پل دره سعید آباد تبریز و نیاز مبرم به بهسازی

ارژنگ صادقی، استادیار گروه عمران دانشکده فنی، دانشگاه تربیت معلم آذربایجان

۱ ـ چکیده

پلها از جمله شریانهای مهم حیاتی سازه‌ای می‌باشند. آنها نه تنها به انتقال وسایل نقلیه از روی موانع کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند نقشی کلیدی در مواقع بحرانی ایفا نمایند. وجود پلهای سالم پس از سوانح طبیعی مانند زلزله می‌تواند کار امدادرسانی را تسهیل نماید؛ لذا حصول اطمینان از وجود پلهای با آسیب‌پذیری کم در مسیر راههای مواصلاتی اصلی، امری الزامی است.

پل دره سعید آباد در دره لرزه‌خیز شبلی قرار دارد و از جمله پلهای مهم مسیر اصلی تبریز ـ تهران می‌باشد. این پل در حدود ۴۵ سال پیش ساخته شده‌است. به‌علت عدم نگهداری صحیح، پل مذکور دچار آسیبهای جدی سازه‌ای شده و تعمیرات مختلفی بر روی آن انجام شده‌است؛ لیکن روند افزایش آسیبهای وارد به پل به‌علت عدم چاره‌جویی اساسی ادامه داشته و اکنون به مراحل بحرانی رسیده‌است.

در این مقاله، اشکالات عمده پل دره‌سعید آباد از نظر لرزه‌ای مطرح و نشان داده شده‌است که باید هر چه زودتر تمهیداتی جدی برای این پل مهم اندیشیده شود.

کلیدواژه‌ها: بهسازی، پل بتنی، شریانهای حیاتی، طرح لرزه‌ای، آیین‌نامه زلزله، پس تنیدگی.

۲ ـ مقدمه

پل دره سعید آباد واقع در ۲۵ کیلومتری تبریز، در اوایل سال ۱۳۴۰ هجری شمسی و در مسیر ارتباطی تبریز ـ تهران شروع به احداث گردیده و در سال ۱۳۴۴ به اتمام رسیده است [۱]. پل مذکور، در مجموع بالنسبه زیبا و از نظر اجرایی دارای کیفیت ساخت خوبی بوده‌است.

این پل، بتنی و پایه‌های آن در جهت عرضی به‌صورت قاب با دو ستون استوانه‌ای از بتن مسلح می‌باشد. پایه‌های میانی این پل از کف بستر رودخانه کم آبی که از زیر آن می‌گذرد، ۲۵ متر ارتفاع داشته و قطر آنها ۱/۷۵ متر می‌باشد. طول این پل ۲۱۰ متر و از ۷ دهانه ۳۰ متری تشکیل یافته است.

در دو انتهای پل، دو کوله بتنی برای نشیمن عرشه تعبیه گردیده‌است. ارتفاع این کوله‌ها به‌علت قرار گرفتن در داخل خاک قابل تشخیص نیست.

عرشه پل از هفت دهانه ساده تشکیل شده‌است. عرشه‌ها بر روی چهار تیر بتنی پیش‌ساخته I شکل به ارتفاع ۱۴۰ سانتیمتر قرار گرفته‌اند. فاصله تیرهای عرضی از همدیگر در وسط برابر ۲۷۷ سانتیمتر و در کنار، برابر ۲۱۲ سانتیمتر می‌باشد. عرشه از بتن مسلح و تیرهای اصلی بتنی با کابل به‌صورت تنیده اجرا شده‌اند. عرشه این پل به‌صورت دو خطه می‌باشد.

۳ ـ اشکالات پل دره سعید آباد

پلها از جمله شریانهای حیاتی سازه‌ای می‌باشند. آنها به مثابه رابطهای مهمی در شبکه ترابری سطحی عمل نموده و خرابی پلها در هنگام زلزله می‌تواند امدادرسانی را تحت تأثیر قرار دهد (تصویر ۱).

تصویر (۱): نمای کلی پل دره سعید آباد

موارد فراوانی از صدمه دیدن پلها در زلزله‌های گذشته در سراسر دنیا وجود دارد. پریود طبیعی ارتعاش بیشتر پلها در حدود ۰/۲ الی ۱/۲ ثانیه می‌باشد. در این محدوده، ضریب پاسخ سازه، زیاد و نزدیک به پریود غالب حرکت زمین می‌باشد؛ لذا تأثیر مخرب زلزله بر این سازه‌ها قابل‌توجه و ویران‌کننده است.

