بهسازی خسارات ناشی از ضربه در تیرهای بتنی پیش تنیده با اسپری های FRP

محسن گرامی[۱]، حمید صابری [۲]، وحید صابری [۳]

۱- پژوهشگر فوق دکتری سازه دانشگاه تربیت مدرس

۲و۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه سمنان

خلاصه

خرابی اجزای زیر بناهای سیستم حمل و نقل ناشی از برخورد وسائل نقلیه سنگین بویژه پلهای پیش تنیده به مشکلی مزمن در بیشتر بزرگراهها که شریانهای اصلی حمل و نقل می باشند تبدیل شده است. چنین برخوردهایی منجر به ترک خوردن و خرد شدن بتن ، نمایان شدن تسلیحات و حتی گسیخته شدن کابلهای پیش تنیدگی میشود .

جهت جلوگیری از مسدود شدن طولانی مدت بزرگراهها به منظور تعمیر پلهای آسیب دیده، نیازمند به روشی سریع و موثر نظیر روشGFRP جهت تعمیر خواهیم بود . هدف این مقاله ارزیابی توانایی بازگرداندن سختی و مقاومت تیرهای تعمیر شده توسط سیستم GFRP میباشد .با توجه به نتایج مقاله این روش بهسازی با GFRP ،مقاومت تیر پیش تنیده بازسازی شده را به ۹۵٪ مقاومت اولیه میرساند .همچنین با افزایش سختی تیرهای پیش تنیده نسبت به حالت اولیه شرایط بهتری را برای بار سرویس ایجاد میکند .

کلمات کلیدی : تیر بتنی پیش تنیده ، بهسازی ، GFRP

۱. مقدمه

پیش تنیدگی عبارتست از ایجاد یک تنش ثابت و دائمی در یک عضو بتنی به نحو دلخواه به اندازه لازم بطوری که در اثر این تنش مقداری تنشهای ناشی از بارهای مرده و زنده خنثی شود .

از مقایسه بتن پیش تنیده با بتن آرمه میتوان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- بالا بودن مقاومت فشاری بتن پیش تنیده بدلیل فشار اولیه وارده ناشی از پیش تنیدگی

۲- بکارگیری فولاد پر مقاومت در بتن پیش تنیده بدلیل جلوگیری از اتلاف تنش پیش تنیدگی در اثر خزش و انقباض

۳- عدم ترک خوردگی اولیه در سازه های بتن پیش تنیده کامل تحت بارهای سرویس بر خلاف سازه های بتن آرمه معمولی

لذا مزایای اعضای بتن پیش تنیده در مقابل اعضای بتن آرمه شامل:

۱- دوام بیشتر سازه های بتن پیش تنیده نسبت به بتن آرمه معمولی بعلت نداشتن ترکهای دائمی مخصوصا در سازه های دریایی یا واقع بر زمین های خورنده و یا مخازن آب

۲- وزن کم سازه های بتن پیش تنیده بدلیل استفاده از کل سطح مقطع بتن و بکارگیری فولاد پر مقاومت

۳- کاهش خیز بدلیل خیز منفی اولی

۴-اقتصادی بودن سازه های بتن پیش تنیده برای دهانه های بزرگ و بارهای سنگین

۵- با تغییر نیروی پیش تنیدگی میتوان شکل پذیری سازه را تغییر داد

از بتن پیش تنیده در اعضای تحت خمش مثل تیرها ، دالها ، دیوارهای حائل و ستونها و نیز اعضای تحت کشش مثل لوله ها و مخازن اب استفاده میشود [۲].استفاده از تیرهای بتنی پیش تنیده در پلها بدلیل دهانه های بزرگ مقرون به صرفه می باشد لیکن بهسازی خرابیهای ناشی از برخورد وسایل

