Archive of SID

مروری بر روش های نگهداری و بهسازی پل های بتنی

فاطمه عبدالهی[۱] ، نرگس مقدسی[۲]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه -ترابری،دانشگاه پیام نور مرکز بین‌المللی عسلویه ،ایران

۲-استادیار،گروه مهندسی عمران ،دانشگاه پیام نور ،صندوق پستی ۱۹۳۹۵-۳۶۹۷،تهران،ایران

چکیده :

پل ها به عنوان مهم ترین ابنیه فنی و جزء عناصر کلیدی مسیر راه تلقی می شوند که احداث آنها نسبت به بقیه اجزای راه بسیار پر هزینه است. لازمه طراحی، روش مرمت و بهسازی پل ها ،شناسایی و منظور نمودن انواع خرابی هایی است که اتفاق افتاده و تعیین اولویت های پرداختن به آنهاست. در این مقاله ابتدا به شیوه بررسی انواع خرابی ها در پلهای بتنی پرداخته شده و سپس روشهای تعمیر و بهسازی را مورد بحث قرار داده و با هم مقایسه کرده و در نهایت بهترین روش معرفی شده است.

کلمات کلیدی: ابنیه فنی، تعمیر ونگهداری، بازرسی پل ها، آسیب دیدگی پل ها،پل بتنی

مقدمه :

اجرای پروژه های عمرانی جدید در کشورهای در حال توسعه از عوامل پیشرفت و رشد اقتصادی آنها به شمار می رود، بنابراین توجه به سلامت سازه های جدید، امری ضروری تلقی شود. احداث پلها نسبت به سایر اجزای راه بسیار پرهزینه است. از آنجا که پلها از زیرساختهای اصلی ارتباطی محسوب شده و بروز هر گونه اشکال و وقفه در عملکرد آنها میتواند موجب قطع ارتباط و وارد آمدن خسارت اقتصادی هنگفت شود، لذا لزوم بازرسی، نگهداری مداوم آنها و ارزیابی مستمر وضع موجود آن ها اهمیت زیادی پیدا میکند. همچنین، هزینه اولیه صرف شده برای احداث پلها صرفاً در صورت حفظ عملکرد بلند مدت و عمر مفید طولانی آنها توجیه پذیر است. این موارد برای پلهای رودخانه ای بدلیل پیچیدگیهای اندرکنش جریان آب، سازه پل و خاک بستر رودخانه از اهمیت بیشتری برخوردار است. بدون بازرسی و ارزیابی وضع پل در هر زمان و تشخیص میزان فرسایش، خرابیها و آسیبهای وارد آمده به آن در طی مدت عملکرد آن، رسیدن به شرایط مطلوب ناممکن است. میتوان گفت میزان تأثیر مثبت عملیات نگهداری و بهسازی عملکرد یک پل تابعی از اعتبار و دقت بازرسی و ارزیابیهای صورت گرفته است.روش های مدیریت تعمیر و نگهداری موضوعیست که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است .[۱۰]

لیو مین، فرانگپول دان(۲۰۰۶) به بررسی بهینه سازی مدیریت نگهداری شبکه پل در مورد فاکتورهای متناقض می پردازد،در این مقاله اثرات خرابی پل های منفردرا نسبت به عملکرد کلی شبکه بزرگراه مورد تجزیه وتحلیل قرار میدهد. و از طریق حداقل سازی همزمان و متعادل کردن

www.SID.ir

سه عملکردعینی(هزینه نگهداری راه ،هزینه های خرابی پل و هزینه کاربر) طرح بهسازی را با استفاده از الگوریتم ژنتیک،در بهینه ترین حالت ممکن قرار میدهد.[۱۱]

جوادیان شهنام و همکاران (۱۴۰۰)، به تعیین وضعیت بحرانی پل‌ها برای تخصیص تعمیر و نگهداری با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی می پردازد. توسعه یک سیستم مدیریت پل با استفاده از تلفیق روش‌های نوین تصمیم‌گیری چند معیاره فازی می‌باشد. سیستم توسعه یافته مشتمل بر یک پروتکل سه فازه است. در فاز اول با بهره‌گیری از مطالعات گذشته، شهود و قضاوت‌های شخصی و تجارب خبرگان اقدام به تهیه پایگاه داده مشتمل بر فاکتورهای موثر بر وضعیت بحرانی پل‌ها و همچنین شناسایی تعدادی پل با مشخصات نسبتاً یکسان و نیازمند به تعمیر و نگهداری شد. در فازهای دوم و سوم، با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در مسئله تصمیم‌گیری، با ترکیب روش‌های دلفی-سوارا- آراس در محیط فازی، ضمن غربالگری و اولویت‌بندی فاکتورهای بحرانی کارآمدتر، به اولویت‌بندی وضعیت بحرانی پل‌های مورد مطالعه پرداخته شد.[۱]

