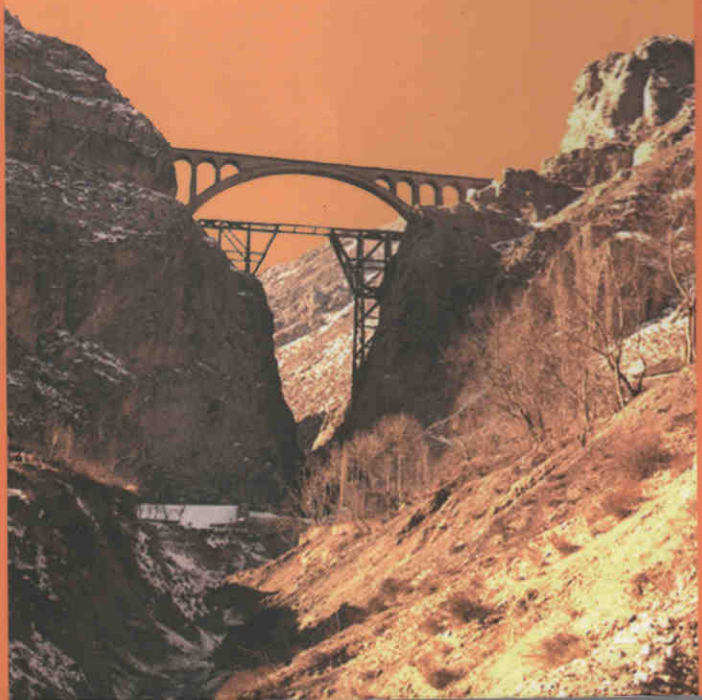
3rd International Conference on Bridges

چکیده مقالات

سومین همایش بین المللی پل

بهسازی لرزه‌ای پلها

۹ - ۷ خرداد ۱۳۸۷



به همراه CD
متن کامل مقالات

دانشگاه صنعتی امیر کبیر
(پلی تکنیک تهران)

سومین کنفرانس بین المللی پل
تهران، خرداد ۱۳۸۷

کد مقاله: IN- ۷۱۱

بررسی تاثیر متغییرهای طراحی بر قابلیت اعتماد پلهای ساخته شده از تیر ورق مرکب جعبه ای

منصور قلعه نوی، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان،دانشکده مهندسی
ghalehnovi@yahoo.com
ناصر شابختی، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان،دانشکده مهندسی
shabakhty@yahoo.com
حامد قوهانی عرب، دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه سیستان و بلوچستان،دانشکده مهندسی
ghohani@yahoo.com

چکیده:

یکی از سیستم های سازه ای عرشه پلها سیستم متشکل از تیر ورق فولادی و دال بتنی عرشه می باشد، تیر ورق فولادی می تواند به صورت I شکل و یا مقطع جعبه ای شکل باشد. معمولا استفاده از مقطع جعبه ای با توجه به محفوظ بودن قسمت های داخلی تیر ورق در مقابل گردش هوا و در نتیجه مقاومت بیشتر آن در مقابل خوردگی و همچنین عملکرد مناسب تر پیچشی آن نسبت به مقاطع باز، به تیر ورقهای I شکل ترجیح داده می شوند. تحلیل و طراحی پلها معمولا بر اساس آیین نامه های مبتنی بر محاسبات معین (Deterministic) انجام می پذیرد، لذا با توجه به ماهیت تصادفی (Random) متغییر های به کار رفته در روند طراحی نمی توان برآورد صحیحی از عملکرد سازه در شرایط حدی متفاوت داشت، بنابراین لزوم در نظر گرفتن ماهیت تصادفی متغییر های طراحی مشخص می گردد. در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر متغییر های طراحی بر قابلیت اعتماد عرشه پل در مقابل بارهای قایم، مشخصات هندسی و فیزیکی مقطع پل و همچنین بارهای وارده به صورت متغییر های تصادفی در نظر گرفته می شوند. جهت در نظر گرفتن تغییرات مکانی و زمانی بارهای زنده از پوش مناسب طراحی استفاده می گردد. به منظور بررسی قابلیت اعتماد سازه خرابی سیستم توسط حالات (شرایط) سر حدی مختلفی مانند خرابی در مد خمشی، برشی و ... قابل تعریف خواهد بود. بررسی خرابی سیستم عرشه پل با در نظر گرفتن یک سیستم سری (Series System) از خرابی مدهای مختلف انجام می پذیرد،که ارزیابی قابلیت اعتماد (احتمال خرابی) توسط شاخص اطمینان صورت خواهد گرفت.

