بسم الله المعين

حسبنا الله ونعم الوكيل

٤٠٢٢٣

۱۳۸۱ /۲/ ۲۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تحویل بازرگانی

دانشکده فنی

دانشگاه تهران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته عمران گرایش سازه

٤٠ ٢٢٣

عنوان :

تحلیل ترک خوردگی پلهای مصالح بنایی و بررسی پایداری و یکپارچگی آنها

نگارش: حسن استاد حسین

استاد راهنما: دکتر سهیل محمدی

استاد مشاور: دکتر محمد صادق معرفت

پاییز ۱۳۸۰

016851

٤٠٢٢٣

تقدیم به تمامی یاسهای کبود،
تقدیم به تمامی شقایقهای سرخ،
تقدیم به تمامی قاصدکها،

تقدیم به دستان گرم پدرم
و بزرگ اوستاد عشق، مادرم

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

قدر استاد نکو دانستن، حیف استاد به من یاد نداد

نهایت تشکر و سپاس را از جناب آقای دکتر محمدی دارم که راهنمایی های مشفقانه شان در طول انجام پایان نامه وپس از آن همواره راهگشا و گره گشای مشکلاتم بود.

همچنین از جناب آقای دکتر معرفت بخاطر اینکه اطلاعات وتجربیات ارزشمند خود را در اختیارم قرار دادند کمال قدردانی را مینمایم.

و از آقای دکتر عطارنژاد جهت قبول داوری و حضور در جلسه دفاع سپاسگزارم.

نیز لازم می دانم از مسؤولین پر تلاش مرکز کامپیوتر عمران، روابط عمومی دانشکده و سمعی بصری جهاد دانشگاهی تشکر نمایم.

توفیقات روز افزون ایشان را از درگاه یکتای بی همتا مسالت دارم.

حسن استادحسین

برگریزان ۱۳۸۰

موضوع

تجلیل برنامه جنوب‌یابی بهای مصالح بنایی و برنامه‌ی باربری و کارچکی آنها

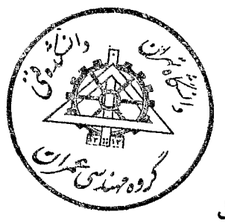
توسط

حسن ... استاد حسین ...

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد :

رشته ... عمران - سازه ...



از این پایان نامه در تاریخ ... ۱۳۸۰/۸/۱۴ ... در مقابل

هیئت داوران دفاع بعمل آمده و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده : .....

مدیر گروه آموزشی : ...

نماینده تحصیلات تکمیلی گروه : ...

استاد راهنما : ...

عضو هیئت داوران : ...

عضو هیئت داوران : ...

چکیده

تعداد زیادی از سازه هایی که از دیرباز بنا گردیده با استفاده از مصالح بنایی ساخته شده اند. منظور از سازه های مصالح بنایی سازه هایی اند که از واحدهای بنایی مثل آجر وسنگ که بین آنها با ملات پر شده ویا از ملات یکپارچه مثل بتن غیر مسلح ساخته می شوند. از جمله سازه های فوق پلهای مصالح بنایی می باشند که در بسیاری از نقاط جهان به چشم می خورند.

پابرجایی این پلها از دو دیدگاه قابل توجه است. اول اینکه اینگونه سازه ها بیانگر تاریخچه معماری و مهندسی اقوام مختلف می باشند. بنابراین اهمیت تاریخی و فرهنگی دارند. دیگر اینکه هم اکنون تعداد زیادی از این پلها در بسیاری از نقاط جهان مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده فراوان و جدی از اینگونه پلها همراه با اختراع لوکوموتیوهای بخار و گسترش خطوط راه آهن آغاز شد. اما به دلیل ناکافی بودن اطلاعات در مورد طریقه تحلیل و طراحی این پلها مطابق اصول صحیح طراحی نشده ویا بعضا به علت عدم امکان تخمین واقع بینانه از میزان بارگذاری در زمان ساخت وآینده احتمال کافی نبودن مقاومت جهت کاربری های فعلی وجود دارد. از طرفی جایگزین کردن این پلها با پلهای جدید مقرون به صرفه نمی باشد.

بنابراین برای بررسی پابرجایی و تخمین ظرفیت باربری نهایی پل برای ارزیابی کفایت مقاومت جهت تحمل ترافیک حال وآینده لازم است روش مناسبی مورد استفاده قرار گیرد.

