



روسازی بتنی پیش ساخته از سیمان پرتلند

دکتر مهدی اکبری آق‌بلاغ^{۱*}، امیرمحمد حامدی پور^۲، امین رحمانی مقدم

استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان

۱. خلاصه

روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته از پنل‌های بتنی پیش‌ساخته برای اصلاح و بازسازی روسازی‌های آسفالتی و بتنی استفاده می‌شوند. این مطالعه با هدف روسازی بتنی پیش ساخته از سیمان پرتلند با استفاده از روش مطالعه مروری صورت گرفته است. نتایج حاکی از آن است که: با افزایش حجم ترافیک در راه‌های شهری و برون شهری تقاضای کاربران افزایش می‌یابد و با توجه به کیفیت روسازی‌ها و راحتی راه‌ها و از آنجا که ظرفیت صنعت ساخت و ساز محدود می‌باشد، استفاده از روش‌های اجرایی سریع امری ضروری می‌باشد که به نظر می‌رسد فناوری روسازی بتنی پیش ساخته می‌تواند شرایط لازم برای ساخت و ساز سریع را فراهم کند، این فناوری امروزه در حال رشد بوده و به تکامل خود ادامه می‌دهد. انتظار می‌رود که ابداعاتی در این فناوری موجب تضمین جایگاهی دائمی برای کاربرد فناوری روسازی بتنی پیش ساخته برای بازسازی و تعمیر سریع و بادوام روسازی‌های ایجاد شده و به کاهش هزینه‌ی ساخت و نصب پنل‌ها کمک کند.

واژگان کلیدی: روسازی، بتنی، پیش ساخته، سیمان پرتلند، اصلاح، بازسازی.

۲. مقدمه

امروزه تعداد وسایل نقلیه در جاده‌ها با سرعت بی‌سابقه‌ای رو به رشد است که روند تخریب روسازی راهها را تسریع نموده و باعث نیاز به تعویض روسازی راهها می‌شود [۱].
اصلاح روسازی و بازسازی آن، موجب نیاز فراوان به منابع سازمانی و اختلال در ترافیک به وسیله‌ی انسداد طولانی باندها می‌شوند. حجم ترافیک در سیستم بزرگراه‌های اصلی، بویژه در نواحی شهری، طی ۲۰ سال گذشته رشد چشمگیری داشته است و این امر در بسیاری از موارد موجب نیاز فزاینده از انتظار به بازسازی اولیه و اصلاح روسازی بزرگراهها شده است. اصلاح روسازی در این نواحی به دلیل ازدحام ترافیکی مرتبط با ساخت و ساز و مشکلات ایمنی، چالشی برای مدیریت نگهداری بزرگراه‌ها شده است. از طرفی احیای روسازی راهها می‌تواند باعث افزایش هزینه‌ها گردد.

^۱ - استادیار و هیأت علمی دانشگاه سراسری سمنان؛ mahdi.akbari80@gmail.com

در سالیان اخیر، بسیاری از سازمان‌ها شروع به انجام مطالعاتی در خصوص راهکارهایی برای اصلاح و بازسازی روسازی کرده‌اند، که سریع‌ترند و می‌توانند منتج به روسازی‌های بادوامی شوند. بازسازی مصلحتی که موجب عمر کوتاه‌تر روسازی می‌شود دیگر نزد بسیاری از سازمان‌های بزرگراهی مقبولیت ندارد.

تکنیک‌های ساخت سریع می‌توانند اختلالات وارد بر حمل و نقل عمومی در اثر انسداد باندها را به حداقل برسانند و ازدحام ترافیکی در مقدار حداقلی باقی بماند و همچنین ایمنی نیز با کاهش مواجهه‌ی کارگران و کاربران جاده با ترافیک ناشی از ساخت و ساز بهبود می‌یابد [۲]. بنابراین یک روش امکان پذیر برای تسریع در ساخت و ساز روسازی ها و روکش ها و برای کاهش تاخیر در ترافیک و هزینه ها استفاده از پانل های بتنی پیش ساخته با سیمان پرتلند می باشد [۱].

روسازی بتنی پیش‌ساخته یک فناوری نوظهور و خلاقانه ی سازه ای و یک جایگزین نویدبخش برای تعمیرات و بازسازی سریع جاده‌های پرازدحام با حجم بالا می باشد و در صورت بکارگیری کارآمد فناوری‌های روسازی مدولار که برای بازسازی و تعمیر سریع روسازی‌های گذشته استفاده شود می توان آن ها را در محل مستقر کرد و بلافاصله ترافیک بروی روسازی جریان یابد [۳].