پل سعید آباد نزدیک گسل شبلی ـ بستان آباد و در واقع در نوار زلزله تبریز واقع می‌باشد. آخرین زلزله اتفاق افتاده در گسل شبلی مربوط به سال ۱۱۳۳ ه. ق. (۱۷۲۱م.) با بزرگای ۷/۳ بوده که آثار مخرب فراوانی در منطقه داشته‌است. طول گسیختگی ناشی از این زلزله، ۱۲۰ کیلومتر و عرض آن ۳ کیلومتر نوشته شده‌است [۲]. این مطلب مبیّن آن است که باید پل در مقابل زلزله‌های محتمل پایداری کافی داشته‌باشد. علاوه‌بر این، با توجه به زمان طراحی و ساخت پل در حدود ۴۵ سال پیش، پایداری لرزه‌ای آن باید مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد؛ زیرا دانش مهندسی در مورد زلزله در حال حاضر بسیار فراتر از ۴۵ سال پیش است و در کلیه کشورهای لرزه‌خیز، نوعاً پلهای مهم قدیمی مورد بررسی و ترمیم قرار می‌گیرند.

با توجه به مشاهدات و بررسیهای نگارنده، این پل فاقد مقاومت کافی در برابر زمین‌لرزه‌های قوی و حتی متوسط می‌باشد و دلایل ضعف آن به اختصار عبارتند از:

۱ ـ در بیشتر کشورهای جهان از جمله آمریکا تا سال ۱۹۴۰ میلادی (۱۳۱۹ شمسی) آیین‌نامه طراحی پل بدون اشاره به لزوم در نظر گرفتن نیروی ناشی از زلزله مورد استفاده قرار می‌گرفت. از سال ۱۹۴۰ در نظر گرفتن نیروی زلزله در طراحی پلها ابتدا در کالیفرنیا و متعاقب آن از سال ۱۹۴۹ در ویرایش پنجم آشتو در تمام آمریکا (بدون ارائه دستورالعملی برای تعیین این نیرو) الزامی شد. در سال ۱۳۴۰ شمسی (۱۹۶۱ م. و زمان ساخت پل سعید آباد) روش تعیین نیروی ناشی از زلزله با توجه به ساختگاه پل بین ۰/۰۴ و وزن پل برای سازه‌های واقع بر روی پی گسترده، الی ۰/۰۶ و وزن پل برای سازه‌های واقع بر روی شمع، وارد مقررات طراحی پلهای آمریکا گردید. پس از زلزله سال ۱۹۷۱ سان‌فرناندو، ابتدا در سال ۱۹۷۳ م. (۱۳۵۲ ش.) در ایالت کالیفرنیا و از سال ۱۹۷۵ م. (۱۳۵۴ ش.) توسط آشتو برای کل آمریکا مقررات جدیدی برای طرح لرزه‌ای پلها شامل ارتباط محل با گسل فعال، پاسخ لرزه‌ای خاک محل و مشخصات دینامیکی پل ارائه گردید. در سال ۱۹۹۲ م. (۱۳۷۱ ش.) و پس از زلزله‌های ۱۹۸۴ نورتریج و ۱۹۸۵ مکزیک، مقررات لرزه‌ای آشتو تغییر اساسی کرد و به‌صورت یک بخش متمایز منتشر گردید.

در ژاپن نیز تخریب وسیع پلها در زلزله‌های مختلف از جمله زلزله ۱۹۹۵ کوبه همراه با تحقیقات وسیعی که پس از این زلزله‌ها انجام شد، در سال ۱۹۹۶ میلادی (۱۳۷۵ ش.) به تغییرات اساسی در آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای پلها در ژاپن منجر شد.

بعضی از اصلاحات اساسی آیین‌نامه پل در سال ۱۹۹۶ به قرار زیر است:

ـ طراحی ستونها و پی‌های بتنی با معیار شکل‌پذیری؛

ـ تعامل با آبگونگی و حرکات ناشی از آبگونگی؛

ـ منظور نمودن اثر حرکت نزدیک گسل بر روی پلها.

الزام این مقررات موجب شد که ۲۷۰۰۰ پایه پل ترمیم شود [۳].