---

[۱] استادیلر گروه عمران دانشگاه سمنان

[۲،۳] دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه سمنان

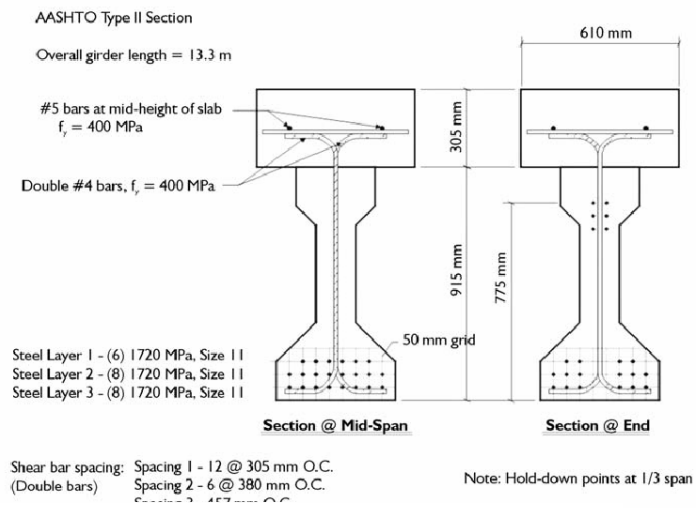
نقلیه در اینگونه تیرها همانند شکل (۱) نیازمند روشی است سریع و موثر نظیر روش GFRP که از مسدود شدن طولانی مدت بزرگراهها به منظور تعمیر پلهای آسیب دیده جلوگیری شود .هدف این مقاله ارزیابی توانایی بازگرداندن سختی و مقاومت تیرهای تعمیر شده توسط سیستم GFRP میباشد[۱].

شکل۱- خسارت ناشی از برخورد وسایل نقلیه به تیر بتنی پیش تنیده پل

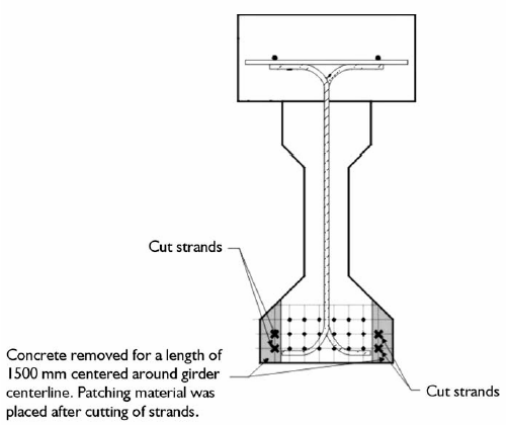
۲. برنامه آزمایشگاهی

جهت انجام آزمایش با توجه به آیین نامه AASHTO سه تیر با طول ۱۳/۳ متر و عمق ۱/۲ متر که دارای دهانه ۱۲/۲ متر می باشد, انتخاب شده است . این تیرها توسط ۲۲ کابل پیش تنیدگی در سه ردیف مطابق شکل (۲) قرار داده شده اند که مقاطع وسط و انتهای دهانه با جزئیات نشان داده شده است[۱].

یکی از این سه تیر ساخته شده بدون هیچگونه خرابی بعنوان نمونه کنترلی تحت آزمایش قرار گرفت .دو نمونه دیگر نیز تحت خرابی شبیه سازی شده ضربه توسط برخورد وسایل نقلیه در وسط دهانه بطول ۱۵۰ سانتی متر مطابق شکل (۳) قرار گرفتند بگونه ای که ۴ کابل پیش تنیدگی (دو عدد در هر طرف) تحت اثر این خرابی همانند شکل(۴) گسیخته شدند.



شکل۲- جزئیات ساخت نمونه های تیر پیش تنیده بتنی



شکل٤- شمایی از مقطع تیر خسارت دیده بتنی پیش تنیده

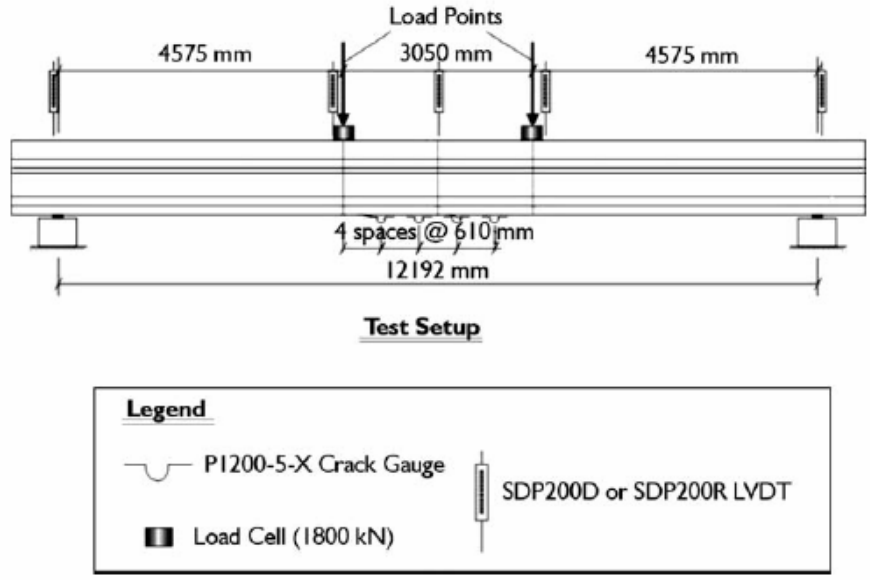
شکل۳- خسارت شبه ضربه ای در نمونه تیربتنی پیش تنیده