فناوری‌های روسازی بتنی پیش‌ساخته به صورت پراکنده طی ۴۰ سال گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. در سالیان اخیر، این فناوری به یکی از دو شکل زیر مورد بررسی قرار گرفته است: به صورت یک موضوع کنجکاوانه، یعنی برای یادگیری این موضوع بوده است که آیا روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته به لحاظ فنی امکان‌پذیرند یا خیر، و یا به صورت یک تکنیک تعمیر اضطراری با حداقل مشکلات مرتبط با طول عمر بوده اند. تا مدتی قبل هیچ تلاش جدی برای توسعه‌ی کامل این فناوری به شکل راهکاری مقرون به صرفه یا برای پیاده‌سازی آن به شیوه‌ی تولیدی انجام نگرفته است. طی ده سال گذشته، اجرای این فناوری به لحاظ فنی، عملی بوده است و به لحاظ اقتصادی قابل توجیه می باشند [۲]. به این منظور مطالعه حاضر با هدف ارزیابی امکان استفاده از روش روسازی بتنی پیش ساخته با استفاده از سیمان پرتلند انجام شده است.

۳. مفاهیم روسازی بتنی پیش‌ساخته

کاربرد فناوری روسازی بتنی پیش‌ساخته را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود: تعمیرات متناوب روکش های بتنی و روسازی بتنی مداوم [۳].

۴. تعمیرات دوره‌ای روسازی‌های بتنی

با این رویکرد، تعمیرات جداگانه‌ی روسازی با استفاده از پنل‌های صفحه‌ای بتنی پیش‌ساخته انجام می‌گیرد. دو نوع تعمیر احتمالی عبارتند از: تعویض کل پنل دارای ترک‌خوردگی شدید یا پانل‌های ورقه‌ای درهم شکسته و تعمیرات تمام عمق مفاصل رو به زوال.

تعمیرات همیشه در کل عرض باند انجام می‌گیرد. این روند برای تعمیرات تمام عمق و تعویض تمام پانل به جز برای طول ناحیه‌ی تعمیر یکسان می باشد. در این روش میله‌های پرچ‌شده در پنل بتنی پیش‌ساخته تعبیه شده‌اند و شکاف‌ها برای پرچ‌ها به درون روسازی بتنی موجود بریده می شوند، درست شبیه به روش مقاوم‌سازی میله‌ی پرچ‌شده (شکل ۱). شکاف‌های پرچ با مواد وصله‌ای که سرعت سفت شدن بالایی دارند، پر می‌شوند. در شیوه‌ی دیگری از این طرح،

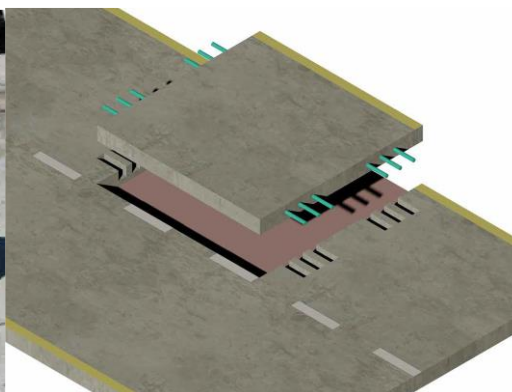


میله‌های پرچ‌شده در پنل بتنی پیش‌ساخته تعبیه نمی‌شوند و این میله‌ها پس از نصب پانل با استفاده از تکنیک مقاوم-سازی میله‌ای پرچ‌شده نصب می‌شوند (شکل ۲).

در طرح دیگری برای تعمیرات دوره‌ای، میله‌های پرچ‌شده با سوراخ کردن و تزریق اپوکسی در روسازی بتنی موجود قرار می‌گیرند، درست شبیه به تعمیرات تمام عمق بتن ساخته شده در محل یا تعمیرات تمام ورقه‌ای، و شکاف‌ها برای میله‌های پرچ‌شده در پنل‌های تعمیری در امتداد بخش تحتانی راستای عرضی ساخته می‌شوند (شکل ۳). شکاف‌ها و شکاف محیطی مفصل با ملاتی که سرعت سفت شدن بالایی دارد، پر می‌شوند [۲].