غلامی مهران و مسعود محمد هادی(۱۴۰۰)، به ارزیابی عوامل موثر بر مدیریت پل ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی می پردازند.در این مطالعه با بکارگیری روش سیستم تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) در ابتدا معیارها و پارامترهای تاثیرگذار بر مدیریت پل تعیین و سپس بر اساس نظر خبرگان اهمیت پارامترهای مذکورمورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. نهایتاً نتیجه گیری شد که "طراحی اصولی بر اساس آیین نامه ها" ،"کیفیت مصالح مصرفی" و "کیفیت و دقت در ساخت پل" به عنوان مهمترین معیارهایی هستند که باید قبل از شروع به بهره برداری پل بدانها توجه شود. همچنین پارامترهای تاثیرگذار در نرم افزار سیستم مدیریت پل عبارتند از "ایمنی کاربران"، "نوع، تعداد و شدت آسیب ها و خرابی ها" و "میزان هزینه تعمیر و نگهداری". بدین ترتیب معیارها و پارامترهای مورد نظر با توجه به اولویت تعیین شده می توانند در مدل های اولویت بندی و تخصیص بودجه مورد استفاده قرار گیرد(AHP) .[۷].

علاوه بر این برخلاف خرابی های روسازی که در معرض دید مستقیم استفاده کنندگان راه ها قرار دارند، خرابی پل های راه غالبا در معرض دید قرار نمی گیرند و نسبت به رفع آن ها دیرتر اقدام می شود. مطالب فوق بیانگر اهمیت بالای تعمیر و نگهداری پل های راه می باشد . تصمیم گیری های صحیح در امر نگهداری و انجام به موقع عملیات تعمیر و ترمیم، بازرسی های مکرر و دقیق می باشد. امروزه با بهره گیری از سیستم مدیریت پل«BMS » می توان با استفاده از فرم های جمع آوری اطلاعات بازرسی که در بازدیدهای زمان بندی شده توسط کارشناسان مجرب تکمیل می گردد بنابراین باید نسبت به ایجاد یک پایگاه داده از وضعیت موجود اعضای پل اقدام نموده و با تخصیص بهینه بودجه که از اهداف اصلی این سیستم می باشد، مناسب ترین روش های تعمیر و نگهداری پل ها را پیشنهاد نمود [۱۲ و۱۳] .این سیستم شامل بازرسی های منظم دوره ای و جمع آوری اطلاعات، ارزیابی شرایط پل و تعیین وضعیت کیفی و بهره وری پل، تعیین نوع تعمیرات مورد نیاز و هزینه های مربوط، مقایسه اقتصادی انـواع روش های تعمیـر، تعیین تأثیر انجام تعمیرات بر طول دوره ی بهره وری پل، تعیین زمان بهینه برای انجام تعمیرات، مطالعه ی روند فرسودگی و آسیب دیدگی پل و تعیین عمر مفید پل بر اساس وضعیت موجود می باشد .[۶] بازرسی فرایندی استکه با حضور جاری،ادواری و متناوب و یا اضطراری. در محل و برداشت های چشمی وابزاری آغاز گردیده و به تحلیل و به گزینش گزینه های مرمتی ونهایتا نظارت بر انجام عملیات ترمیمی ختم میگردد.در جدول شماره (۱) زمان بازدید دوره ای پیشنهادی نشریه ۲۸۰ راهداری ارائه شده است. [۵]

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره(۱) - زمان بازدید دوره ای پیشنهادی نشریه ۲۸۰ راهداری[۵]

ردیف	شرح	جاری	دوره ای	متناوب
۱	عرشه پل	یک هفته	سه ماه	یکسال
۲	روسازه پل	یک ماه	شش ماه	یکسال
۳	زیرسازه پل	-------	شش ماه	یکسال
۴	وضعیت بالادست و یا پایین دست	یک هفته	سه ماه	یکسال

اساس هر سیستم مدیریت پل، پایگاه داده موجودی آن می باشد. یک پایگاه داده موجودی شامل اطلاعات مربوط به نوع اجزاء پل و وضعیت آنها می باشد. هستهٔ این پایگاه داده را اطلاعات مربوط به وضعیت و خرابیهای اجزاء مختلف پل تشکیل می دهد که از بازرسی ها جمع آوری شده اند. همچنین یک پایگاه داده که هزینه پروژه ها را هم در مقیاس کلی(تعویض عرشه یک پل) وهم در مقیاس جزئی تر (تعمیر درزهای انبساط روی عرشه) را دارد، توسط مدلهای هزینه به همراه محدودیتهای مربوط به بودجه، تورم وپارامترهای دیگر اقتصادی بکار میرود .مدل خرابی وضعیت موجود را به همراه فعالیتهای اصلاحی و خرابی براساس اطلاعات مشابه قبلی ساخته می شود . در تعیین اطلاعات پایه قبلی باید به شرایط محیطی و مدل نوع سازه توجه ویژه ای داشت[۲]با توجه به خروجی سیستم مدیریت بهسازی پل که در نتیجه بازدید ها و رتبه بندی خرابی ها و دادن وزن به هر کدام ازانواع خرابی به دست میاید، وضعیت هر پل و قسمتهایی از آنکه نیاز به مرمت و بهسازی دارد مشخص میشود.در این مقاله چندین روش های تعمیر و نگهداری مورد بحث قرار میگیرد.