سومین کنفرانس بین المللی پل- ۷ تا ۹ خرداد
۱۳۸۷- دانشگاه صنعتي اميركبير- تهران؛ ايران

بررسی تاثیر متغییرهای طراحی بر قابلیت اعتماد پلهای ساخته شده از تیر ورق مرکب جعبه ای

منصور قلعه نوی *; ناصر شابختي **; حامد قوهاني عرب ***

چکیده

تحلیل و طراحی پلها معمولا بر اساس آیین نامه های مبتنی بر محاسبات معین (Deterministic) انجام می پذیرد، لذا با توجه به ماهیت تصادفی (Random) متغییر های به کار رفته در روند طراحی نمی توان برآورد صحیحی از عملکرد سازه در شرایط حدی متفاوت داشت، بنابراین لزوم در نظر گرفتن ماهیت تصادفی متغییر های طراحی مشخص می گردد. در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر متغییر های طراحی بر قابلیت اعتماد عرشه پل ساخته شده از تیر ورق مرکب جعبه ای در مقابل بارهای قایم، مشخصات مصالح و همچنین بارهای وارده به صورت متغیر های تصادفی در نظر گرفته می شوند و جهت در نظر گرفتن تغییرات مکانی و زمانی بارهای زنده از پوش مناسب طراحی استفاده می گردد. به منظور بررسی قابلیت اعتماد سازه خرابی سیستم توسط حالات (شرایط) سر حدی مختلفی مانند خرابی در مد خمشی، برشی و ... تعریف می گردد. بررسی خرابی سیستم عرشه پل با در نظر گرفتن یک سیستم سری (Series System) از خرابی مدهای مختلف انجام می پذیرد،که ارزیابی قابلیت اعتماد (احتمال خرابی) توسط شاخص اطمینان صورت خواهد گرفت.

واژه هاي كليدي: تیر ورق فولادی جعبه ای، حالت سر حدی، شاخص اطمینان، سیستم سری.

۱- مقدمه

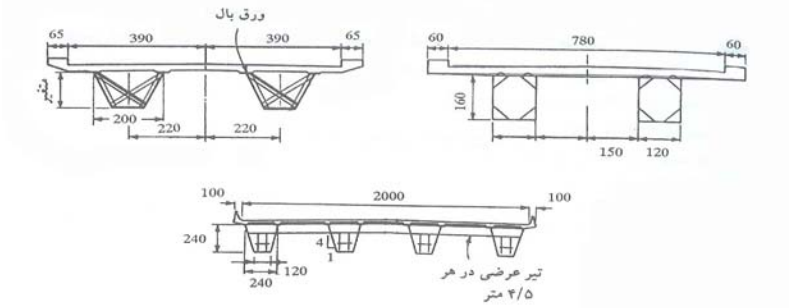
از سالیان دور بشر همواره به دنبال یافتن راههای آسان و ارزان جهت حمل و نقل کالا و مسافر بوده است. مناسب ترین روش استفاده از حمل و نقل آبی بود، اما با توجه به محدودیت های این روش ناگزیر به استفاده از حمل و نقل خشکی و استفاده از راههای زمینی شد. با توجه به اینکه در مسیر ساخت راههای زمینی دره ها و رودخانه ها وجود داشت بنابراین برای عبور از آنها گذرگاهی ایجاد نمود که امروزه به آن پل می گویند[۱].از آنجا که یکی از مهمترین قسمتهای سازه ای پلها عرشه می باشد، پلها را بر اساس سیستم سازه ای عرشه به انواع عرشه یک عنصری، عرشه دو عنصری، عرشه سه عنصری و عرشه های خاص تقسیم بندی می کنند[۱].
یکی از انواع متعارف و پر کاربرد عرشه پلها، عرشه دو عنصری با تیر فولادی و دال بتنی می باشد.

* استادیار گروه مهندسي عمران دانشگاه فردوسی مشهد، پست الكترونيكي: ghalehnovi@yahoo.com
** استادیار گروه مهندسي عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان، پست الكترونيكي: shabakhty@yahoo.com
*** دانشجوي دكتري سازه دانشگاه سیستان و بلوچستان، پست الكترونيكي: ghohani@yahoo.com

این سیستم متشکل از تیرهای حمال متعددی می باشد که یک دال بتن مسلح روی آن قرار دارد، دال بارهای وارده را به تیرها و تیرها نیز بار وارده را به تکیه گاه منتقل می کنند. تیرهای فولادی ممکن است به صورت تیر ورق I شکل و یا تیر ورق جعبه ای باشند. توضیحات بیشتر راجع به سیستم عرشه دو عنصری با تیر ورق جعبه ای در بخشهای بعدی ارائه می گردد.
از آنجا که تحلیل و طراحی اکثر پلهای موجود بر اساس آیین نامه های مبتنی بر محاسبات معین انجام شده است و در عین حال پارامترهای موثر در طراحی همچون بارهای وارده و مقاومت مصالح متغیرهای تصادفی می باشند، لذا با توجه به محدود بودن منابع مالی و پر هزینه بودن فعالیت های مربوط به ساخت و نگهداری، تحلیل قابلیت اعتماد و بررسی احتمال خرابی سازه پل می تواند اطلاعات مناسبی جهت تعمیر و نگهداری و یا جایگزین کردن پل را به منظور صرف بهینه منابع مالی موجود در اختیار مدیران و مهندسان قرار دهد[۲]،[۳].