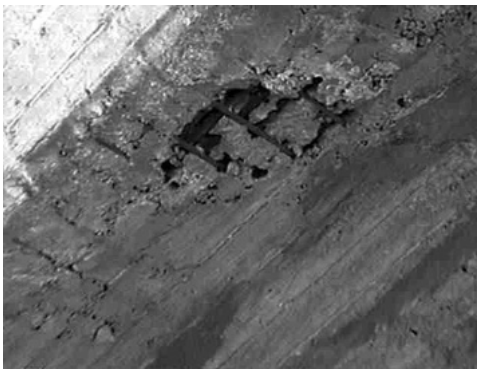
آیین‌نامه زلزله پلسازی در ایران نیز برای اولین بار به‌صورت پیش‌نویس در سال ۱۳۷۲ توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تدوین گردید. این آیین‌نامه در سال ۱۳۷۵ مورد تصویب هیأت دولت قرار گرفت و رعایت آن توسط مشاوران الزامی شد [۴].

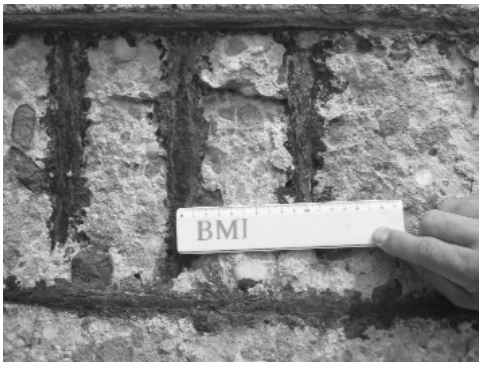
ملاحظه می‌گردد که در زمان طراحی پل دره سعید آباد (۱۳۴۰)، آیین‌نامه‌های لرزه‌ای پلسازی، مراحل رشد اولیه خود را سپری می‌نموده و اصولاً معلوم نیست با توجه به نبود آیین‌نامه پلسازی کشوری در ایران بر چه اساسی اثر زلزله در آن منظور شده‌است. پلهای چند دهه قبل را با توجه به فقدان آیین‌نامه مدوّن پلسازی در ایران می‌توان نامطمئن تلقی نمود. هر چند بسیاری از این پلها توسط مهندسین مشاور مجرب طراحی و دانش موجود زمان در طرح آنها به‌کار گرفته شده‌است، لیکن بررسی مجدد پایداری لرزه‌ای این پلها با توجه به پیشرفتهای به‌دست آمده در دانش مهندسی زلزله در سالهای اخیر امری اجتناب‌ناپذیر است. اینکه این بررسی برای همه پلها ضرورت دارد یا نه به عوامل متعددی از جمله مسائل اقتصادی بستگی دارد؛ ولی در مورد پلهای راههای اصلی این امر اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

ظاهراً در طراحی پلهای ایران غالباً، شتاب افقی ۱۰ درصد شتاب ثقل زمین در نظر گرفته شده‌است [۵]. در حالی‌که طبق آیین‌نامه "طرح لرزه‌ای پلهای ایران" این مقدار باید در مناطق با خطر زلزله بسیار زیاد برابر ۰/۳۵ شتاب ثقل زمین باشد. اگر با خوش‌بینی فرض شود که نیروی زلزله در این پل در نظر گرفته شده، این نیرو فقط برابر ۳۰ درصد نیروی معادلی است که آیین‌نامه امروز آن را تأکید می‌کند. از طرف دیگر، نیروی زلزله معادل در آیین‌نامه که با توجه به رفتار غیرخطی و با فرض ضریب رفتار سازه پل در حدود ۴ تا ۶ به‌دست می‌آید، به‌مراتب کمتر از میزان واقعی اثر زلزله است؛ لذا وضعیت بحرانی این پل با توجه به اینکه در طراحی پایه‌ها از خاموت دورپیچ استفاده نشده و خاموتهای مورد استفاده (و حتی میلگردهای اصلی) هم در برخی از پایه‌ها به‌علت خوردگی کاملاً از بین رفته‌اند، بیشتر آشکار می‌شود (تصویر ۲).