۱-طرح تعمیر و مرمت

۱-۱-اجرای کامل سیستم جمع آوری آب های سطحی:

سیستم زهکشی پل نیز شرایطی مشابه با درز انبساط دارد. زهکشها اجزای غیر سازه ای هستند که به شدت بر دوام پل تأثیرگذار هستند. وقوع خرابی در درزهای انبساط اغلب به صورت پر شدگی، سوراخ شدگی و یا جدا شدن لوله های زهکشی ا ست. در این موارد، به علت جمع شدن آب در بخشهایی از سازه و یا نفوذ آن در سازه، زنگ زدگی و یخ زدگی در سازه اتفاق میافتد. در صورتی که به دلیل عدم کفایت سیستم زهکشی آب بر روی سازه جمع شود، احتمال بروز تصادف برای وسایل نقلیه نیز افزایش می یابد.

۱-۲-تعمیرات بتنی دال در عرشه تیرورق فولادی با استفاده از مالت تعمیری پایه سیمانی:

مالت تعمیری سیمانی که بطور سنتی مورد استفاده قرار میگیرد، حاوی سیمان، ماسه و آب است. برای کاهش جمع شدگی ذاتی این مصالح از افزودنیهایی نظیر کاهنده های مصرف آب(با حفظ و یا افزایش کارایی)؛ عوامل انبساط زا و دیگر اصلاح کننده ها استفاده میشود. همانطور که عنوان گردید، از مالت های تعمیری میتوان در برداشتهای با عمق کم استفاده نمود .تمام مالت های تعمیری سیمانی باید ضوابط عنوان شده در C387 ASTM را ارضاء نمایند. در این استاندارد مشخصات فنی مورد نیاز، نحوه بسته بندی، اختلاط و مصرف به تشریح آورده شده و لازم است اجرا گردد .تا زمانیکه مقاومت سازه ای المان دچار زوال اساسی نشده باشد می توان با حداقل آسیب به سطح بتن نسبت به تعمیر و احیاء آن اقدام نمود. مناسب ترین روش تعمیری در چنین شرایطی استفاده از انواع مالت تعمیری آماده موجود در بازار می باشد.

www.SID.ir

۱-۳-تراش آسفالت و اجرای آسفالت سرتاسری به همراه ایزوالاسیون مناسب :

معمولا روکش سواره رو در پلها علاوه بر ارزیابی در سیستم نرخ گذاری موجود در پل، بصورت مستقل توسط آئین نامه های مربوط به ارزیابی و کنترل روسازی نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار میگیرد.یک یا چند گزینه از موارد زیر انتخاب میگردد.

- درزگیری ترکها – پر کردن ترکهای سطحی
- درزگیری با استفاده از قیر امولوسیون و آب
- اجرای آسفالت پلیمری به همراه مصالح ریزدانه
- جرای ترکیب قیر امولوسیون، مصالح ریز خوب دانه بندی شده و آب
- اجرای آسفالت امولوسیون و سپس مصالح دانه های و غلطک زنی
- اسپری کردن روکش آسفالت پلیمری و مصالح ریزدانه به منظور اصلاح زیرسطحی
- تراشیدن آسفالت آسیب دیده و آمادگی سطح برای اجرای تعمیر
- اجرای آسفالت بازیابی شده سرد
- اجرای آسفالت بازیابی شده گرم
- لایه نازک آسفالت سرد
- لایه نازک آسفالت گرم
- وصله کاری و اصلاح موضعی روکش آسفالت از بستر تا آسفالت نهایی
- اجرای لایه ضخیم آسفالتی

۱-۴-اصلاح کامل سیستم درز انبساط سواره رو :

روشی که درحال حاضردرسیستم راهداری کشور برای درزهای انبساطی کوچک مورد استفاده قرار می گیرد، درزهای ماستیکی یا زیر آسفالتی است که دامنه کاربرد آنها برای درز های با بازشدگی۱۵ میلی متر است. مبنای فنی عملیات اجرایی یادداشت فنی شماره۹۴ -۲-۱ سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور است. مراحل اجرا قبل از شروع عملیات متناسب با وضعیت درزها بصورت دستور کار در اختیار پیمانکار قرار داده میشود [۳]

۱-۵-پاکسازی و اجرای پوشش محافظ سرتاسری بر روی سطوح بتنی عرشه:

در فرآیند نگهداری و تعمیرات پل ها یکی از مهم ترین نکات اجرایی جلوگیری از توسعه خرابی در آینده است. با توجه به اینکه سطح بتن نقطه نفوذ آلودگی هایی است که منجر به خرابی در بتن و آرماتورها می گردد، می توان با اجرای پوشش محافظ سرتاسری نسبت به محافظت بلند مدت پل در برابر آثار مخرب محیطی مبادرت ورزید.

www.SID.ir

۱-۶-بهسازی پایه ها،کوله ها و عرشه تیر و دال بتن مسلح با استفاده از ژاکت بتنی:

یکی از بحرانی ترین آسیب های در پل ها تخریب تیردالهای بتنی بدلیل خوردگی مصالح است شکل (۱). برای اصلاح وضعیت این تیرها می بایست وضعیت تیر به شرایط اولیه طراحی شامل بتن و آرماتور بازگردد. شرح فرآیند اجرایی قلوه کنی یکی از خرابی های شایع در پل ها است که ممکن است به دلایل مختلفی به وجود آمده باشد. در صورتی که قلوه کنی به دلیل بروز زنگ زدگی به وجود آمده، با توجه به نمایان شدن میلگردها در این شرایط، لازم است بتن تا پشت میلگرد تراشیده و زنگ روی میلگردها با استفاده از ماسه پاشی زدوده شود.