این روش باید قابلیت مدل کردن ناپیوستگی های موجود در سازه های بنایی اعم از نا پیوستگی های ذاتی مثل بند ملاتها و ناپیوستگی های ناشی از ترکخوردگی در سازه ها را داشته باشد.

در حال حاضر مناسبترین روش برای تحلیل خطی و غیرخطی سازه ها روش اجزاء محدود می باشد. اما این روش بر اساس تئوری مکانیک محیط های پیوسته است. در صورت بکارگیری این روش ناپیوستگی های مذکور باید بگونه ای لحاظ گردند.

در این تحقیق ناپیوستگی های موجود در سازه های بنایی با روش ترکیبی اجزاءمحدود/اجزاء مجزا مدل می شود. این روش مبتنی بر مبانی مکانیک تماس و مکانیک شکست محاسباتی واجزاء محدود می باشد.

در روش بکار گرفته شده قابلیت تشخیص شروع ترکخوردگی وامتداد ترک و تخمین الگوی ترکخوردگی و مدلسازی رفتار پس از ترکخوردگی سازه به صورت هندسی ومکانیکی وجود دارد.

Abstract:

Many of ancient structures have been constructed of masonry. Masonry structures are made up masonry unit blocks such as bricks and stones, jointed together by mortar. Or made up homogeneous mortar like un-reinforced concrete.
Among the masonry structures there are masonry bridges in many parts of the world. Stability of these bridges is considerable from two points of view: Firstly, since these structures show the architectural and engineering history of nations, have historical and cultural importance. Secondly, a large number of these bridges are being used in many parts of the world now. So substitution of them with new one is not economical. Inventing steam engine and locomotive and development of railway caused increasing in utilizing of masonry bridges.
But because of lack of enough information about analysis and design methods, masonry bridges didn't designed on correct bases. Partly because of impossibility of loading estimation in construction time or future, strength of structure may be less than that of required for current application.
Therefore it is necessary to apply an appropriate method for investigating stability and estimating ultimate bearing capacity of masonry bridges. And it should be determined that if the capacity is enough to bearing present and future traffic or not.
The applied method should be able to model discontinuities in masonry structures, including material inhomogenuity such as composite masonry structures and discontinuity caused by cracking or unit blocks separation.
Presently Finite Element Method is the best method of linear and nonlinear analysis of structures. But it is based on mechanics of continuous media. Therefore in analysis of masonry structures by Finite Element Method, discontinuities should be considered by an appropriate scheme.
In this study discontinuities is modeled by Combined Finite / Discrete Element Method. This method is based on Computational Contact Mechanics and Mechanics of Fracture and Finite Element Method. It is able to recognize the begining of cracking, so to determine crack direction, consequently can estimate the crack pattern. And so can simulate after cracking behavior mechanically and geometrically.

فصل اول

مقدمه: پل های مصالح بنایی و تبیین هدف تحقیق

۱-۱) اجزاء مختلف پلهای مصالح بنایی..... ۲

۱-۲) ارزیابی ظرفیت باربری نهایی پل های مصالح بنایی..... ۳

۱-۳) تحلیل سازه های بنایی ٤

۱-٤) تحلیل پل های قوسی مصالح بنایی ٦

۱-٥) کلیات تحقیق ۸

فصل دوم

مبانی تئوری پلاستیسیته:

۲-۱) منحنی شماتیک تنش – کرنش ۱۰

۲-۲) معیار تسلیم ۱۲

۲-۳) رابطهٔ تنش- کرنش برای بیان حالت پس از تسلیم..... ۱٥

۲-۳-۱) گسترش روابط رفتاری پس از تسلیم..... ۱۷

۲-٤) قوانین جریان پلاستیک..... ۱۸

۲-٥) فرمولاسیون ماتریسی..... ۱۹

۲-٦) روش های حل عددی مسائل غیرخطی مادی..... ۲۲

۲-۷) پلاستیسیته در اجزاء محدود..... ۲۷

۲-۸) روش های حل عددی معادله تعادل در حالت دینامیکی..... ۲۸

۲-۸-۱) روش تفاضل محدود (روش صریح).....۲۸

۲-۸-۲) روش های ضمنی.....۳۱

فصل سوم

مبانی مکانیک شکست محاسباتی:

۳-۱) مدل ترک پخشی.....۳۳

۳-۲) مدل ترک هندسی.....۳٤

۳-۳) مودهای شکست.....۳۵

۳-٤) مدل نرم شدگی کرنش.....۳۵

۳-۵) به هنگام کردن تنش ها.....۳۹

۳-٦) جهت ترک.....٤۰

۳-۷) شکست در اجزاء محدود و مش بندی مجدد.....٤۰

فصل چهارم

مبانی روش ترکیبی اجزاء محدود / اجزاء مجزا و مکانیک تماس محاسباتی

٤-۱) تاریخچه.....٤۳

٤-۲) کلیات روش ترکیبی اجزاء محدود/ اجزاء مجزا ٤۵

٤-۳) ردیابی تماس.....٤٦

٤-۳-۱) روش های جستجوی عمومی.....٤۷

٤-۳-۲) روش های جستجوی محلی.....۵۲

٤-٤) روش های اعمال قید.....٥٤

٤-٤-١) روش ضرائب پنالتی.....٥٧

٤-٤-١-١) نیروهای تماسی نرمال ٦٣

٤-٤-١-٢) مشکلات تماس در گوشه ها ٦٨

٤-٤-١-٣) نیروهای تماسی مماسی.....٧١

٤-٤-٢) روش ضرائب لاگرانژ.....٧٥

فصل پنجم

دیدگاه های موجود در مدلسازی محیط مصالح بنایی و بررسی رفتاری مصالح بنایی

٥-١) سازه های مصالح بنایی و فرض های مختلف برای مدلسازی آنها.....٧٧

٥-٢) انواع گسیختگی در سازه های مصالح بنایی ٨٣

٥-٣) روابط رفتاری که برای مدلسازی در این تحقیق استفاده شده است..... ٨٨

فصل ششم

کاربردهای عملی

بخش اول : کنترل عملکرد برنامه

مثال ٦-١) برخورد جسم با تیر..... ٩٠

مثال ٦-٢) دیوار برشی یکپارچه (١) ٩٢

مثال ٦-٣) دیوار برشی یکپارچه (٢).....٩٤

بخش دوم : مدلسازی مثالهای واقعی

مثال ٦-٤) دیوار برشی مصالح بنایی (١)..... ٩٥

مثال ٦-٥) دیوار برشی مصالح بنایی (٢)..... ٩٨

مثال ٦-٦) پل قوسی بتنی کیلومتر ٢٣ راه آهن قدیم تهران – قم..... ١٠٠

٦-٦-١) مشخصات هندسی پل..... ١٠٠

٦-٦-٢) مشخصات مصالح بکار رفته در پل..... ١٠٣

٦-٦-٣) بارگذاری استاتیکی پل..... ١٠٥

٦-٦-٤) تفسیر نتایج حاصل از بارگذاری استاتیکی ١٠٦

٦-٦-٥) اصلاح نمودار تغییر مکان – بارگذاری..... ١١٠

٦-٦-٦) نتایج بدست آمده از تحلیل..... ١١٤

نتیجه گیری و ارائهٔ پیشنهادات..... ١١٨

فهرست مراجع

فصل اول

مقدمه

پلهای مصالح بنایی و تبیین هدف تحقیق

پل از دیرباز به عنوان یکی از مهمترین ابنیه فنی راه مورد توجه مهندسان و معماران بوده است. از جمله نکات مهمی که سازندگان پل همواره با آن سر و کار داشته اند، انتخاب نوع مصالح مصرفی بوده است. این انتخاب معمولاً با توجه به شرایط محیطی و دسترسی ها صورت می گرفته و می گیرد. بسیاری از پلهای قدیمی که هنوز به خوبی پابرجا می باشند و مورد استفاده قرار می گیرند با مصالح بنایی ساخته شده اند.

منظور از پلهای مصالح بنایی، پلهایی هستند ساخته شده از واحدهایی مثل آجر یا سنگ که بین آنها با ملات پر شده است. اصطلاح فوق در این تحقیق به پلهایی که با ملات غیر مسلح نظیر بتن ساخته شده اند نیز اطلاق می گردد.