۲ ـ افتادن عرشه ساده از روی پایه‌ها به‌علت ارتعاش غیر هم‌فاز پایه‌ها و نیز نداشتن نشیمن کافی در جهت محور پل در روی پایه، یکی از علل عمده آسیبهای وارده به پلها در هنگام زلزله می‌باشد. این مطلب در مورد پلهای با پایه‌های بلند حادتر خواهدبود؛ زیرا با افزایش ارتفاع پایه‌ها، نرمی و جابه‌جایی انتهایی آنها افزایش پیداکرده و در نتیجه عرشه در صورتی‌که تکیه‌گاه کافی در روی پایه پل نداشته‌باشد، به پایین می‌افتد. برای اجتناب از این امر، آشتو مقررات جدیدی از سال ۱۹۹۵ م. وضع نموده‌است که این پلها فاقد آن می‌باشند؛ لذا پایداری طولی عرشه پل در روی تکیه‌گاهها در هنگام بروز زلزله مورد تردید می‌باشد. علاوه بر این، به‌علت عدم تعبیه بلوک‌های برشگیر عرضی در روی سرتیرها، پایداری جانبی عرشه‌ها نیز در روی پایه‌ها قابل اعتماد نیست (تصویر ۳).

۳ ـ پل درهٔ سعید آباد در منطقه برفگیر و کوهستانی شبلی قرار دارد و در زمستان هر سال در معرض بارشهای سنگین برف می‌باشد. از آنجایی که این پل در مسیر جاده پر رفت و آمد تبریز به تهران قرار دارد و باید باز باشد، هنگام زمستان از نمک





تصویر (۲): قسمتهایی از پل که خوردگی در آنها به قلوه‌کنی، تورق بتن پوشش و از بین رفتن میلگردهای اصلی و خاموتها منجر گردیده‌است.

برای جلوگیری از یخبندان در روی پل استفاده می‌شود. نمک و آب بتدریج در قسمتهای مختلف عرشه، تیرهای طولی و پایه‌ها نفـوذ کـرده و ایـن امر باعث خوردگی میلگـردها و تنـدانهای پیش‌تنیدگی داخل پل در بعضی از قسمتها شده و پل را دچار اشکالات اساسی نموده‌است (تصویر ۴).

به‌علت شدت خوردگی در عرشه و یکی از تیرهای اصلی دهانه دوم طرف تهران، تندانهای پیش‌تنیدگی و میلگردهای اصلی از بین‌رفته و تکه‌هایی از تیر اصلی از آن جدا شده و به زمین

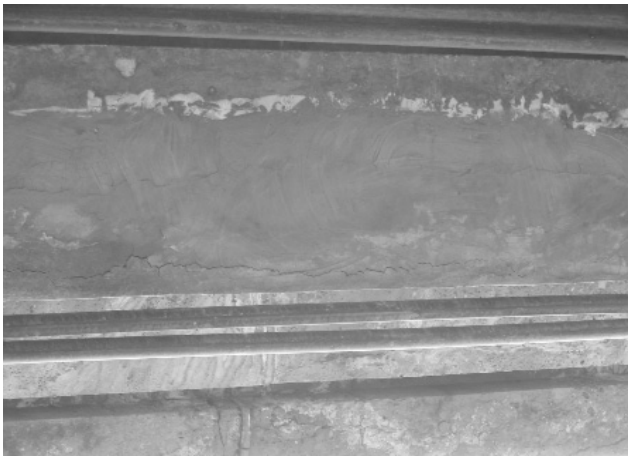
تصویر (۳): خرابی رایج عرشه ساده و عدم تعبیـه برشگیر عرضی در کنار تیـرهای اصلی و کم بودن عرض سرتیر و نشیمنگاه شاهتیرها

تصویر (۴): قسمت افتاده تیر اصلی و جانشین‌سازی آن با خرپای فلزی (تصاویر) خرپاهای جایگزین را از زیر و پهلو نشان می‌دهند.