در صورتی که قلوه کنی بعلت برخورد وسایل نقلیه به وجود آمده،لازم است وضعیت میلگردها در ناحیه مورد نظر به دقت بررسی گردد. در برخی موارد ممکن است آرماتورها در اثر شدت برخورد و همچنین تکرار آن دچار بریدگی شده باشند. در این صورت لازم است میلگرد اضافه گردد. اضافه نمودن میلگرد در این مقاطع باید به نحوی انجام شود که یکپارچگی و پیوستگی عضو حفظ شود و لذا رعایت طول مهاری از دو طرف برای میلگرد اضافه شده ضروری است.

در صورتی که با انجام آزمایش از بتن مشخص گردد که سنگدانه های مصرفی آلوده به عوامل مهاجم میباشند، تعمیر اساسی میسر نخواهد بود. مصالح مصرفی برای تعمیر قلوه کنی اعضای بتن مسلح گستردگی زیادی دارد. برای تعمیر این خرابی با توجه به عمق و گستردگی آن میتوان از گروت، بتن معمولی و یا بتن حاوی مواد افزودنی، اپوکسی و نظایر آن استفاده نمود. قبل از اجرای مصالح تعمیری لازم است ابتدا سطح برداشت تخریب بتن تعیین گردد. ابتدا باید تمامی بتن معیوب برداشته شود موضوعی که لازم ست در اینجا به آن توجه نمود، نیاز به استفاده از قالب است. در شرایطی که عمق خرابی کم بوده و عمق برداشت به میلگردها نمی رسد، میتوان لایه تعمیری را بدون استفاده از قالب و با استفاده از ماله و بصورت دستی اجرا نمود. در این روش، عامل اجرایی، لایه تعمیری را با دست و ماله بر روی سطوح پخش مینماید. همچنین با استفاده از ماله بر روی لایه تعمیری فشار وارد مینماید تا تراکم لایه و پیوستگی آن به بتن پایه افزایش یابد.

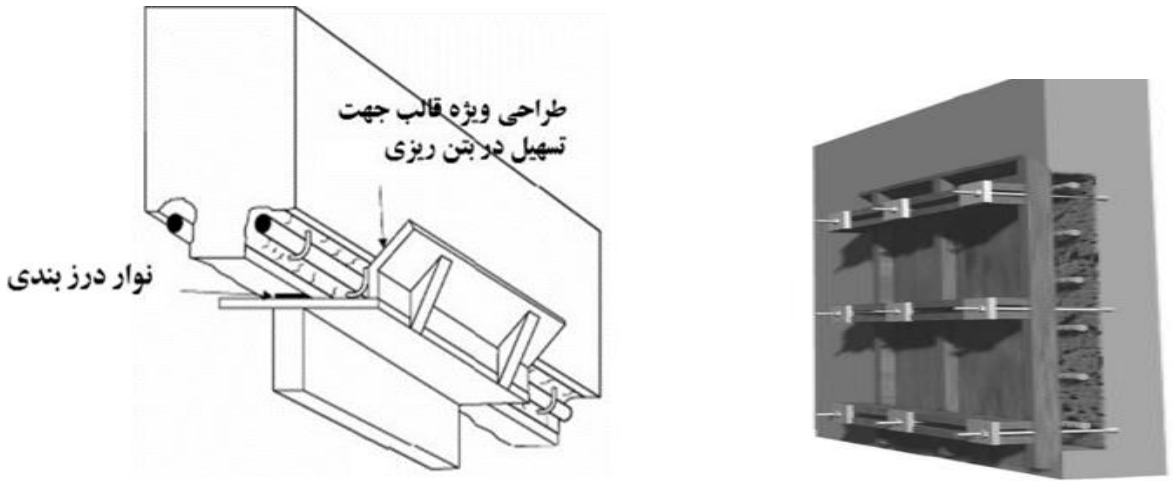
شکل شماره (۱) –قلوه کنی بتن و بریدگی میلگردها در برخورد با وسایل نقلیه

اجرای لایه تعمیری با دست در مواردی کاربرد دارد که سطوح آسیب دیده محدود و یا دسترسی کم باشد و یا تعمیر جنبه زیبایی و نه سازه ای داشته باشد. در صورتی که با توجه به طبیعت مصالح مصرفی نیاز به اجرای چند لایه باشد، لازم ا ست قبل از سفت شدن لایه اول، سطح این لایه با استفاده از ماله زبر و لایه بعدی اجرا شود . با افزایش عمق خرابی و در شرایطی که برداشت بتن معیوب تا پشت میلگرد انجام می شود، استفاده از قالب بندی ضروری است. قالب بندی معمولا در مورد سطوح قائم مانند دیوارها و پایه های پل و همچنین سطوح گسترده زیر

