۲۶۰.۰	۲۶۹.۵	۱.۲	۱.۰۴	۳.۰۳	SO-5-SC	۱	خمشی
۰.۶۷	۳.۵۷	۳۴۳.۴	۳۶۸.۱	۱.۶	۱.۰۷	۵.۸۱	SO-10-SC	۱	خمشی
۱.۰۰	۲.۸۸	۲۷۴.۷	۴۶۶.۷	۱.۳	۱.۷۰	۸.۲۳	SO-15-SC	۱	برش+لغزش سطح اشتراک
۰.۰۰	۶.۸۲	۲۱۰.۹	۱۷۰.۹	۱.۰	۰.۸۱	۱.۰۰	SR	۲	خمشی
۰.۳۳	۳.۵۷	۲۶۰.۰	۲۶۹.۵	۱.۲	۱.۰۴	۵.۸۱	SO-10-SC	۲	خمشی
۰.۳۳	۳.۵۷	۴۰۷.۱	۳۶۸.۱	۱.۹	۰.۹۰	۵.۶۹	SO-10-NSC	۲	برش+لغزش سطح اشتراک

گسیختگی ترد برش در نمونه با لایه ۱۵ سانتی‌متری مشاهده می‌شود (SO-15-SC). شکاف توسط کشش قطری در نزدیکی تکیه‌گاه تاوه موجود آغاز شده و به رابط بین تاوه و روکش بتن انتقال می‌یابد (تصویر ۶).

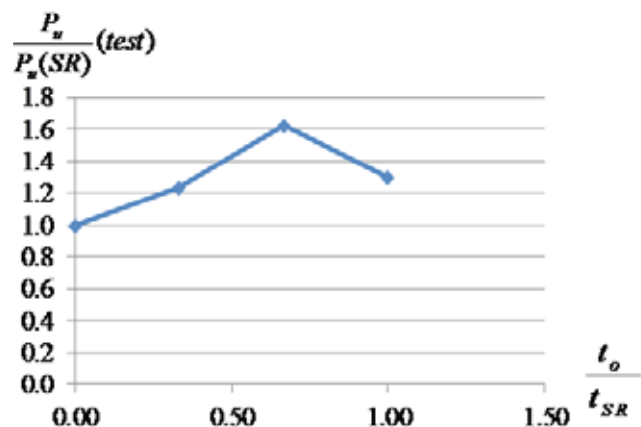
با توجه به داده‌های این تحقیق، می‌توان پیشنهاد کرد که نسبت  $\frac{T_o}{T_{SR}}$  نباید بیش از ۰.۶۷ و  $\frac{a}{d}$  نیز نباید کمتر از ۳.۵۷ باشد. در غیر این صورت باید از آرماتور برشی را برای جلوگیری از شکست ناگهانی به علت برش، استفاده کرد. آرماتور برشی عمودی یا شیب‌دار می‌تواند در صورت نیاز، قبل از اتصال بتن در تاوه نصب شود. مقاومت کششی تاوه را می‌توان با استفاده از روش سازگاری کششی و با استفاده از بلوک تنش برابر پیشنهاد شده توسط ACI، برای نیروی فشرده‌سازی داخلی در بخش بتن تاوه مرجع و تاوه با روکش برای  $\frac{a}{d} \leq 3.57$  (جدول ۳) پیش‌بینی کرد. این به علت پیوند ناقص میان رابط تاوه و روکش بتن،

### سری اول تست تاوه باروکش بتن و رابط برش

با توجه به تصویر ۶ و جدول ۳ مشاهده می‌شود که مقاومت و انعطاف‌پذیری تاوه بتنی را می‌توان با افزودن یک لایه بتنی دیگر افزایش داد. این به دلیل افزایش ارتفاع مؤثر تاوه و بازوی گشتاور تراکم داخلی و نیروی کششی ناشی از خم‌شدن است. انعطاف‌پذیری را می‌توان از طریق ظرفیت تغییر شکل قبل از شکست بیان کرد. بهبود انعطاف‌پذیری به دلیل افزایش عمق مؤثر به علت روکش بتن منجر به کاهش ضریب فولاد می‌شود ( $\frac{A_s}{A_c}$ ). همان‌طور که در تصاویر ۹ و ۱۰ دیده می‌شود افزایش مقاومت خمشی به نسبت ضخامت پوشش به ضخامت تاوه ( $\frac{T_o}{T_{SR}}$ ) و نسبت دهانه برش به نسبت عمق مؤثر ( $\frac{a}{d}$ ) محدود می‌شود. علت این مسئله را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که به طور کلی مقاومت برشی بخش تاوه بدون خاموت محدود می‌شود و منجر به ایجاد مقاومت خمشی نهایی نمی‌شود.