۲- عرشه دو عنصری با تیر ورق مرکب جعبه ای

همانطور که گفته شد، یکی از پرکاربردترین سیستم عرشه پلها، عرشه دو عنصری با تیرورق مرکب است. با توجه به دلایلی که در ادامه ذکر می گردد استفاده از تیرورقهای جعبه ای به نوع I شکل ترجیح داده می شود.امکان استفاده مقادیر زیاد فولاد در بال مقطع جعبه ای به صورت متمرکز به منظور بالا بردن کارایی مقطع در مقابل خمش وجود دارد، با توجه به محفوظ بودن قسمت های داخلی تیر ورق جعبه ای در مقابل گردش هوا، در رابطه با مسایل خوردگی نسبت به مقاطع I شکل برتر می باشد و با توجه به مقاومت بالای مقاطع بسته نسبت به مقاطع باز در مقابل پیچش، مقاطع جعبه ای دارای عملکرد بهتری نسبت به مقاطع I شکل در برابر پیچش می باشند. این امر باعث سهولت حمل و نصب تیر ورق های جعبه ای شده و علاوه بر آن باعث توزیع نسبی یکنواخت بارهای عرضی بین تیر های اصلی می گردد.
استفاده از تیر ورقهای جعبه ای در پل سازی به صورت استفاده در سیستم های عرشه دو و سه عنصری می باشد، برای دهانه های متوسط و متعارف استفاده از سیستم عرشه دو عنصری معمول است. در این سیستم بسته به عرض عرشه یک یا چند تیرورق جعبه ای به موازات هم قرار می گیرند و در بالای آنها یک دال بتنی به صورت درجا بتن ریزی می شود(شکل ۱). با توجه به استفاده از عملکرد مختلط فولاد و بتن، بال فولادی فوقانی تیرورق جعبه ای معمولا بسیار کوچک و تنها به اندازه ای است که با تعبیه اتصالات برشی کافی امکان عملکرد مختلط فولاد و بتن به طور مناسب تامین گردد[۱].



شکل(۱): نمونه های از کاربرد تیر ورق جعبه ای (ابعاد بر حسب سانتی متر)[۱]

جزئیات مربوط به طراحی قطعات، سخت کننده ها و اتصالات تیر ورق های جعبه ای در آیین نامه AASHTO بیان شده است[۴].

۳- تحلیل قابلیت اعتماد

در مسائل مربوط به مهندسی عمران با پارامترها و متغیرهایی مواجه می شویم که دارای مقادیر ثابت و معین نبوده و ماهیت تصادفی دارند ، بنابراین ارزیابی این مسائل با نوعی عدم قطعیت مواجه می گردد [۵] .در اینگونه مسائل با تعریف تابعی از متغیرهای تصادفی به عنوان تابع شرایط حدی (کارائی) که مرز بین سلامت و خرابی را مشخص می کند ارزیابی احتمال خرابی و یا مکمل آن یعنی قابلیت اعتماد سازه امکان پذیر می گردد[۵]. با توجه به اهمیت قابلیت اعتماد در طراحی سازه ، در دهه های اخیر تحقیقات زیادی به منظور محاسبه قابلیت اعتماد انجام گرفته و روش های مختلفی پیشنهاد شده است. مسئله اساسی در تئوری قابلیت اعتماد محاسبه انتگرال احتمال چند گانه زیر می باشد [۶].

$$P_f = \Pr ob\left[G_{(X)} \le 0\right] = \int_{G_{(X)} \le 0} f_{(X)} dX \qquad (۱)$$

که در آن P_f احتمال خرابی، $\boldsymbol{X}=[X_1,X_2,\ldots,X_n]^T$ ، برداری شامل متغیرهای تصادفی است که کمیت های دارای عدم قطعیت را بیان می کنند ، $f_{(X)}$ تابع چگالی احتمال توام متغیرهای تصادفی و $G_{(X)}$ تابع شرایط حدی (کارائی) می باشد ، انتگرال گیری روی مقادیر $G(X)\le 0$ بیانگر بازه ای است که احتمال خرابی در آن وجود دارد ، دشواری محاسبه این انتگرال موجب پیدایش روش های تقریبی زیادی شده است. به عنوان مثال می توان به روش های زیر اشاره نمود :