www.SID.ir

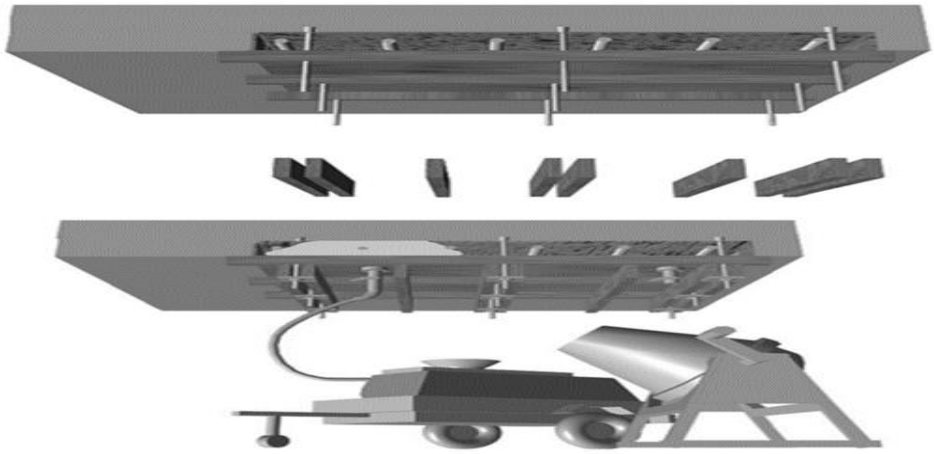
Archive of SID

دال، بدنه جانبی و زیر تیرها مورد قرار میگیرد.در صورتیکه برای تعمیر زیر دالها از قالب بندی استفاده میشود، نیاز به ملاحظات ویژه ای میباشد.



شکل (۲) – قالب بندی جهت اجرای بتن ریزی زیر تیر و در سطوح قائم

بتن ریزی باید با استفاده از پمپ و تحت فشار صورت گیرد تا تمام منافذ و حفرات موجود در قالب به خوبی پر شده و پیوستگی کامل بتن تعمیری با بتن پایه محقق گردد. برای نصب قالبها در محل از روش های مختلفی میتوان استفاده نمود. قالب بندی با استفاده از میله مهارهای کاشته شده درون بتن پایه جهت تحمل وزن قالب بندی یکی از این روشها است. در صورت استفاده از این روش، باید فواصل مهارها با دقت طراحی شده و پیچ های اتصال به نحوی سفت شوند تا پس از بتن ریزی، قالبها دچار نشست نشوند.



شکل (۳) – قالب بندی با استفاده از کاشت میله های مهاری وتزریق بتن

www.SID.ir

روش دیگر قالب بندی، استفاده از شمع بندی و یا داربست زنی است. در تمامی این موارد لازمست زیر قالب بندی با استفاده از کاشت میله های مهاری و تزریق بتن تقویت شود. جهت تسهیل در بتن ریزی، در مواردی این امکان وجود دارد که در زیر دال قالب بندی شده و بتن ریزی از بالای دال صورت پذیرد. برای این منظور سطح فوقانی دال در چند محل و بنا به تشخیص مهندس طراح سوراخ شده و بتن خود متراکم و با روانی زیاد درون این سوراخها ریخته شود. در این روش بتن ریزی از یک انتها شروع شده و تا انتهای دیگر پیش میرود.

شکل شماره (۴) – بکارگیری نئوپرن ها در پل

۱-۷-تعویض سرتاسری نئوپرن ها

پیشنهاد میشود تا با در نظر داشتن عمر بهره برداری قابل توجه پل، نسبت به تعویض کلیه نئوپرنها اقدام گردد.

مراحل اجرایی

- پاکسازی نشیمنگاهها با استفاده از واترجت
- نصب و جانمایی جک هیدرولیک
- جکزنی و بلند کردن عرشه(حداکثر ۲۰ میلیمتر)
- برداشتن نئوپرن و تخریب نشیمن موجود
- نصب ورق فولادی نشیمن زیرسری نئوپرن و آب بندی مناسب
- تعویض و جایگذاری همزمان نئوپرنها
- تخلیه جکها بصورت همزمان

از جمله مشکلات موجود در طراحی پل ها، عدم صراحت آیین نامه در نقش تکیه گاههای انبساط حرارتی،نسبت به پل هایی است که در آنها پایه ها به طور مستقیم به عرشه متصل شده اند . مقاله زیر به بررسی اجمالی استانداردهای طراحی این نوع تکیه گاهها می پردازد.

www.SID.ir

فضلی،هادی و رضا نژاد رقیه(۱۳۹۵)؛ به بررسی تکنولوژی ساخت و روش های طراحی تکیه گاه های الاستومری پل ها پرداختند.انتخاب تکیه گاه مناسب برای عرشه پل ها و طراحی جزئیات آن جزو وظایف مهندس سازه است. هدف از تعبیه اجزای تکیه گاهی انتقال نیروها از عرشه به زیرسازه و همچنین فراهم نمودن امکان تغییرشکل های عرشه با مکانیزم مناسب است. متداول ترین نوع تکیه گاه سازه ای بکار رفته در پل ها، تکیه گاه الاستومر است. مزیت مهم تکیه گاه الاستومری نسبت به سایر تکیه گاه ها نظیر غلتکی، مفصلی، گهواره ای، کاسه ای، صفحات لغزنده و ...، اقتصادی بودن، کارایی بهتر و عدم نیاز به نگهداری است. در این نوشتار تلاش گردیده تا با مروری بر تکنولوژی ساخت، مشخصات مکانیکی، روش های طراحی، ضوابط آیین نامه ای و موارد اجرایی، درک بهتری نسبت به این اجزای مهم سازه ای برای طراحان و مجریان پل ها حاصل شود.[۸]

۲-طرح بهسازی و افزایش ظرفیت باربری

با توجه به ظرفیت های بدست آمده در گزارش آسیب شناسی کمی پل ها سه راهکار اصلی ذیل را می توان به عنوان راهکارهای مبنای بهسازی مدنظر قرار داد .