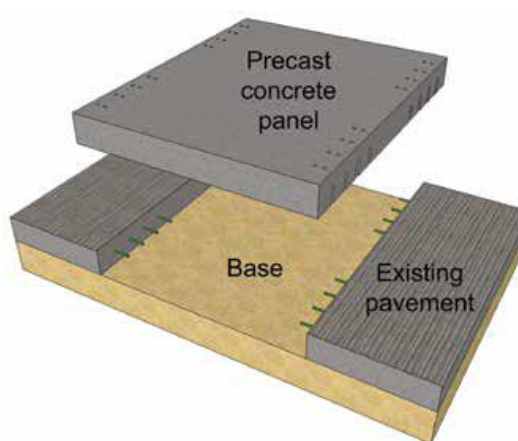
شکل ۱- مقاوم سازی با میله‌های پرچ شده



شکل ۲- نصب پنل



شکل ۳- تعمیرات دوره ای با سوراخ کردن و تزریق اپوکسی





هرکدام از این روش‌های نصب پنل، با توجه به مقررات انتقال بار، مزایا و معایب مشخصی دارند که بعداً بررسی می‌شوند. به علاوه، نصب پنل واقعی و پشتیبانی پایه‌ی زیر پنل را می‌توان با استفاده از چندین تکنیک به شرح زیر حاصل نمود [۲]:

- پنل مستقیماً بر روی پایه‌ی آماده‌شده قرار می‌گیرد
- پنل نصب شده و با استفاده از فوم پلی‌اورتان گسترش‌پذیر تا ارتفاع مناسب بالا برده می‌شود.
- پنل با استفاده از تیرهای تقویت پستی نصب شده و مواد زیربستر در زیر پنل تزریق می‌شوند.
- پنل با استفاده از بندهای تثبیت‌کننده در ارتفاع مناسب قرار گرفته و مواد زیربستر به زیر پنل تزریق می‌شود

در زیر ویژگی‌های اصلی مورد نیاز برای کاربردهای تعمیرات دوره‌ای آمده است:

- شرایط پشتیبانی مناسب در زیر پنل‌ها
- انتقال مناسب بار در مفاصل عرضی
- به حداقل رسانیدن اختلاف ارتفاع بین پانل و روسازی موجود
- عملکرد قابل قبول در دراز مدت برای ناحیه‌ی تعمیری

۵. ملاحظات فنی برای سیستم‌های روسازی بتنی پیش‌ساخته

۵-۱. الزامات بتن

الزامات بتن بایستی شبیه به الزامات مشخص‌شده توسط سازمان بزرگراهی برای روسازی‌های بتنی ساخته‌شده در محل باشد. با اینحال، از آنجاکه روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته برای بزرگراه‌های دارای حجم سنگین ترافیک در محل انسداد باندها استفاده می‌شوند، دوام بتن اهمیت فراوانی دارد. بایستی بتن دچار شکستگی نشود زیرا این موجب آشفته‌گی مرتبط با مصالح یا ساخت و ساز با کیفیت پایین می‌شود. سازنده می‌تواند اندازه‌ی سنگریزه‌ها را بهینه نموده و آن را تسطیح کند تا به مخلوط بتنی اقتصادی و سازگار با محیط زیست دست یابد که در ساخت پنل‌ها قابل استفاده است. یک مزیت دیگر استفاده از پنل‌های بتنی این مورد است که مقاومت بتن که معمولاً حاصل می‌شود از مقاومت آن در بتن مورد استفاده برای روسازی بتنی ساخته شده در محل بیشتر است [۲].

۵-۲. الزامات پانل

یک لایه‌ی دوبرابری تقویت‌شده با اپوکسی پوششی معمولاً برای پنل‌های بتنی پیش‌ساخته استفاده می‌شود تا ترک‌خوردگی ناشی از بلند کردن و انتقال کاهش یابد. مقدار تقویت معمولاً حدود ۲۰٪ مساحت سطح مقطع پنل در هر دو جهت است، و این به ابعاد پنل بستگی دارد. در این شرایط نیازی به تقویت برای عملکرد روسازی نیست، مگر اینکه پنل‌ها به عنوان روسازی بتنی تقویت‌شده طراحی شوند. چنانچه پنل‌های نصب‌شده در معرض ترافیک پیش از تکمیل درزبندی پنل‌ها قرار گیرند، برخی سازمان‌ها به تقویت بیشتری نیاز دارند. مزیت تقویت پنل این است که پنل‌ها در دراز

مدت به دلیل بارگذاری ترافیکی دچار ترک خوردگی می‌شوند، می‌توان انتظار داشت که این ترک‌ها بدون اثرگذاری بر قابلیت سرویس‌دهی روسازی، بسته نگه داشته شوند [۲].