نمونه دوم خسارت دیده با بتن گروت پر شده در حالیکه نمونه سوم با اسپریGFRP که شامل فیبرهای شیشه ای با طول ۳۲ میلیمتر و مقاومت کششی ۸۰/۶ مگا پاسکال و رزین ونیل استر مطابق شکل(۵)پوشانده شده است .

بزرگترین مزیت این نوع FRP قابلیت پاشیدن توسط اسپری میباشد که باعث تسهیل و سرعت بخشیدن به روند تعمیر میشود .همچنین به جهت لزجت کم ، این رزین در داخل فضای خالی موجود نفوذ بهتری خواهد داشت [۳].از آنجاییکه استفاده از این روش نیازمند حجم زیادی از مصالح FRP میباشد ،گرایش به استفاده از ترکیباتی مقرون به صرفه در آن بیشتر می باشد[۴].

پس از تهیه نمونه ها هر سه نمونه مطابق شکل (۶) در چهار نقطه تحت بارگذاری فزاینده استاتیکی تا شکست قرار گرفتند .

شکل۵- نمایی از تعمیر تیر بتنی پیش تنیده با اسپری GFRP



شکل٦- نمایی از آزمایش تیر بتنی پیش تنیده تحت خمش خالص

۳. نتایج آزمایش

بعد از آزمایش مطابق جدول (۱) مشاهده میگردد که سختی اولیه در نمونه با گروت پر شده٪ ۷۹/۳ نمونه کنترلی بوده در حالیکه نمونه GFRP سختی اولیه برابر ٪ ۸۹/۵ نمونه کنترلی است . همچنین بار لازم جهت ترک خوردگی برای نمونه ها به ترتیب ۸۳/۵ و ۹۵/۴ درصد نمونه کنترلی و بار نهایی نیز ۷۸/۴ و ۹۵ درصد نمونه کنترلی بوده است .

پاسخ تغییر شکل وسط دهانه نیز در جدول(۲) قابل مشاهده است . با توجه به این جدول تغییر شکل وسط دهانه تا بار ترک خوردگی برای نمونه با گروت پر شده٪ ۱۰۸ و نمونه GFRP , ٪ ۱۰۶ نمونه کنترلی است. همچنین تغییرشکل وسط دهانه در بار نهایی بترتیب٪ ۱۰۸ و٪ ۵۳ نمونه کنترلی میباشد یعنی تغییرشکل تیرتعمیرشده با روشGFRP در حال شکست کمتر از تغییرشکل تیر پیش تنیده بدون صدمه دیدگی است .

جدول۱- نتایج آزمایشگاهی ظرفیت و سختی خمشی نمونه های آزمایش

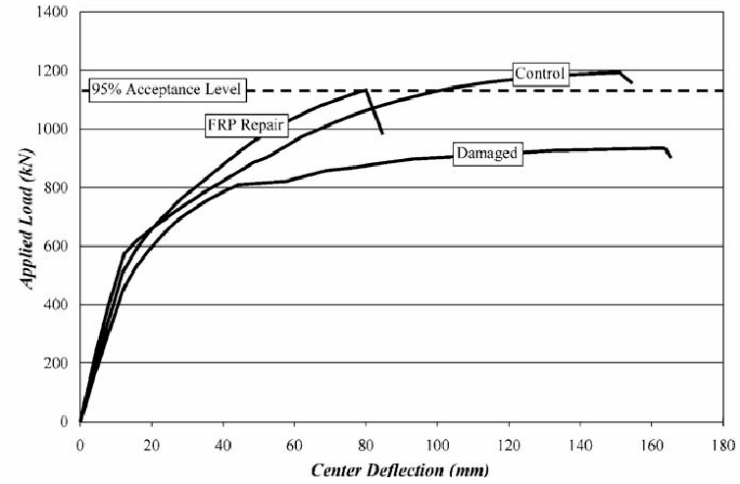
نمونه های آزمایشی	سختی اولیه		بار ترک خوردگی		بار نهایی	
	K(kN/m)	٪ نسبت به نمونه کنترلی	Pcr (kN)	٪ نسبت به نمونه کنترلی	Pmax (kN)	٪ نسبت به نمونه کنترلی
نمونه کنترلی	۴۵/۹	۱۰۰	۵۸۴	۱۰۰	۱۱۹۳	۱۰۰
نمونه تعمیرشده با گروت	۳۶/۴	۷۹/۳	۴۹۸	۸۵/۳	۹۳۵	۷۸/۴
نمونه تعمیرشده با GFRP	۴۱/۱	۸۹/۵	۵۵۷	۹۵/۴	۱۱۳۳	۹۵