تصویر ۱۱: اثر دهانه برش به نسبت عمق مؤثر بر مقاومت خمشی نمونه (سری ۱). مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۰: اثر ضخامت روکش در مقاومت خمشی نمونه‌های تاوه (سری ۱). مأخذ: نگارندگان.

## سری دوم آزمایش‌ها (تاوه پوششی بدون رابط برش)

در این مرحله از آزمایش، دو تاوه با ضخامت بتنی ۱۰ میلی‌متری با و بدون رابط برش بین سطح تماس تا مرز شکستگی آزمایش شده‌اند. با توجه به تصویر ۸ و جدول ۳ مشاهده می‌شود که ظرفیت خمشی تاوه تقویت‌کننده بالای نمونه مرجع افزایش یافته است. ظرفیت خمشی نمونه با رابط برشی کمی کمتر از نمونه بدون اتصال برشی، اما انعطاف‌پذیری آن بیشتر است. این به علت عملکرد رابط برش است که مانع از لغزش سطح تماس تاوه می‌شود و همچنین روکش بتن که منجر به انجام یک عمل مرکب می‌شود. در نمونه‌های بدون رابط برش، گسیختگی ترد برش مشاهده می‌شود. ترک توسط تنش قطبی برش مجاور برای پشتیبانی تاوه مرجع ایجاد می‌شود و تا سطح تماس تاوه بالایی و روکش بتنی پیش می‌رود.

لازم به ذکر است که اتصال کامل بین تاوه و روکش بتن در نمونه روکش شده بدون رابط برش (SO-10-NSC) منجر به افزایش ظرفیت خمشی نسبت به نمونه با رابط برش (SO-10-SC) می‌شود که می‌توان در تصویر ۳ مشاهده کرد. اما حالت خرابی، برشی و سطح مشترک لغزنده است. لغزندگی سطح تماس SO-10-SC توسط رابط برش گرفته می‌شود که باعث شکل‌پذیری بیشتری از SR و SO-10-NSC می‌شود (تصویر ۱۲).

## نتیجه‌گیری

رفتار خمشی تاوه تقویت‌شده با روکش بتن در آزمایش بررسی می‌شود. ضخامت روکش و رابط برشی مکانیکی بین تاوه بالا و روکش بتن به عنوان پارامترهای اصلی در نظر گرفته می‌شوند.

عمل مرکب بین تاوه بالا و روکش بتنی می‌تواند به وسیله رابط برشی مکانیکی به افزایش مقاومت خمشی، سختی و انعطاف‌پذیری تاوه‌ها منجر شود. با توجه به داده‌های آزمایش می‌توان پیشنهاد کرد که نسبت ضخامت روکش در مقایسه با ضخامت تاوه موجود نباید بیش از ۰.۶۷ باشد و نسبت دهانه برشی به عمق مؤثر نباید کمتر از ۳.۵۷ باشد در غیر این صورت باید برای جلوگیری از خرابی ناگهانی برش آن را تقویت کرد. در صورت نیاز، تقویت برش عمودی یا شیب‌دار می‌تواند قبل از تریق بتن در تاوه انجام شود.

تاوه‌های تقویت‌شده توسط روکش بتنی بدون رابط‌های

برای تاوه‌ای با نسبت  $\frac{T_o}{T_{SR}}$  بالا است که کاملاً در محاسبه مقاومت خمشی با استفاده از روش سازگاری کشش در نظر گرفته شده است. با این حال، به عکس باور بر این است که یک تاوه عمل مرکب با روکش بتن، یک کامپوزیت عملی جزئی برای نسبت  $\frac{T_o}{T_{SR}}$  بالا است، حتی اگر در آن رابط برش به کار رفته باشد. این به دلیل جریان برش افقی زیاد در رابط تاوه و روکش بتن برای یک تاوه با نسبت  $\frac{T_o}{T_{SR}}$  بالا است.