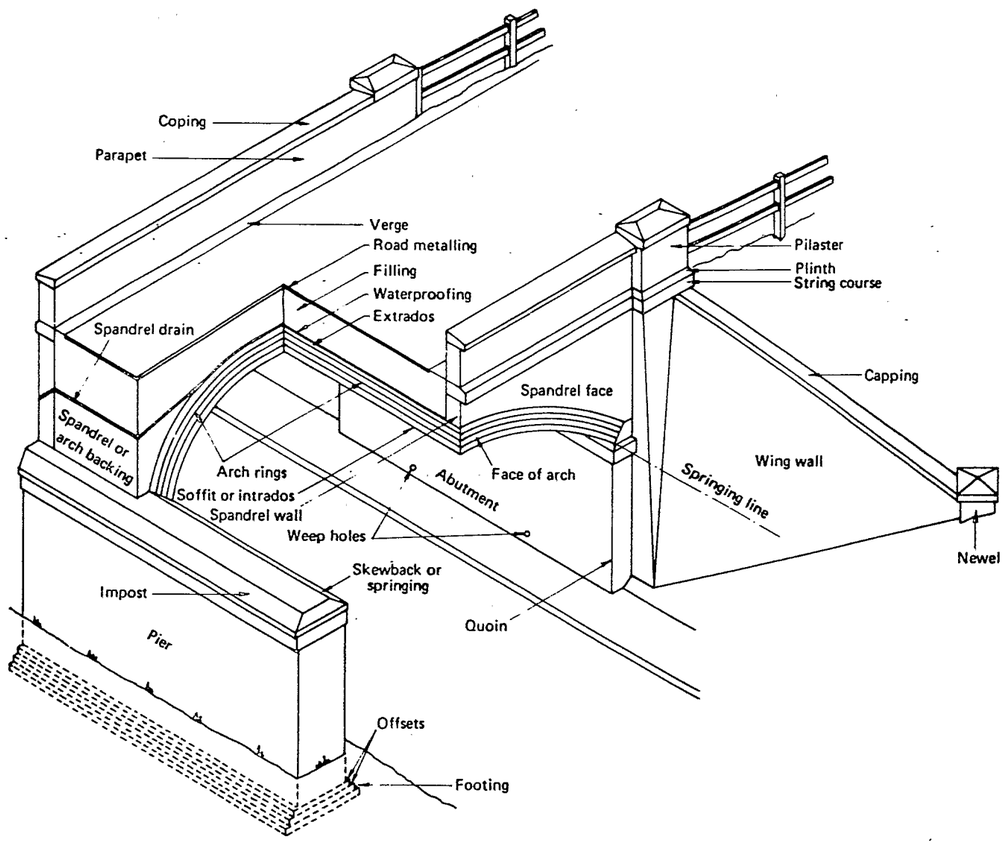
استفاده فراوان و جدی از اینگونه پلها همراه با اختراع لوکوموتیوهای بخار و گسترش خطوط راه آهن آغاز شد. اما به علت ناکافی بودن اطلاعات در مورد طریقه تحلیل و طراحی، این پلها مطابق اصول صحیح طراحی نشده و یا بعضاً به علت عدم امکان تخمین واقع بینانه از میزان بارگذاری در حال و آینده احتمال کافی نبودن مقاومت جهت کاربری های فعلی وجود دارد.

در حال حاضر تعداد بسیاری از این پلها در سراسر جهان در خطوط راه آهن مورد استفاده قرار می گیرند که اولاً جایگزین کردن آنها با پلهای جدید از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست و ثانیاً بسیاری از آنها از لحاظ تاریخی و فرهنگی اهمیت دارند. [6]

مطالب فوق لزوم دستیابی به راه حلی برای تعیین هـر چـه دقیقـتر ظرفیـت بـاربری پلـهای مصالح بنایی را آشکار می سازد. به این معنی که باید کفایت ظرفیت باربری پل برای ترافیک حـال و آینده مورد ارزیابی قرار گیرد و مشخص گردد.