جدول۲- نتایج آزمایشگاهی تغییرمکان وسط تیر نمونه های آزمایش شده

نمونه های آزمایش	تغییرمکان وسط دهانه در بار ترک خوردگی		تغییرمکان وسط دهانه در بار نهایی	
	Dcr (mm)	٪ نسبت به نمونه کنترلی	Dmax(mm)	٪ نسبت به نمونه کنترلی
نمونه کنترلی	۱۲/۷	۱۰۰	۱۵۱/۱	۱۰۰
نمونه تعمیرشده با گروت	۱۳/۷	۱۰۸	۱۶۳/۱	۱۰۸
نمونه تعمیرشده با GFRP	۱۳/۵	۱۰۶	۸۰/۳	۵۳

همانطور که در نمودار شکل(۷) ملاحظه میشود در حالت کلی سختی نمونه ترمیم شدهGFRP نسبت به نمونه اولیه نیز بیشتر است . این مطلب سبب افزایش ظرفیت باربری نمونه ترمیم شده تحت بارهای سرویس خواهد شد .

با توجه به نتایج این بحث این روش تعمیر مقاومت تیر پیش تنیده بازسازی شده را به٪ ۹۵ مقاومت اولیه میرساند .همچنین با افزایش سختی تیرهای پیش تنیده نسبت به حالت اولیه شرایط بهتری را برای بار سرویس ایجاد میکند .



شکل۷- مقایسه منحنی های بار-تغییرمکان وسط دهانه برای نمونه های آزمایش

۴. نتیجه گیری

جهت جلوگیری از مسدود شدن طولانی مدت بزرگراهها به منظور تعمیر پلهای آسیب دیده، نیازمند به روشی سریع و موثر نظیر روشGFRP جهت تعمیر خواهیم بود .در این مقاله توانایی بازگرداندن سختی و مقاومت تیرهای تعمیر شده توسط سیستم GFRP بصورت آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت . بزرگترین مزیت این نوع FRP قابلیت پاشیدن توسط اسپری میباشد که باعث تسهیل و سرعت بخشیدن به روند تعمیر میشود .همچنین به جهت لزجت کم ، این رزین در داخل فضای خالی موجود نفوذ بهتری خواهد داشت.

با توجه به نتایج مقاله، این روش بهسازی با GFRP ،مقاومت تیر پیش تنیده بازسازی شده را به ۹۵٪ مقاومت اولیه میرساند .همچنین با افزایش سختی تیرهای پیش تنیده نسبت به حالت اولیه شرایط بهتری را برای بار سرویس ایجاد میکند .

۵. مراجع

۱- Andrew J. Boyd, Ningfeng Liang, Perry S. Green, Kimberly Lammert. Sprayed FRP repair of simulated impact in prestressed concrete girders , Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University, Montreal, Canada, QC H۳A ۲K٦ , Department of Civil and Coastal Engineering, University of Florida, Gainesville, FL ۳۲٦۱۱, United States ,Steel Joist Institute, ۳۱۲۷ Mr. Joe White Avenue, Myrtle Beach, SC ۲۹٥۷۷-٦۷٦۰, United States De Simone Consulting Engineers, Miami, FL ۳۳۱۳٤, United States, ۲۰۰٦

۲- شاهین تعاونی ،بتن پیش تنیده ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۷۳

۳- Boyd AJ. Rehabilitation of reinforced concrete beams with sprayed , glass .ber reinforced polymers. PhD Thesis, Department of Civil , Engineering, University of British Columbia, Vancouver, Canada, ۲۰۰۰.

٤- Boyd AJ, Banthia N. Strengthening of full-scale bridge channel beams with sprayed FRP. ۹th Int Conf on Structural Faults and Repair: London, UK, ۲۰۰۱, CD-ROM.