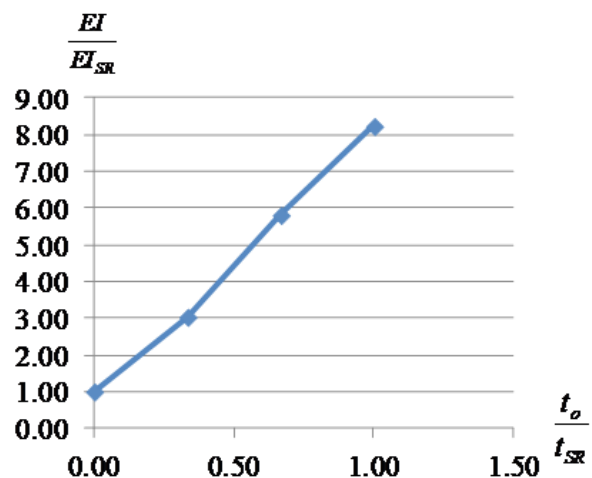
## مقاومت خمشی نمونه‌های تاوه

انحراف تاوه را می‌توان با افزایش سختی خمشی کاهش داد که در شرایط بارگذاری سرویس سختی خمشی (EL) نشان داده می‌شود. استحکام خمشی اعضای انعطاف‌پذیر ترک‌خورده به‌عنوان سختی خمشی مؤثر ( $EI_e$ ) شناخته می‌شود. این مقدار را می‌توان در هر مرحله چه بعد و چه قبل از ترک‌خوردگی با فرمول زیر محاسبه کرد.

$$\Delta_{\max} = \frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$$

L = طول دهانه  
a = طول دهانه برش  
E = ضریب قابلیت ارتجاعی بتن  
I = گشتاور لخته‌ای بخش تاوه  
EI = استحکام خمشی مؤثر

EI (سختی خمشی) اینجا در بار سرویس محاسبه می‌شود که به‌عنوان نصف بار نهایی نمونه مرجع (SR) تعریف می‌شود. با توجه جدول ۳ و تصویر ۱۱ می‌توان دید که استحکام خمشی تاوه مرجع در تمام تاوه‌های تقویت‌شده، بهبود یافته است.



تصویر ۱۲: اثر ضخامت روکش بر سختی خمشی. مأخذ: نگارنده.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از آقای تاناپل کومفان، آقای انوات کروتومنا و آقای جتسادا بوآنانگ برای همکاری در ساخت نمونه‌های آزمایش و انجام آزمایش‌ها کمال تشکر را دارند.

برشی می‌توانند برای افزایش مقاومت خمشی و سختی استفاده شوند، اما حالت شکست و یا خرابی ممکن است به دلیل برش و گسیختگی ترد اتفاق بیفتد. مطالعات بیشتری لازم است تا اثر ضخامت روکشی بر روی رفتارهای خمشی تاوه تقویت‌کننده بدون رابط برش دقیقاً درک شود.

### فهرست منابع

- Barros, J. A. & Sena-Cruz, J. (2001). *Strengthening a prestressed concrete slab by epoxy-bonded FRP composites and SFRC overlay*. In 7th International Conference on Inspection Appraisal Repairs & Maintenance of Buildings & Structures: 211-218.
- Buitelaar, P., Braam, R., & Kaptijn, N. (2004, August). *Reinforced high performance concrete overlay system for rehabilitation and strengthening of orthotropic steel bridge decks*. In Orthotropic Bridge Conference, Sacramento, USA (pp. 384-401). Available from: [http://www.confalt.de/uploads/tx\\_mpdownloadcenter/pp\\_fp\\_2004\\_003\\_eng.pdf](http://www.confalt.de/uploads/tx_mpdownloadcenter/pp_fp_2004_003_eng.pdf) (Accessed 25 July 2017).
- Mosallam, A. S., & Mosalam, K. M. (2003). Strengthening of two-way concrete slabs with FRP composite laminates. *Construction and building materials*, 17(1): 43-54.
- Piyong, Y., Silva, P. F., & Nanni, A. (2003). *Flexural strengthening of concrete slabs by a three-stage prestressing FRP system enhanced with the presence of GFRP anchor spikes*. In *Proceedings of the International Conference Composites in Construction (CCC2003)*. Available from: <http://www6.miami.edu/cici/Documents/Conferences/2004/CF%202004%20Yu%202.pdf> (Accessed 25 July 2017).
- Thanoon, W. A., Jaafar, M. S., Kadir, M. R. A., & Noorzaei, J. (2005). Repair and structural performance of initially cracked reinforced concrete slabs. *Construction and Building Materials*, 19(8), 595-603.
- Williams, B., Bisby, L., Kodur, V., Green, M., & Chowdhury, E. (2006). Fire insulation schemes for FRP-strengthened concrete slabs. *Composites Part A. Applied Science and Manufacturing*, 37(8): 1151-1160.

#### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the authors with publication rights granted to Manzar journal. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



#### نحوه ارجاع به این مقاله

سیریمونتری، سایان، تحکیم تاوه بتنی. مجله منظر، ۱۰ (۴۴): ۶۷-۶۰.

DOI: 10.22034/manzar.2018.76866

URL: [http://www.manzar-sj.com/article\\_76866.html](http://www.manzar-sj.com/article_76866.html)