۳-۵. سرعت تولید

سرعت تولید پنل یکی از مهم‌ترین عوامل در خصوص روسازی بتنی پیش‌ساخته است. سرعت نصب پنل تعیین‌کننده الزامات بهره‌وری و انسداد باند است. نصب پنل شامل تمامی فعالیت‌هایی است که حین انسداد باند انجام می‌گیرند:

- حذف روسازی موجود، شامل بخشی یا تمام مواد پایه، که ممکن است بسته به الزامات طراحی به سنگ‌زنی پایه‌ی تثبیت‌شده نیاز داشته باشد.
- برای کاربردهای تعمیراتی میله‌های پرچ‌شده سوراخکاری و ملات‌کاری می‌شوند (بسته به طراحی سیستم).
- آماده‌سازی پایه شامل تسطیح پایه‌ی موجود یا قرار دادن یک پایه‌ی جدید و مواد بستر برای دستیابی به یک پایه‌ی بهتر است. پایه در صورتی فشرده‌سازی می‌شود که گرانولی باشد و اگر سیمانی باشد، آن را قرار داده و تسطیح می‌کنند (پایه‌ی بتنی که سریعاً سفت می‌شود). ممکن است مواد بستر، گرانول، پرکننده‌های جریان‌پذیر که سریع سفت می‌شوند یا مواد فوم پلی‌اورتان باشند.
- در اصلاح رابط پایه-پنل، معمولاً غشای فابریک پلی‌اورتان یا ژئوتکستایل استفاده می‌شود.
- قرارگیری پنل‌ها.
- انتقال موقت به روسازی موجود در انتهای نصب روسازی بتنی پیش‌ساخته برای انسداد یک باند مشخص.

برای تعمیرات دوره‌ای در یک باند مسدودشده، سرعت تولید معمولی حدود ۱۴ تا ۱۸ پنل در زمان ۶ تا ۸ ساعت انسداد پنل یا حدود یک پنل در هر ۲۰ تا ۲۵ دقیقه. در حالت ایده‌آل، دو نفر برای نصب تعمیراتی کافی است: یک نفر ناحیه‌ی تعمیراتی را آماده می‌کند: شامل سوراخکاری و ملات‌کاری اپوکسی میله‌های پرچ‌شده، و نفر دوم پنل‌ها را نصب می‌کند.

برای کاربردهای مداوم، سرعت بالاتر نصب پنل را می‌توان حاصل نمود زیرا کار در یک ناحیه‌ی بازسازی طول‌تر انجام می‌گیرد. سرعت تولید متداول برای نصب پنل حدود ۳۰ تا ۴۰ پنل برای سیستم‌های مفصل‌دار یا حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ فوت طول نصب در هر ۶ تا ۸ ساعت انسداد باند است. سرعت تولید می‌تواند برای سیستم‌های روسازی بتنی پیش‌ساخته‌ی پیش‌تنیده متفاوت بوده و به عرض و طول پنل بستگی داشته باشد. تولید بیشتر را می‌توان با استفاده از پنل‌های طول‌تر حاصل نمود، زیرا پنل‌های کمتری برای قرارگیری و پس‌تنیدگی موقت نیاز است. پنل روسازی بتنی پیش‌تنیده‌ی پیش‌ساخته می‌تواند از حدود ۲۰۰ فوت تا بیش از ۶۰۰ فوت در هر ۶ تا ۸ ساعت انسداد باند باشد، که این به طول و عرض پنل‌ها بستگی دارد [۲].

۴-۵. سیستم انتقال بار مفصلی:

مقررات مفصل‌بندی و انتقال بار در مفاصل عرضی دو ویژگی مهم طراحی برای روسازی بتنی پیش‌ساخته هستند. بایستی فاصله‌گذاری مفصل‌ها را برای تعمیرات دوره‌ای و کاربردهای پیوسته، با در نظر گرفتن محدودیت‌ها برای ساخت



اندازه‌ی پنل‌ها، حمل و نقل، و الزامات عملیاتی ساختاری بهینه نمود. به علاوه، اطمینان از این موضوع که انتقال بار کافی در تمامی مفاصل عرضی شامل مفاصل گسترده، در دراز مدت دسترس‌پذیر خواهد بود، نیاز است. نمی‌توان انتظار داشت روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته با مقررات ضعیف یا بدون مقررات حمل بار در مفاصل عرضی فعال زیر بار کامیونی به خوبی عمل کنند. مفاصل روسازی بتنی پیش‌ساخته شامل وجوه صاف مفصل بوده و معمولاً از مفاصل موجود در روسازی بتنی ساخته شده در محل، عریض‌تر است. در نتیجه، درهم‌تنیدگی سنگدانه‌ها در مفاصل روی نمی‌دهد.