- روش قابلیت اعتماد مرتبه اول (FORM) ، که یکی از قابل اطمینان ترین روش های محاسبه ای می باشد [۷] ، این روش پس از مطالعات فراوان انجام شده در سه دهه گذشته به یک روش پایه برای ارزیابی قابلیت اعتماد سازه ها تبدیل شده است [۵] .
- روش قابلیت اعتماد مرتبه دوم (SORM) : به دنبال یافتن روش هایی با دقت بیشتر و داشتن مراحل تکرار کمتر نسبت به روش FORM ، این روش بر پایه تقریب تابع شرایط حدی توسط یک تقریب مرتبه دوم به دست آمده است [۸] .
- روش های شبیه سازی Monte-carlo [۹]:در این روش ها به ارزیابی عددی تابع شرایط حدی پرداخته می شود و بدین ترتیب احتمال خرابی با توجه به تعداد داده هایی که در آنها شرایط حدی برآورده نمی گردد محاسبه می شود .از این روش به عنوان مبنایی برای ارزیابی سایر روش ها استفاده می گردد.

از دیگر روش های محاسبه احتمال خرابی می توان به روش قابلیت اعتماد مرتبه اول- ممان سوم (FOTM) ، شیوه سطح پاسخ (RSA) ، الگوریتم ژنتیک و روشهای مبتنی بر ممان اشاره کرد[۶] .

۴- ارزیابی احتمال خرابی با استفاده از روش **FORM**

در روش FORM احتمال خرابی با استفاده از تقریب زیر محاسبه می گردد:

$$P_f \cong \Phi(-\beta) \qquad (۲)$$

در رابطه فوق β شاخص اعتماد و Φ تابع توزیع تجمعی متغیر با توزیع نرمال استاندارد است، که توسط رابطه (۳) قابل محاسبه است، $\varphi(t)$ تابع چگالی احتمال متغیر با توزیع نرمال استاندارد است[۵].

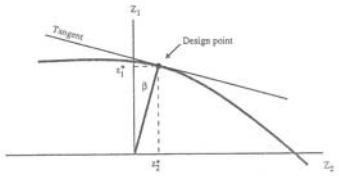
$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{x} \varphi(t)dt \quad (۳)$$

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-0.5t^2\right) \quad (٤)$$

در این روش به منظور محاسبه شاخص اعتماد (β) از تقریب خطی تابع شرایط حدی در فضای نرمال استاندارد استفاده می گردد. درصورتیکه تمام متغیرهای تصادفی دارای توزیع نرمال باشند، ابتدا متغیرهای تصادفی با استفاده از رابطه (۵) به متغیرهای نرمال استاندارد تبدیل می گردند.

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_{Xi}}{\sigma_{Xi}} \quad (۵)$$

در رابطه فوق μ_{xi} و σ_{xi} بیانگر مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیر تصادفی X_i می باشند. در این حالت کوتاهترین فاصله بین تابع شرایط حدی تا مبدا دستگاه مختصات استاندارد معرف شاخص اعتماد خواهد بود(شکل۲).



شکل(۲): شاخص اعتماد در فضای نرمال استاندارد[۵]

به نقطه ای روی تابع شرایط حدی که کوتاهترین فاصله تا مبدا را داشته باشد، نقطه طراحی (z^*) گفته می شود. جهت یافتن نقطه طراحی (z^*) و شاخص اعتماد (β) معمولا از یک روند سعی و خطا استفاده می شود. در صورتیکه تعداد متغیرهای تصادفی n فرض گردد بایستی 2n+1 معادله زیر جهت یافتن 2n+1 مجهول z_1^* و z_2^* و... z_n^* وα_1 وα_2 و... α_n وβ حل گردد[۵].

$$\alpha_i = \frac{-\left.\frac{\partial g}{\partial Z_i}\right|_{evaluated\ \ at\ \ design\ \ point}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n}\left(\left.\frac{\partial g}{\partial Z_k}\right|_{evaluated\ \ at\ \ design\ \ point}\right)^2}} \quad (٦)$$

$$\frac{\partial g}{\partial Z_i} = \frac{\partial g}{\partial X_i}\frac{\partial X_i}{\partial Z_i} = \frac{\partial g}{\partial X_i}\sigma_{Xi} \quad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(\alpha_i)^2 = 1 \quad (۸)$$

$$Z_i^* = \beta\alpha_i \quad (۹)$$

$$g\left(z_1^*, z_2^*, \ldots z_n^*\right) = 0 \quad (۱۰)$$

در روابط فوق α_i ها بیانگر کسینوسهای هادی بردار نرمال تابع شرایط حدی در نقطه طراحی در فضای نرمال استاندارد و g تابع شرایط حدی می باشد. به منظور یافتن مقدار شاخص اعتماد (β) ابتدا باید نقطه طراحی را به گونه ای که تابع شرایط حدی را ارضا کند حدس زده و سپس با انجام عملیات تکرار مقدار جدید نقطه طراحی را تا رسیدن به دقت دلخواه محاسبه نمود.