۲ -۱ افزایش ظرفیت با استفاده از ژاکت بتنی؛

یک روش قدیمی و متداول برای تقویت خمشی دالها نصب یک شبکه آرماتور در زیر دال با شاخک های فلزی کارگذاری شده در بتن و اجرای بتن روی آن به روش شاتکریت می باشد. مهمترین مزیت استفاده از این روش مواردی است که آرماتورهای موجود لایه پایین دال فاقد پوشش کافی می باشند که با اجرای بتن لایه جدید آرماتورهای قدیمی به نحو مناسبی پوشیده شده و به علاوه با افزایش ضخامت بتن بازوی مقطع افزایش می یابد و مقاومت خمشی مقطع بتنی ارتقاء می یابد. این روش خصوصا در مواردی که بتن موجود دال فاقد مقاومت جهت به کارگیری ورقهای کامپوزیت FRP برای افزایش مقاومت خمشی مقطع می باشد روشی مفید و کارا محسوب می گردد. با در نظر گرفتن وضعیت بتن موجود تعدادی از پلها توجه به این روش به عنوان راهکار مطلوب حداقل در بخشهایی از پروژه ضروری به نظرمی رسد .پوشش بتنی در کنار مزایای خود دارای معایبی نیز می باشد. ضعف عمده این روش افزایش بار مرده دال است که موجب می گردد بر میزان تنش های موجود افزوده گردد. همچنین اجرای بتن شاتکریت به صورت سر بالا از کیفیت بتن بدست آمده خواهد کاست .جهت ایجاد یکپارچگی میان بتن قدیمی و بتن جدید مقطع نیاز به نصب برشگیر در بتن قدیمی می باشد که موجب دشواری اجرا می گردد. به عنوان یک عامل محدود کننده باید به ارتفاع ناکافی بسیاری از پلها جهت اجرای عملیات نصب شبکه آرماتور و بتن پاشی اشاره نمود که مانع از تأمین فاصله مطلوب بتن پاشی شده ،کیفیت آنرا کاهش می دهد .استفاده از شاتکریت در زیر پلهایی که محل عبور ترافیک هستند چون باعث کاهش ارتفاع مفید عبوری می گردند ممکن است برای پل مشکلاتی ایجاد نماید که حتما باید پیش از اجرا مورد توجه قرار گیرد .علاوه بر موارد فوق پس از اجرای بتن لازم است تا رسیدن آن به مقاومت مطلوب شرایط عمل آوری مناسبی برای آن فراهم گردد.

فقیه ملکی هادی، حسینی ثابت مرتضی (۱۳۹۹) ، به مطالعه آزمایشگاهی وعددی مقاوم سازی پایه های پل های بتن آرمه می پردازند،در این مقاله رفتار لرزه ای پایه ستون بتن آرمه تقویت شده با دورگیری ژاکت فلزی و ژاکت بتنی با ابعاد ۳/۵×۳/۵متر دارای شبکه آرماتور مورد بررسی قرار گرفت .مدل هایی جهت برآورد پارامترهای لرزه ای آن به صورت غیرخطی هندسی و مصالح تحلیل گردید.با توجه به نتایج به دست آمده ،مشاهده می‌شود که با استفاده از دورگیری ژاکت فلزی ،میزان جذب انرژی ،مقاومت نهایی و شکل پذیری افزایش یافته ،اماکمتراز ژاکت بتنی که با استفاده از باکس بتنی با ابعاد ۳/۵×۳/۵متر میزان جذب انرژی ،مقاومت نهایی وشکل پذیری به مقدار ۳۸،۱۴،۱۳درصد افزایش یابد .[۹]

www.SID.ir

۲-۲- افزایش ظرفیت مقطع با استفاده از ژاکت فولادی؛

روش دیگری که برای تقویت عرشه ها برای افزایش ظرفیت خمشی متصور می باشد استفاده از ژاکت فلزی در زیر دال عرشه می باشد. در این روش با بکارگیری ورقهای فولادی و نصب آنها با استفاده از انواع پیچهای مهاری یا چسب اپوکسی در زیر دال بتنی می توان بر مقاومت دال افزود .مهمترین ضعف این روش وجود پتانسیل بالای خوردگی در این ورقها به علت قرارگیری در شرایط جوی نامناسب زیر پلها است .زیرا عموما بر اثر عبور سیلاب در زیر پلها مقداری آب جمع می شود و محیط مرطوب و مساعدی برای خوردگی ایجاد می نماید و خورده شدن آرماتورهای لایه پایین دال عرشه گواهی بر این ادعاست. هر چند با رنگ آمیزی ورقهای فولادی می توان ایجاد خوردگی را تا حدود زیادی در ورقها کنترل کرد. در صورت بکارگیری پیچهای مهاری ممکن است رنگ ورق هنگام بستن پیچها آسیب ببیند و همواره پتانسیل نفوذ رطوبت و ایجاد خوردگی در ورق از محل سوراخها وجود خواهد داشتت اطمینان حاصل گردد میشود.