بطور معمول انتقال بار در مفاصل عرضی روسازی‌های بتنی توسط میله‌های پرچ‌شده فراهم می‌شود. میله‌های پرچ-شده در ساخت روسازی بزرگراه به صورت میله‌های فولادی محکم، مدور و صاف براساس استاندارد ASTM A615/A615M-12 برای میله‌های فولادی-کربنی مسطح یا خم برای تقویت بتنی می‌باشد. به علاوه، حفاظت در برابر خوردگی معمولاً به شکل پوشش اپوکسی پیوندی-همجوشی با ضخامت حدود ۰.۰۰۸ تا ۰.۰۱۲ اینچ فراهم می‌شود که به عنوان مانعی در برابر رطوبت و نفوذ کلرید عمل می‌کند. در سالیان اخیر، به دلیل نگرانی‌های موجود در ارتباط با اثربخشی طولانی مدت پوشش اپوکسی و با حرکت به سوی طراحی روسازی‌هایی با عمر طولانی‌تر، برخی از سازمان‌ها مواد میله‌ای پرچ‌شده‌ی جایگزین رشته‌ای را استفاده می‌کنند. این ماده‌ای است که یا از مواد مقاوم به خوردگی ساخته می‌شود و یا دارای روکش فلزی مقاوم به خوردگی برای محافظت در برابر تخریب ناشی از رطوبت و ماده‌ی شیمیایی ضدیخ است. نمونه‌هایی از مواد جایگزینی میله‌های پرچ‌شده شامل موارد زیر است:

- پلیمر تقویت‌شده با فیبر که در گستره‌ی مواد کمپوزیت و به شکل جامد ساخته می‌شود
- فولاد ضدزنگ از درجات مختلف به شکل لوله‌های توخالی ساخته می‌شود که با ملات سیمانی پر می‌شود
- فولاد میکروکمپوزیت یک ماده‌ی فولادی است که در مقایسه با فولاد کربن معمولی که برای تولید میله‌ی صلب پرچ‌شده استفاده می‌شود، مقاومت بیشتری به خوردگی دارد.
- آلیاژ روی نوردشده به عنوان روکش فلزی بر روی فولاد کربنی معمولی برای حفاظت در برابر خوردگی

خوردگی

پرچ‌ها معمولاً با فواصل ۱۲ اینچ نصب می‌شوند. با اینحال، پرچ‌های میانی نقشی در انتقال بار در مفصل‌ها ندارند. در نتیجه، یک خوشه‌ی چهار تا پنج تایی از پرچ‌ها برای هر مسیر چرخ با فواصل ۱۲ اینچ نیاز است، این برای کاربردهای دوره‌ای و پیوسته کفایت می‌کند. برای روسازی بتنی پیش‌ساخته‌ی مفصل‌دار، نقش سیستم انتقال بار دارای طراحی مناسب در مفاصل عرضی فعال برای عملکرد طولانی مدت، حیاتی است. اقدام به ارائه انتقال بار در مفاصل عرضی فعال بایستی شبیه به اقداماتی با عملکرد خوب برای روسازی بتنی ساخته شده در محل باشد. اگر اقداماتی برای روسازی بتنی مفصل‌دار ساخته شده در محل، کارساز نباشد یا هنوز استفاده نشده باشد، بایستی این را برای روسازی بتنی پیش‌ساخته بدون بررسی اضافی یا تأیید میدانی، مد نظر داشت. ریسک عدم موفقیت سیستم انتقال بار بایستی به حداقل برسد [۲].

۴-۵. شرایط پشتیبانی پنل

برای ساخت و ساز جدید و نیز برای تعمیر، پشتیبانی روسازی برای عملکرد دراز مدت، ضروری است. پشتیبانی در زیر پل‌ها برای روسازی مستحکم و یکنواخت نیاز است [۲].

۶. طراحی ساختاری پل

طراحی روسازی بتنی پیش‌ساخته مبتنی بر تشخیص این موضوع است که آیا رفتار کلی آن پس از ساخت و نصب تحت بارگذاری ترافیکی و بارگذاری محیطی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با رفتار روسازی بتنی ساخته شده در محل دارد یا خیر. روسازی‌های بتنی معمولاً طراحی، ساخته و بازسازی می‌شوند تا عملکرد طولانی مدت داشته باشند. تعریفی که برای روسازی‌های بتنی با عمر طولانی استفاده می‌شود به قرار زیر است:

- بتن اصلی دارای عمر سرویس‌دهی ۴۰ سال یا بیشتر خواهد بود.
- روسازی دچار شکستگی‌های پیش از موعد یا اختلالات مرتبط با مصالح نخواهد شد.
- روسازی پتانسیل کمتری برای ترک‌خوردگی، شکستگی، و ورقه‌ای شدن در مقایسه با روسازی بتنی معمولی دارای ۲۰ سال سن دارد.
- روسازی کارایی مطلوب را حفظ کرده و بافت سطحی با حداقل مداخله برای تصحیح برای سواری و بافت، درزبندی مفصل و تعمیرات جزئی ایجاد می‌شود.