در این روش درصورتیکه متغیرهای تصادفی X_i دارای توزیع نرمال نباشند، می توان از روش

Rackwitz – Fiessler جهت محاسبه شاخص اعتماد استفاده کرد. در این روش مقادیر میانگین و انحراف معیار معادل در نقطه طراحی (X_i^*) به کمک روابط (۱۱و۱۲) محاسبه می گردند[۵].

$$F_X(X^*) = \Phi\left(\frac{X^* - \mu_X^e}{\sigma_X^e}\right) \quad (۱۱)$$

$$f_X(X^*) = \frac{1}{\sigma_X^e}\varphi\left(\frac{X^* - \mu_X^e}{\sigma_X^e}\right) \quad (۱۲)$$

در روابط فوق $f_X(X)$ و $F_X(X)$ به ترتیب تابع چگالی احتمال و تابع توزطع تجمعی مربوط به متغیر X می باشند. با انجام عملیات ریاضی روی روابط (۱۱و۱۲) مقادیر میانگین و انحراف معیار معادل در نقطه X_i^* قابل محاسبه است.

$$\mu_X^e = X^* - \sigma_X^e\left(\Phi^{-1}\left(F_X(X^*)\right)\right) \quad (۱۳)$$

$$\sigma_X^e = \frac{1}{f_X(X^*)}\varphi\left(\Phi^{-1}\left(F_X(X^*)\right)\right) \quad (۱٤)$$

در این روش به منظور انتقال متغیر های طراحی به فضای نرمال استاندارد به جای رابطه(۵) از رابطه (۱۵) استفاده می شود و سایر مراحل مربوط به عملیات تکرار انجام می پذیرد.

$$Z_i^* = \frac{X_i^* - \mu_{Xi}^e}{\sigma_{Xi}^e} \quad (۱۵)$$

درصورتیکه متغیرهای موجود در تابع شرایط حدی دارای همبستگی باشند، نیاز به انجام اصلاحاتی در روش فوق است که در مرجع [۵] ذکر شده است.

۵- تحلیل قابلیت اعتماد سیستم

در بسیاری از موارد با مسائلی برخورد می کنیم که ارزیابی احتمال خرابی با در نظر گرفتن تنها یک شرط مرزی به عنوان شرط حدی امکان پذیر نمی باشد. در چنین مسائلی که چند شرط حدی مختلف وجود دارد، با تحلیل قابلیت اعتماد سیستم مواجه هستیم. در این مواقع سیستم یا متشکل از اعضای مختلفی است که با خرابی یک یا چند عضو، امکان خرابی سیستم وجود دارد و یا امکان خرابی هر یک از اعضا در چند مد خرابی (مد خمشی، مد برشی و...) وجود دارد[۳].

کلیه سیستم ها را می توان به صورت ترکیبی از سیستم های سری و موازی بیان کرد. در یک سیستم سری، خرابی یکی از اعضا و یا خرابی در یک مد باعث خرابی کل سیستم می گردد،مانند یک زنجیر که خرابی در هر یک از حلقه ها موجب خرابی کل سیستم می گردد. در یک سیستم موازی، خرابی در سیستم زمانی رخ می دهد که تمامی اعضا دچار خرابی شده باشند، نمونه ای از این سیستم کابل متشکل از چند ریسمان است، خرابی زمانی رخ می دهد که تمام رشته ها دچار گسیختگی گردند[۳].

در حالت کلی هر مساله را می توان به صورت یک سیستم سری درنظر گرفت که هریک از اعضا این سیستم، یک سیستم موازی است. بنابراین درصورتیکه قادر به محاسبه شاخص اعتماد مربوط به سیستم های پایه، سری و موازی باشیم میتوان شاخص اعتماد مربوط به هر سیستم را محاسبه کرد.