۲-۳- افزایش ظرفیت مقطع با استفاده از ورق های کامپوزیت (FRP)؛

یکی از روشهای کاربردی و قابل پیشنهاد که استفاده از آن جهت افزایش ظرفیت باربری خمشی مقاطع بتنی روز به روز در حال افزایش است، استفاده از ورقهای کامپوزیت الیافی- پلیمری بر روی سطح بتن برای تقویت مقطع می باشد. برای استفاده از سیستم FRPدر پروژه های خاص لازم است وضعیت موجودسازه از قبیل ظرفیت باربری شناسایی و عوامل آن و شرایط سطح بتن ارزیابی شود. ارزیابی کمی میتواند شامل بازرسی دقیق میدانی و اخذ اطلاعات لازم،مروری بر مدارک طراحی موجود سازه اجرا شده،چون ساخت و تحلیل سازه باشد[۴].

مهمترین دلیل گسترش استفاده از این روش اولا سهولت کاربرد بر روی انواع مختلف سطوح و ثانیاً افزایش چشمگیر مقاومت و شکل پذیری مقاطع با صرف هزینه و زمان اندک با کیفیت مطلوب می باشد .یکی دیگر از روشهای قابل بکارگیری، استفاده از میله های الیافی به صورت آرماتور می باشد. میله های ساخته شده از الیاف کامپوزیت در مواردی که آرماتورهای مقطع بتنی دارای پوشش کافی باشند با شیارزنی بتن قابل استفاده خواهد بود .همچون هر روش دیگری استفاده از این روشها با محدودیتهایی همراه است. مهمترین محدودیت در استفاده از ورقهای کامپوزیت آنست که چون در این روش بازوی موثر مقطع بتنی افزایش نمی یابد، افزایش ظرفیت مقطع تا حدود ۴۰ درصد با این روش اقتصادی می باشد. لذا هرگاه مقطعی نیازمند تقویتی بیش از این مقادیر باشد باید از روشهای دیگری استفاده شود .

سیستم های FRP به صورت پوشش بیرونی و به منظور افزایش مقاومت و بهسازی سازه های بتنی موجود از اواسط دهه ۱۹۸۰ تاکنون در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می گیرند. انواع اعضا و سیستم های سازه ای مانند تیرها، دالها، ستونها، دیوارها، اتصالات. دودکش ها، طاقهای گنبدی شکل، تونلها، سیلوها، لوله ها و خرپاها را می توان به این روش تقویت نمود .استفاده از کامپوزیت های قرار گرفته در یک بستر پلیمری در بهسازی سازه های بتن آرمه پلها طی سالیان اخیر از رشد قابل توجهی برخوردار بوده است که دلیل اصلی آن نیاز به افزایش عمر بهره برداری و ارتقاء ظرفیت حمل و نقلی در تمامی نقاط دنیا می باشد. از ویژگی های اصلی کامپوزیت های پلیمری می توان مقاومت مناسب در برابر خوردگی، سادگی اجرا در محل نصب و سبکی آن ها را برشمرد. عامل دیگر در گسترش کاربری مصالح FRP ، قیمت نسبتا مناسب این مصالح در قبال مزایای فنی برجسته آن است .چسباندن کامپوزیت FRP بر روی سطح خارجی اعضای بتن آرمه علیرغم مزایای مواد کامپوزیت دارای محدودیت هایی نیز می باشد و لازم است وضعیت موجود سازه از قبیل ظرفیت باربری، شناسایی نقایص وعوامل آن و شرایط سطوح بتن ارزیابی گردد. [۴]

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره (۲)-مقایسه روش های مختلف بهسازی

روش	مزایا	معایب
استفاده از ژاکت بتنی	مصالح مورد استفاده به راحتی در دسترس بوده و نیازمند تکنولوژی خاصی برای اجرای ژاکت بتنی در تعمیر و بهسازی پل ها نمی باشد .هزینه اجرا در مقایسه با روش های دیگر به شکل قابل توجهی کمتر است . مقاومت این روش در برابر حوادث بیرونی مانند آتش سوزی و برخورد ترافیکی بیشتر است	ایجاد لایه جدید بتنی در زیر عرشه پل علاوه بر تقویت خمشی که ایجاد می نماید به وزن موجود عرشه اضافه می نماید .زمان اجرای بهسازی با استفاده از این روش نسبت به روش های دیگر زیاد تر است .این روش ارتفاع آزاد زیر عرشه را کاهش می دهد
استفاده از ژاکت فولادی	مصالح مورد استفاده به راحتی در دسترس بوده و نیازمند تکنولوژی خاصی برای اجرای ژاکت فولادی در تعمیر و بهسازی پل ها نمی باشد .هزینه اجرا در مقایسه با ژاکت بتنی بیشتر است اما در مقایسه با روش دیگر کمتر می باشد .قابلیت اعتماد در مقاطع بهسازی شده با لایه فولادی جدید کمتر است.	هرچند در مقایسه با روش ژاکت بتنی وزن کمتری در نتیجه این روش به عرشه تحمیل می شود لیکن در نهایت برای رسیدن به مقاومت مطلوب وزن فولاد زیادی مورد نیاز خواهد بود .حساسیت این روش در برابر برخورد ترافیکی بالا است.
استفاده از لایه های فیبر کربن	در این روش با ایجاد حداقل وزن ممکن و ضخامت در لایه ها می توان ظرفیت خمشی بسیار بالایی ایجاد نمود	حساسیت روش در برابر حوادث پیرامونی مانند آتش سوزی و برخورد ترافیکی بسیار بالا است .هزینه بهسازی با این روش قابل توجه خواهد بود.