اگرچه روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته به تازگی مورد استفاده قرار گرفته و اطلاعات کمی در رابطه با عملکرد حین سرویس‌دهی آن‌ها در دست است، اما روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته را می‌توان جهت ارائه‌ی سرویس‌دهی طولانی مدت، طراحی نمود.

در حقیقت، تضمین استفاده از روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته، بازسازی تعمیرات سریع همراه با درک نیاز به سرویس‌دهی دراز مدت است. روش‌های خاص طراحی برای روسازی بتنی پیش‌ساخته ایجاد نشده‌اند. توسعه‌ی روش‌های قابل اطمینان طراحی روسازی به درک دقیق رفتار روسازی و اعتبارسنجی جنبه‌های طراحی بر پایه‌ی عملکرد میدانی نیاز دارد. در این زمان، پروژه‌های کافی با عمر سرویس‌دهی طولانی جهت اعتبارسنجی میدانی وجود ندارد. روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته را می‌توان برای عملکرد دراز مدت با استفاده از روش‌های طراحی که در حال حاضر برای طراحی روسازی‌های بتنی ساخته شده در محل استفاده می‌شوند، طراحی نمود. استفاده از این روش‌های طراحی به برخی اصلاحات نیاز دارد تا امکان در نظر گرفتن برخی از مشخصه‌های خاص سیستم‌های مختلف روسازی بتنی پیش‌ساخته مهیا باشد.

یک مزیت قابل ملاحظه‌ی روسازی بتنی پیش‌ساخته این است که پل‌ها یا تقویت‌شده و یا پیش‌تنیده هستند. در نتیجه، چنانچه ترک‌خوردگی قبل از موعد مقرر ایجاد شود یا به دلیل بارگذاری ترافیکی باشد، می‌توان انتظار داشت پل‌ها عملکرد خوبی داشته باشند زیرا ترک‌خوردگی، تنگ نگه داشته شده و موجب زوال روسازی نمی‌شود. عملکرد سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده‌ی نازک‌تر، خواه روسازی بتنی پیش‌تنیده‌ی پیش‌ساخته و خواه مفصل‌دار تا حد زیادی به شرایط پشتیبانی بستگی دارد. پشتیبانی برای چنین سیستم‌هایی بایستی تضمین کند که تغییر شکل مفصل زیر بارگذاری، اندک باشد [۲].

۷. هزینه‌های کاربر

محدود کردن مدت زمان اجرا نه تنها احتمال تصادفات را کاهش می‌دهد بلکه موجب صرفه جویی قابل توجهی در هزینه برای کاربران شبکه راه می‌شود. این هزینه‌ها برای عموم مردم و بخش بازرگانی در رابطه با از دست دادن زمان کار،



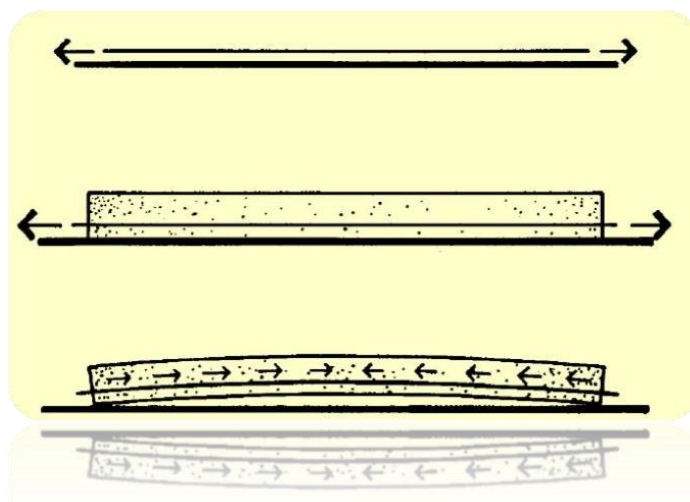
کاهش راحتی، سوخت بنزین و در نتیجه کاهش تولید کلی جامعه حائز اهمیت می باشند. بنابراین این هزینه های کاربر نه تنها اقتصادی بلکه ماهیتی کیفی و نامشهود دارند [۴].

۸. روسازی بتن پیش تنیده

پیش تنیدگی عبارت است از نیرویی قبل از اعمال بارهای بهره برداری به منظور کاهش و یا از بین بردن تنش های کششی.