درصورتیکه توابع شرایط حدی اعضا ی یک سیستم به صورت رابطه $g_i \leq 0$ مشخص گردند، در مورد یک سیستم سری خرابی زمانی اتفاق می افتد که یکی از این شرایط برقرار گردد، بنابراین جهت محاسبه احتمال خرابی سیستم سری می توان روابط زیر را نوشت[۱۰].

$$P_{f,s} = P\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{g_i(X)\le 0\}\right) = P\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{\overline{g}_i(U)\le 0\}\right) \approx P\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{l_i(U)\le 0\}\right) = P\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{\alpha_i U+\beta_i\le 0\}\right)$$
$$= P\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{Z_i\le -\beta_i\}\right) = 1-P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{Z_i\ \phi\ -\beta_i\}\right) = 1-P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{-Z_i\ \pi\ \beta_i\}\right) = 1-\Phi_n(\{\beta\};[\rho])$$
$$\beta_s = -\Phi^{-1}\left(1-\Phi_n(\{\beta\};[\rho])\right) \qquad (۱۶و۱۷)$$

در رابطه (۱۶) عملگر l_i نشان دهنده تقریب خطی در نقطه طراحی در فضای نرمال استاندارد برای تابع شرایط حدی i ام است، $\{\beta\}$ برداری شامل شاخص اعتماد تمامی شرایط حدی،$[\rho]$ماتریس ضرایب همبستگی است که توسط رابطه (۱۸) محاسبه می گردد و $\Phi_n(\ )$ تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد n متغیره است که توسط رابطه (۱۹) محاسبه می گردد.

$$[\rho] = [\rho_{ij}] \quad , \quad \rho_{ij} = \alpha_i^T.\alpha_j \qquad (۱۸)$$

$$\Phi_n(\{\beta\};[\rho]) = \int_{-\infty}^{\beta_1}\cdots\int_{-\infty}^{\beta_n}\frac{1}{(2\pi)^{n/2}}\frac{1}{|[\rho]|^{1/2}}\exp\left(-\frac{1}{2}\sum_{i,j=1}^{n}\beta_i^T M_{ij}\beta_j\right)d\beta_1\ldots d\beta_n$$
$$\{\beta\} = \{\beta_1,\ldots,\beta_n\} \quad , \quad [M] = [\rho]^{-1} \qquad (۱۹)$$

با توجه به تعریف خرابی در سیستم موازی می توان چنین نوشت[۱۰].

$$P_{f,p} = P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{g_i(X)\le 0\}\right) = P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{\overline{g}_i(U)\le 0\}\right) \approx P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{l_i(U)\le 0\}\right)$$
$$= P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{\alpha_i U+\beta_i\le 0\}\right) = P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\{Z_i\le -\beta_i\}\right) = \Phi_n(-\{\beta\};[\rho]) \qquad (۲۰)$$
$$\beta_p = -\Phi^{-1}(\Phi_n(-\{\beta\};[\rho])) \qquad (۲۱)$$

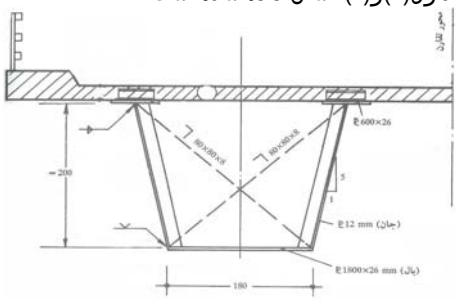
۶- مطالعات عددی

به منظور انجام مطالعات عددی یک پل با عرشه دو عنصری و عبورگاه دو خطه با دهانه ساده به طول ۳۶ متر در نظر گرفته شده است(شکل ۳). بارگذاری این پل مطابق آیین نامه ۱۳۹ سازمان مدیریت و برنامه ریزی و طراحی آن بر اساس مقررات آیین نامه آشتو انجام پذیرفته است. جزئیات طراحی و کنترل ضوابط مربوطه در مرجع [۱] آمده است.

از آنجا که در تحلیل قابلیت اعتماد عرشه پل خرابی در هر مد موجب نقص عملکرد و خرابی کلی میگردد، بنابراین حل مسئله به صورت تحلیل قابلیت اعتماد یک سیستم سری خواهد بود. شرایط حدی در تحلیل قابلیت اعتماد پلها عبارتند از: ظرفیت خمشی، ظرفیت برشی، ظرفیت کمانشی(کمانش کلی و محلی)، تغیر شکل، ارتعاش و شرایط مخرب تجمعی مانند خوردگی، خستگی، ترک خوردگی و ... [۳]. در این تحقیق ظرفیت خمشی(g_1)و برشی(g_2) تیر ورق، ظرفیت خمشی دال بتنی(g_3) و تغیر شکل عرشه تحت اثر بارهای زنده(g_4) به عنوان شرایط حدی در یک سیستم سری درنظر گرفته شده اند. شرایط مرزی در رابطه (۲۲)، جزئیات متغیرهای طراحی و و مقادیر ثابت طراحی در جداول (۱) و(۲) آمده است. مقادیر نامی، مقادیر مستخرج از آیین نامه می باشند و مقادیر ضریب بایاس(λ)، ضریب تغیرات(C.O.V) و نوع توزیع احتمال متغیرها با استفاده از مراجع [۳]و[۵] انتخاب گردیده است.