سقوط کرده‌است. تیر آسیب‌دیده با دو خرپای فلزی جایگزین شده و بقیه تیـــرهای اصلـی کناری نیـز به‌عنـوان احتیـاط و پیشگیـری توسط تندانهایی از بیرون تنیـده شده‌اند. در نتیجه، یکی از عرشه‌های این پل دارای یک تیر اصلی فلزی خرپایی، دو تیر اصلی میانی بتنی پیش‌تنیده قدیمی و یک تیر اصلی کناری (در قرینه خرپا) که به‌صورت خارجی مجدداً تنیده شده می‌باشد. حاصل این امر توزیع سختی نامتقارن در عرض عرشه است و این مطلب با مشاهده ارتعاش شدید پل هنگام ورود وسایل نقلیه سنگین به عرشه موردنظر قابل درک می‌باشد. در حالی که چنیـن ارتعـاشی در دهانـه‌های دیگـر محسوس نیست؛ لذا به‌علت عدم تجانس سختی در تیرها، عرشه مذکور تحت اثر خستگی قرارداشته و این امر با گذر زمان تنش مقاوم را چـه در بتـن و چه در فولاد کاهش خواهدداد. اثر مخرب زلزله در چنین شرایطی بمراتب بیشتر خـواهدبود؛ لـذا پایـداری پل از ناحیـه عـرشه مذکور در هنگام زلزله نیز قابل اعتمـاد نخواهدبود (تصویر ۵).

تصویر (۵): کابل‌های تقویت که به‌صورت خارجی و از دو طرف تیرهای طولی رد شده‌اند.

تیرهای دیگر دهانه‌ها هم (بویژه تیرهای کناری) در معرض خوردگی روز افـزون می‌باشنـد؛ به‌طوری که پوشش اپـوکسی (در بعضـی از قسمتهـای ترک‌خـورده تیـرهای اصلـی جهت محافظت در برابر خوردگی با چسب اپوکسی پوشش داده شده‌اند) مؤثر نبوده و تحت فشار افزایش حجم، میلگردها بر اثر کلریداسیون ترک‌خورده‌اند (تصویر ۶).



تصویر (۶): ترک‌خوردگی اپوکسی در زیر تیرهای اصلی

۴ ـ تیرهای طولی بر روی پایه‌ها به‌صورت مستقیم و بدون واسطه قرارگرفته‌اند و یا بر روی بالشتک‌های فلزیِ از بین رفته می‌باشنـد. اگـر هم دستگاههـای تکیـه‌گاهـی دیگـری مثل الاستومر و یا غیره وجود داشته (که با توجه به زمان ساخت پل بعید می‌باشد)، در حال حاضر از بین‌رفته و عرشه به‌صورت صحیح حرکات لازم را در زمان انبساط و انقباض حرارتی و یا دوران ناشی از تـردد انجـام نمی‌دهـد؛ لـذا تنش‌های ثانـوی قـابل ملاحظه‌ای در داخل عـرشه و تیـرهای اصلـی بتنی ایجاد می‌شود کـه ایـن حالت نیـز ناپایداری پل در هنگام زمین‌لرزه را افزایش می‌دهد (تصویر ۷).

تصویر (۷): نشستن تیرهای اصلی بر روی سر تیرها بدون واسطه

۴ - نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه ذکر شد پل دره سعیدآباد در هر لحظه در معرض آسیب جدی ناشی از تردد و نهایتاً زلزله‌های قوی و حتی متوسط قرار دارد. تعمیرات مکرر انجام‌شده به‌علت عدم رفع ریشه‌ای مشکلات پل چاره‌ساز نبوده، پس از مدتی ضعفها از جای دیگر نمود یافته است؛ لذا هرچه زودتر باید پل مذکور از نظر سازه‌ای مورد بررسی جدی قرارگرفته و در صورت اقتصادی بودن به‌صورت اساسی ترمیم‌یافته و یا جایگزین مناسبی برای این پل در نظرگرفته شود.

۵ - مراجع

۱. سلطانی، ابوالقاسم. (۱۳۸۱). بازسازی پل سعید آباد محور تبریز - میانه [گزارش]. روابط عمومی اداره کل راه استان آذربایجان شرقی.

۲. بربریان، مانوئل. (۱۳۷۴). نخستین کاتالوگ زلزله و پدیده‌های طبیعی ایران زمین: جلد نخست. تهران: مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

3. Kawashima,K. (2000). Seismic design and retrofit of bridges. *Proc. 12th world conference on earthquake engineering.* Auckland, New Zealand.

۴. برجیان، حبیب. (اردیبهشت ماه ۱۳۷۷). آسیب‌پذیری لرزه‌ای شریانهای ترابری ایران. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مهندسی زلزله شریانهای حیاتی. تهران: مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

۵. جلالیان، کریم. (اردیبهشت ماه ۱۳۷۷). مبانی طراحی و نیازهای پژوهشی در مورد راهها از نظر شریانهای حیاتی و مهندسی زلزله. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مهندسی زلزله شریانهای حیاتی. تهران: مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.