www.SID.ir

نتیجه گیری:

از آنجا که پل ها نسبت به سایر ابنیه فنی، بیشتر در معرض خرابی ها می باشند و به نوعی پرکاربردترین ابنیه فنی راه محسوب می گردند در این تحقیق به معرفی برخی از آسیب های پل و راهکارهای تعمیر و نگهداری آن ها پرداختیم .در کنار سایر روش های ارائه شده برای تعمیر و نگهداری بخش های مختلف پل ها، استفاده از کامپوزیت های FRP که همواره در مطالعات سایر محققین نیز مورد بحث بوده و نقش عمده ای در تعمیر ترک خوردگی ها و افزایش تاب خمشی و برشی اعضای بتنی دارد، با توجه به هزینه پایین و عدم نیاز به نیروی انسانی ماهر برای نصب آن ها به عنوان یکی از مهم ترین روش های تعمیر و نگهداری می تواند مورد توجه قرار گیرد. تاکید بر روش های پیشگیری از وقوع خرابی ها از محورهای اصلی این تحقیق بوده که همواره در کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری پل ها و تامین سطح سرویس مطلوب راهها موثر می باشد.

www.SID.ir

منابع :

۱-جوادیان شهنام،امین نژاد بابک،لرک علیرضا،(۱۴۰۰)؛ تعیین وضعیت بحرانی پل‌ها برای تخصیص تعمیر و نگهداری با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی؛نشریه علمی –پژوهشی انجمن مهندسی سازه ایران،مهندسی ساخت و ساز؛ ۱۰,۲۲۰۶۵

۲-رهایی علیرضا،فیروزی افشین،(۱۳۸۱) روشهای بازرسی و نگهداری پلهای بتنی،کنفرانس ایمن سازی و بهسازی سازه ها،دانشگاه امیرکبیر، دوره ۱

۳- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، اداره کل نگهداری راه و ابنیه(۱۳۹۴)راهنمای مشخصات فنی و روش اجرای درز انبساط با قیر پلیمری یا ماستیک درزگیری در پل ها ، وزارت راه و شهرسازی،تهران،ایران

۴- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور،دفتر امور فنی و تدوین معیارها (۱۳۸۵)،راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی بهسازی ساختمان های بتنی موجود با استفاده از مصالح تقویتی FRP (نشریه۳۴۵) ،تهران،ایران

۵- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور،دفتر امور فنی و تدوین معیارها(۱۳۸۳)،مشخصات فنی عمومی راهداری(نشریه ۲۸۰)،تهران،ایران

۶-سیدی مرغکی طیب،قادری مسلم،امیری حافظ(۱۳۹۹)،روش تعمیر و نگهداری پل های بتنی ،هفتمین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی

۷-غلامی مهران،مسعود محمدهادی (۱۴۰۰)، ارزیابی عوامل موثر بر مدیریت پل ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP)،فصلنامه علمی جاده، ۱۰,۲۲،۳۴

۸ -فضلی هادی،رضانژاد رقیه(۱۳۹۵)؛ تکیه گاه های الاستومری پل ها: مروری بر تکنولوژی ساخت و روش های طراحی،دومین کنفرانس بین المللی نخبگان عمران،معماری وشهرسازی ،لندن، انگلستان، پاییز ۱۳۹۵

۹-فقیه ملکی هادی،حسینی ثابت مرتضی (۱۳۹۹)، مطالعه آزمایشگاهی وعددی مقاوم سازی پایه پل های بتن آرمه، رویکردهای نوین در مهندسی عمران ،دوره چهارم ،شماره. ۱ ، ،صفحه ۵۴

۱۰-محجوب امیر،خادم گرایلی ندا (۱۴۰۰)، رتبه بندی پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه آبریز و مشخصات هیدرولیکی پل در پتانسیل رخداد سیل جهت بازرسی پلهای رودخانه ، فصلنامه علمی جاده ،سال نوزدهم ،شماره۱۰۸،دوره سوم ، پاییز ۱۴۰۰

۱۱- Liu Min,M.Frangopol Dan(2006), “Optimizing Bridge Network Maintenance Management under Uncertainty with Conflicting Criteria: Life-Cycle, Maintenance, Failure, and User Costs”, Journal of Structural Engineering Volume 132 Issue 11

۱۲_Soderqvist, M.K. and Veljola, M (1999),“Finish Project Level Bridge Management System”, Transportation Research Board Circular 498.

۱۳ _Tonias, D.E. (1995),“Bridge Engineering, Design, Rehabilitation and Maintenance of Modern Highway Bridges”, McGraw-Hill.

www.SID.ir