$$g_1 = 0.55F_Y - \frac{w_1 l^2}{8S_1} - \frac{w_2 l^2}{8S_2} - \frac{M_l}{S_3} \quad , \quad g_3 = 0.4 f_c - \frac{w_2 l^2}{240\,S_{tc1}} - \frac{M_l}{10\,S_{tc2}}$$
$$g_2 = 0.3133\,F_Y - \frac{w_1 l}{2A_w\cos\theta} - \frac{w_2 l}{2A_w\cos\theta} - \frac{V_l}{A_w\cos\theta} \quad , \quad g_4 = \frac{1}{800} - \frac{5M_l l}{48\,EI} \qquad (۲۲)$$

با درنظر گرفتن این شرایط حدی مقادیر شاخص اعتماد مربوط به شرایط حدی مختلف به ترتیب ۱/۶۶، ۶/۳۷، ۵/۲۱ و ۴/۰۱ محاسبه گردیده است. با توجه به مقادیر نسبتا بزرگ β_2 و β_3 تنها شرایط حدی g_1 و g_4 جهت بررسی تاثیرات پارامترهای طراحی بر شاخص اعتماد سیستم انتخاب گردیده است. تاثیرات تغییرات در مقادیر انحراف معیار مربوط به متغیرهای طراحی بر روی شاخص اعتماد سیستم در نمودار(۱) و جداول(۳)و(۴) نشان داده شده است.



شکل(۳): طرح شماتیک عرشه مورد بررسی[۱]

متغیر تصادفی	مقدار نامی	ضریب بایاس (λ)	ضریب تغیرات (C.O.V)	مقدار میانگین (μ)	انحراف استاندارد (σ)	تابع توزیع
FY(خمش)	2400 kgf/cm^2	1.12	0.1	2688 kgf/cm^2	268.8 kgf/cm^2	log norma
FY(برش)	2400 kgf/cm^2	1.14	0.105	2736 kgf/cm^2	287.28 kgf/cm^3	lognormal
w_1	38 kgf/cm	1.03	0.08	39.14 kgf/cm	3.1312 kgf/cm	normal
w_2	12.5 kgf/cm	1.05	0.1	13.125 kgf/cm	1.3125 kgf/cm	normal
Ml	5.39*10^7 kgf.cm	1	0.15	5.39*10^7 kgf.cm	8.09*10^6 kgf.cm	extreme I
Vl	5.99*10^4 kgf	1	0.15	5.99*10^4 kgf	8.99*10^3 kgf	extreme I
fc	200 kgf/cm^2	1.14	0.13	228 kgf/cm^2	29.64 kgf/cm^2	lognormal
E	2.1*10^6 kgf/cm^2	1	0.1	2.1*10^6 kgf/cm^2	2.1*10^{5}kgf/cm^2	lognormal

جدول (۱): متغیرهای تصادفی درنظر گرفته شده و مشخصات مربوط به آنها.

ثابت طراحی	L(m)	S_1(cm^3)	S_2(cm^3)	S_3(cm^3)	$A_w\cos\theta$ (m^2)	S_{tc1} (cm^3)	S_{tc2} (cm^3)	I(cm^4)
مقدار	36	104976	116583	125922	470.4	121531	222195	1.8*10^7

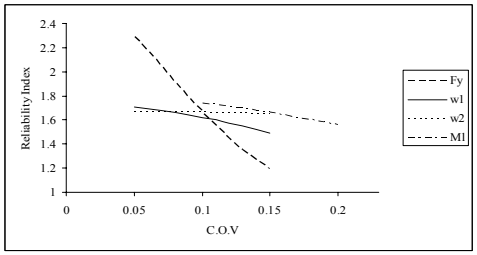
جدول۲- مقادیر ثابت های طراحی.

C.O.V	β_1	β_4	ρ	β_S
0.05	2.29	4.01	0.727	2.29
0.06	2.17	4.01	0.670	2.17
0.07	2.04	4.01	0.610	2.04
0.08	1.91	4.01	0.551	1.91
0.09	1.78	4.01	0.497	1.78
0.1	1.66	4.01	0.450	1.66
0.11	1.55	4.01	0.409	1.55
0.12	1.45	4.01	0.375	1.45
0.13	1.35	4.01	0.346	1.35
0.14	1.27	4.01	0.321	1.27
0.15	1.19	4.01	0.299	1.19