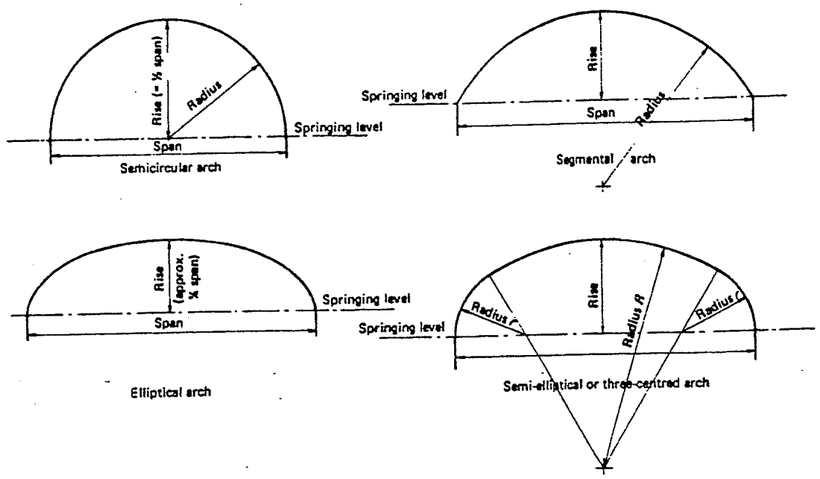
۱-۱) اجزاء مختلف پل های مصالح بنایی:

پل مصالح بنایی از اجزاء مختلفی تشکیل شده است که در شکل (۱-۱) دیده می شود.



شکل (۱-۱)

قوس اصلی معمولاً از بتن، سنگ یا آجر ساخته می شود و اشکال مختلفی می تواند داشته باشد که در شکل (۱-۲) قابل مشاهده است. قوس اصلی تنها جزء سازه ای عرشهٔ پل است و نیروها را بـه پایه ها و پی منتقل می کند.



شکل (۱-۲) اشکال مختلف قوس

بنابراین از تأثیر سازه ای دیوارهای جانبی و مصالح پر کننده معمولاً صرفنظر می شود. حـال آنکه در بیشتر موارد تأثیر دیوارهای جانبی و مصالح پر کننده قابل صرفنظر نمی باشد. در اینجاست که انجام آزمایشات محلی جهت تعیین درصد مشارکت سازه ای اجزاء فرعی مطرح می شود. **[۲]**

۱-۲) ارزیابی ظرفیت باربری نهایی پل های مصالح بنایی

قابل اعتمادترین روش برای تعیین ظرفیت باربری نهایی این پلها انجام آزمایشهای محلی بـر روی آنهاست. به این ترتیب که پلها تا حد تخریب و انهدام بارگذاری می شوند. مشـکل واضـح و

اساسی این است که بعد از انجام تستهای مخرب، پل دیگر قابل استفاده نمی باشد. بـه ایـن خـاطر است که به سراغ روش های عددی قابل اعتماد می رویم.

مناسب ترین روش عددی، روشی است که قابلیت پذیرش متغیرهای بیشتری را داشته باشد. به این معنی که تا حد امکان در آن تمامی متغیرهای اصلی دخیل در تحلیل در نظـر گرفتـه شـوند. همچنین پروسهٔ تحلیل به واقعیت نزدیکتر باشد و تا حد امکـان از معادلسـازیها پرهـیز شـود و بـه مدلسازی واقعیت ها پرداخته شود.

پلهای قوسی با مصالح بنایی به علـت وجـود رفتارهـای غـیر خطـی و تـرک خـوردگـی و مشارکت اجزاء غیر سازه ای در باربری آنها رفتار سازه ای پیچیده ای دارند. حال آنکه بـه تناسـب دشواری مدلسازی واقع بینانه این نوع پلها کارهای تحقیقاتی کافی بر روی آنها انجام نشـده اسـت. [۲]

برای رسیدن به یک مدل قابل اعتماد، همانطوری که اشاره شد نیاز بـه انجـام آزمایشـات بـر روی سازه های واقعی و مقایسه نتایج آزمایش های محلی با نتایج حاصل از تحلیل تئوریک می باشد.

۱-۳) تحلیل سازه های مصالح بنایی:

آنالیز شکست سازه های بنایی بر مبنای تکنیکهای مدلهایی است که برای بتن گسترش پیـدا کرده است. در تحلیل های پیشرفته تر اثر بندهای ملات در رفتار مکـانیکی مصـالح بنـایی در نظـر گرفته می شود. مدلسازی ترک پخشی که برای بتن استفاده می شود برای مصالح بنـایی نـیز قـابل بکار بردن است. اما رفتار مصالح بنایی مقداری پیچیده تر از رفتار بتن می باشـد، چـرا کـه بتـن را می توان، ایزوتروپ و همگن فرض کرد. در صورتیکه وجود بندهای مـلات در سـازه هـای بنـایی