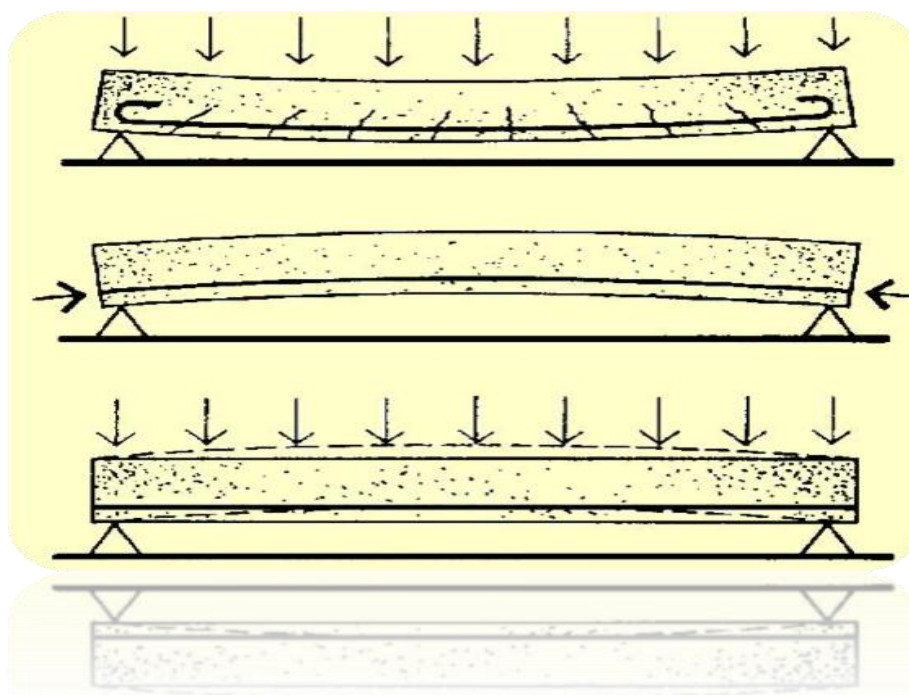
تنش فشاری دائمی با قرار دادن کابل فولادی در قطعه بتنی، کشیدن و مهار کردن آن در دو طرف عضو به مقطع بتنی اعمال میشود.

آرماتور، بتن مجاور خود را پیش فشرده می کند و باعث می گردد که این بتن بتواند بار بیشتری را قبل از ترک خوردگی تحمل نماید [۵].



شکل ۴- نحوه اعمال پیش تنیدگی

بتن پیش تنیده به منظور کاهش یا حذف نیروی کششی در بتن و کاهش ترک در بتن با استفاده از کابل ها و اعمال نیرو به بتن و ایجاد خیز منفی در مقطع استفاده می شود.



شکل ۵- شکل شماتیک حذف ترک‌ها به وسیله پیش تنیدگی

۸-۱. مزایای روسازی بتن پیش تنیده

۱. کیفیت بهتر بتن ریزی و عمل آوری بتن در کارگاه نسبت به محل پروژه
۲. امکان اجرای روسازی در محدوده آب و هوایی بیشتر نسبت به روسازی های معمول
۳. بهره برداری بلافاصله بعد از اتمام نصب قطعات پیش ساخته (عدم نیاز به تدابیر خاص بعد از اجرای روسازی)
۴. کاهش ضخامت روسازی به علت استفاده از نیروی پیش تنیدگی
۵. کاهش تعداد ترکها و کنترل بهتر ترکهای احتمالی تحت بارهای سنگین
۶. عمر طولانی تر به علت بالا رفتن کیفیت و کنترل تنش ها
۷. امکان حذف یا جمع آوری سریع این روسازی ها نسبت به روسازی های متداول [۵].

۸-۲. سیستم کابل های پیش تنیدگی

در کلیه سیستم های روسازی پیش تنیده، کابل ها تا ۷۵٪ مقاومت نهایی کشیده می‌شوند. نکته حائز اهمیت برای طرح و اجرای سیستم پس کشیده اتلاف بسیار زیاد نیروی پس کشیدگی در این سیستم هاست. همانند کلیه سیستم های پیش تنیده، در این سیستم نیز افت های لغزش مهار، اصطکاک بین کابل و مجرای پس کشیدگی، خزش و جمع شدگی



بتن و... را داریم. علاوه بر افت های ذکر شده، به علت وجود اصطکاک میان پنل ها و بستر آماده شده افت زیادی در حین پیش تنیدگی بوجود می آید.

به علت وجود اصطکاک میان پنل ها و بستر آماده شده افت زیادی در حین پیش تنیدگی بوجود می آید. با اجرای یک لایه جداساز از پلی اتیلن یا ژئوتکستایل می توان مقداری از این اصطکاک را کاهش داد. ولی باز این اصطکاک زیاد است و قسمت عمده افت در نیروی پس کشیدگی در روسازی های پس کشیده ناشی از این اصطکاک است [۵].