جدول(۳): تاثیر تغیرات Fy بر شاخص اعتماد سیستم

C.O.V	β_1	β_4	ρ	β_S
0.05	1.66	4.29	0.479	1.66
0.06	1.66	4.25	0.474	1.66
0.07	1.66	4.19	0.469	1.66
0.08	1.66	4.14	0.463	1.66
0.09	1.66	4.08	0.457	1.66
0.1	1.66	4.01	0.450	1.66
0.11	1.66	3.94	0.442	1.66
0.12	1.66	3.87	0.434	1.66
0.13	1.66	3.8	0.426	1.66
0.14	1.66	3.72	0.417	1.66
0.15	1.66	3.64	0.409	1.66

جدول (۴): تاثیر تغیرات E بر شاخص اعتماد سیستم



نمودار (۱): تاثیر تغیرات پارامترهای مختلف طراحی بر شاخص اعتماد سیستم

۷- نتیجه

در این تحقیق اثر مقدار ضریب تغیرات متغیرهای طراحی نظیر تنش تسلیم فولاد(Fy)، بارمرده گروه ۱ (w1) شامل وزن قطعات ساخته شده در کارخانه، بارمرده گروه ۲ (w2)شامل وزن قطعات ساخته شده در محل ، بار زنده(Ml,Vl) و مدول الاستیسیته فولاد(E) بر روی شاخص اعتماد سیستم سری متشکل از شرایط حدی رابطه (۲۲) مورد بررسی قرار گرفت، از مهمترین نتایج حاصل می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- با توجه به شاخص های اعتماد به دست آمده برای شرایط حدی مختلف مشخص گردید مهمترین عامل در ارزیابی شاخص اعتماد این نوع پلها ظرفیت خمشی تیر ورق است. اما مقدار به دست آمده برای شاخص اعتماد، نسبت به شاخص هدف که در طراحی پل معمولا ۳/۵ در نظرگرفته می شود[۳]، کوچک است.
- تاثیر خصوصیات تنش تسلیم فولاد بر روی شاخص اعتماد قابل ملاحظه است به گونه ای که تغیر مقدار ضریب تغیرات از ۰/۰۵ به ۰/۱۵ موجب تغیر شاخص اعتماد از ۲/۲۹ به ۱/۱۹ می گردد.
- پارامترهای مربوط به بارگذاری تاثیر چندانی بر روی شاخص اعتماد سیستم ندارند.
-تغیرات در میزان مدول الاستیسیته هر چند اثرات زیادی بر روی شاخص اعتماد β_4 دارد، اما با توجه به کوچک بودن β_1 ، تغیرات β_4 ، اثری بر روی شاخص اعتماد سیستم ندارد.

۸- مراجع

[۱]طاحونی ش.، ۱۳۸۳، طراحی پل، انتشارات دانشگاه تهران.

[۲]پور زینلی س.، حسین نژاد ع.، رزاقی ج.، ۱۳۸۴، "بررسی تاثیر مقاومت مشخصه بتن و درصد میرایی سازه ای بر قابلیت اعتماد پلها در برابر نیروهای ناشی از زلزله"، دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه،تهران.

[3] Nowak A.S., Zhou J. (1990), "*System Reliability Models for Bridges*", structural safety, 7: 247-254.
[4] *AASHTO* (1983), Standard Specification for Highway Bridges, 3/ed.
[5] Nowak A.S., Collins K.R. (2000), "*Reliability of Structures*", Mc Graw Hill.
[6] Zhao Y., Ono T. (2001), "*Moment methods for structural reliability*", Structural Safety; 23:47-75.
[7] Hasofer A.M., Lind N.C. (1974),"*Exact and invariant second-moment code format*", J.Engrg Mech Division, ASCE.
[8] Der Kiureghian A., Lin HZ., Hwang SJ. (1987) ,"*Second-order reliability approximations*", J Engrg Mech ASCE.
[9] Bucher CG.(1988),"*Adaptive sampling : an iterative fast Monte-carlo procedure*", Structural Safety; 5(2):119-126.
[10] Hohenbicher M., Rackwitz R.(1983),"*First-Order Concepts in System Reliability*", Structural Safety; 1:117-188.

Effect of designing variables on reliability of bridges constructed with compound boxlike plate beam

Abstract

Designing and analysis of the bridges are usually based on deterministic codes, but because of random nature of designing variables, application of the structure on limit state condition could not be predicted correctly .So random nature of designing variables should be considered. In this study to understanding the effect of designing variables on reliability of bridge's deck constructed with compound boxlike plate beam against vertical loads, material properties of bridge and applied loads have been considered as random variables. To considering the time and local changes of live loads, suitable designing push has been used. System destruction could de defined by various limit state function such as failure in shear or moment, … modes, and thus reliability of the structure could be understood. Failure of bridge's deck system has been considered regarding series system of different modes and the reliability (probability of failure) of structure has been assessed by reliability index.

Key words: *boxlike plate beam, limit state condition, reliability index, series system.*