۳-۸. اجرا و طراحی بتن پیش تنیده

در سیستم های پیوسته بدلیل مسائل اجرایی در مسیرهای طولانی همه طول مسیر با هم اجرا نمی گردد و معمولاً هر ۲۰-۳۰ پنل با هم اجرا می گردند و به وسیله پنل هایی که وظیفه اتصال و انقباض و انبساط را دارند این قسمت های مجزا به همدیگر متصل می شوند. مکانیزم انتقال نیرو در این پنل ها همان مکانیزم داول است که به کمک آرماتورگذاری داول این مکانیزم فراهم می گردد. در انتها بین هر ۲۰-۳۰ پنل به دلیل مسائل حرارتی در فصول مختلف، یک درز انبساط در نظر گرفته می شود. این درز انبساط با مصالح پرکننده ی دارای قابلیت انبساط و انقباض پر می گردند، تا در فصول مختلف اجازه انبساط و انقباض حرارتی را فراهم کنند و از ایجاد تنش های ناخواسته ناشی از انبساط و انقباض حرارتی جلوگیری کنند.

برای طراحی روسازی بتنی پیش تنیده باید پارامترهایی از جمله مقاومت بستر، مقاومت بتن، مقدار پیش تنیدگی و میزان ترافیک عبوری از روسازی در نظر گرفته شود. ضخامت روسازی بتنی پیش تنیده ۴۰ تا ۵۰ درصد ضخامت روسازی بتنی متداول در نظر گرفته می شود. مقدار پیش تنیدگی طولی و عرضی باید به اندازه های باشد که تنش فشاری لازم در وسط طول و عرض دال ایجاد شود تا بدین ترتیب دال پیش تنیده بتواند تنشهای ناشی از عبور بارهای ترافیکی را تحمل نماید. مقدار پیش تنیدگی طولی معمولاً بین ۰.۵ تا ۲ مگاپاسکال و مقدار پیش تنیدگی عرضی ۰ تا ۱.۵ مگاپاسکال تغییر می کند. عوامل متعددی در افت پیش تنیدگی تأثیر گذارند، در نتیجه باید افت تنشی بین ۱۵ تا ۲۰ درصد در میزان پیش تنیدگی یا پس تنیدگی در نظر گرفته شود. برای اطمینان از اینکه در طول عمر روسازی، مقدار تنش مورد نیاز در یک سطح قابل قبولی باقی بماند، لازم است این افت تنش در هنگام طراحی روسازی پیش تنیده لحاظ شود. فاصله میلگردها و رشته کابلها از حداقل ۲ تا حداکثر ۸ برابر ضخامت دال تغییر می کند، با این وجود معمولاً فاصله بین کابلها برای ایجاد کشش طولی، ۲ تا ۴ برابر ضخامت دال بتنی و برای ایجاد کشش عرضی، ۳ تا ۶ برابر ضخامت دال بتنی در نظر گرفته می شود. مقدار تنش در کابلها نیز برابر ۰.۸ تنش تسلیم و ضخامت رشته کابلها برابر ۱۵ میلی متر لحاظ می گردد [۵].

۹. نتیجه گیری



این مقاله به بررسی فناوری روسازی بتنی پیش‌ساخته پرداخته است. این مقاله برخی ملاحظات فنی مرتبط با طراحی روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته را نیز مورد بررسی قرار داد. تأمین انتقال بار در مفاصل عرضی و شرایط پشتیبانی زیر پل‌های بتنی پیش‌ساخته دو ویژگی حیاتی طراحی بوده و بایستی به خوبی برای تمامی روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته بررسی شوند. فناوری روسازی بتنی پیش‌ساخته در حال رشد بوده و انتظار می‌رود که ابداعاتی در این فناوری موجب تضمین جایگاهی دائمی برای کاربرد فناوری روسازی بتنی پیش‌ساخته برای بازسازی و تعمیر سریع و بادوام روسازی‌های موجود شده و به کاهش هزینه‌ی ساخت و نصب پل‌ها کمک کند.



1- Feasibility of Using Precast Concrete Panels to Expedite Construction of Portland Cement Concrete Pavements

David Merritt, B. Frank McCullough, Ned H. Burns. First Published January 1, 2001 Research Article

2- Precast concrete pavements: Technology overview and technical considerations
Shiraz Tayabji, Dan Ye, and Neeraj Buch. winter 2013

3- PERFORMANCE OF PRECAST CONCRETE PAVEMENTS By Shiraz
Tayabji, Ph. D., P. E. · March 2011

4- Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, , Primosten, Croatia
Advantages of precast concrete in highway infrastructure construction Radan Tomek, MSc.
et MSc.* 19-22 June 2017

۵-روسازی بتنی پیش ساخته پیش تنیده، خالو علیرضا، حقى كلانسرا فرزاد.فصلنامه انجمن بتن ايران