بسمه تعالی

شناخت عوامل و گستردگی خرابی،چگونگی مقاوم سازی سازه ای و لرزه ای و ارزیابی تعمیرات پل سعید آباد

استاد راهنما : جناب آقای دکتر کیوانی

استاد مشاور : جناب آقای دکتر صادقی

دانشجو : رامین نصراله پور

پائیز 87

تقدیر و تشکر

دراینجا لازم است از راهنماییها و همکاریهای بیدریغ و صمیمانه استادان گرانقدر جناب آقای دکتر عبداله کیوانی به عنوان استاد راهنما و جناب آقای دکتر ارژنگ صادقی به عنوان استاد مشاور پایان نامه و سایر اساتید دانشکده فنی دانشگاه تربیت معلم آذربایجان که مرا در کلیه مراحل انجام کار یاری نمودند، سپاسگزاری فراوان بنمایم.

همچنین از پدر و مادرم و همسرم که مرا در این امر یاری نموده اند ، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

رامین نصراله پور

تبریز - ایران

چکیده

در ابتدای این پایان نامه عوامل تخریب و گستردگی خرابی و دوام و پایداری پل سعید آباد بحث شده است.سپس با توجه به اینکه اطلاعات کافی در مورد مقاطع ، مشاور طراح پل ، مبانی محاسباتی ، آئین نامه های به کار رفته و دتایل های اجرا شده وجود نداشت بر اساس مشاهدات صحرایی و تهیه ازبیلت پل و مطالعات میدانی، مدل سازی سه بعدی و اختصاص مقاطع و مشخصات مصالح صورت گرفته است. در تحلیل کل سازه مدل شده از تحلیل به روش طیفی چند مودی (تحلیل طیفی) استفاده شده است و همچنین برای ارزیابی مدل سازی و صحت نتایج از روش استاتیکی خطی استفاده شده است . که در نتیجه پس از تحلیل پل موجود و با مشاهده نتایج آنالیزطیفی و استاتیکی مشاهده شده است که در پل موجود تغییر مکان عرشه به میزان زیادی می باشد و به لحاظ سازه ای پل ناپایدار می باشد. سپس با تقویت پایه ها و سیستم تکیه گاهی پل با استفاده از قرار دادن تکیه گاه های الاستومری که می تواند پیشنهادی برای مقاوم سازی باشد. اگر چه ممکن است طرح های دیگری نیز وجود داشته باشند، پل دوباره مدل شده و پس از تحلیل مدل مقاوم سازی شده وبا استفاده از نتایج آنالیز مشاهده شده است که پل از نظر تغییر مکان و نیروها در وضعیت مطلوب تری قرار دارد. و در ادامه، تحلیل پل به روش استاتیکی غیر خطی هم نیز صورت گرفته است. پس از تحلیل استاتیکی غیر خطی،پل موجود و پل مقاوم سازی شده که نحوه توزیع بارگذاری آن از روی مود غالب آنالیز مودال و با استنباط از روی جرم موثر مودی به دست آمده بود، انجام گرفته است که پس از مشاهده نتایج آنالیز غیر خطی هر دو مدل پل مشاهده شد که پل موجود بسیار ترد و شکننده و ناپایدار می باشد که در این وضعیت ضریب رفتار R پل برابر یک به دست آمده است در حالی که در پل مقاوم سازی شده ضریب رفتار R پل برابر 4/95حاصل شده است. سپس در خاتمه با استفاده از نتایج تحلیل طیفی پل تقویت شده به ارزیابی و نحوه مقاوم سازی بر اساس آئین نامه FHWA پرداخته شده است. که نتایج آن نیز حاکی از وضعیت مطلوب پل پس از مقاوم سازی می باشد.

کلمات کلیدی : تعمیر،پل، خرابی، مقاوم سازی ،تقویت کردن ،بتون

فهرست مطالب

عنوان
صفحه

مقدمه ---------- 1

فصل اول : دوام و پايداري و عوامل تخريب و گستردگي خرابي پل سعيد آباد

1-1- مقدمه ---------- 4
1-2- ساختار پل ---------- 5
1-3- وضعيت پل در حال حاضر ---------- 5
1-3-1- مكانيزم خوردگی ميلگردهای پل---------- 6
1-3-1-1 كليات---------- 6
1-3-1-2 شرايط كاهش مصونيت---------- 6
1-4- وضعيت دوام و پايداری پل سعيدآباد ---------- 8
1-4- 1- وضعيت عرشه پل---------- 9
1-4-2- وضعيت تيرهای تكيهگاهی---------- 19
1-4- 3 - وضعيت پايههای پل---------- 21
1-4-4- بررسی دوام در فنداسيون پل---------- 30
1- 5-پايداری پل از نظر لرزهای ---------- 32
1-6- جمعبنديهای وضعيت موجود و روش مقاومسازی ------- 36

فصل دوم: پيشنه پژوهش

2_1- مقدمه ---------- 38
2-2- دلائل نياز به تعمير و تقويت سازههاي بتوني ---------- 39
2-3- روشهاي بهسازي (تقويت) اعضاي سازهاي بتون مسلح---------- 40
2-3-2- روشهاي مختلف ترميم وتقويت پل هاي بتوني--------- 42
2-4- تقويت و تعمير ستونهاي بتوني ---------- 42
2-5- كليات ---------- 43
2-6- دلايل انتخاب دستورالعمل FHWA برای مقاوم سازی------ 45

فصل سوم: مدلسازي و تحليل
3-1- مقدمه و كليات ---------- 49

3-2- مشخصات سازه اي پل اصلي(موجود) ---------- 54
3-2-1- شالوده ها ---------- 54
3-2-2- پايه ها ---------- 54
3-2-3- سر ستون ها: ---------- 54
3-2-4- كوله ها ---------- 55
3-2-5- سيستم تكيه‌گاهي ---------- 55
3-3- مدلسازي: ---------- 56
3-3-1- مقدمه ---------- 56
3-3-2- هندسه مدل ---------- 56
3-3-3- مشخصات مصالح ---------- 62
3-3-4- اختصاص مقاطع به المانهايSHELL و FRAME ------ 62
3-3-5- اختصاص تكيه گاهها به شالوده ها ---------- 63
3-4-جمع آوري اطلاعات مربوط به مشخصات مصالح --------- 63
3-5- بارگذاري ---------- 64
3-5-1- بارگذاري ثقلي ---------- 64
3-5-2- اعمال نيروي زلزله با استفاده از مدل پيش بيني شده ---------- 65
3-5-3- اثر همزمان مؤلفه هاي زلزله ---------- 67
3-5-4- بار حرارتي ---------- 67
3-5-5- تركيبات بارگذاري ثقلي و جانبي ---------- 67
3-6-انتخاب روش تحليل سازه ---------- 68
3-7- تعيين اعضاي اصلي و غير اصلي در مدل --------- 68
3-8- تعيين ضرايب آگاهي ---------- 68
3-9-پيكربندي با توجه به وضعيت منظم يا نامنظم آن -- 69
3-10-اثر پيچش ---------- 69
3-11- نوع ديافراگم ---------- 69
3-12- اندركنش خاك و سازه ---------- 70
3-13-اثر واژگوني ---------- 70
3-14-تطابق مدل با امكانات و فرضيات طراحي و رفتار سازه ---------- 70
3-15- تعيين ظرفيت پايه ها ---------- 71
3-15-1- تعيين ظرفيت پايه ها در مدل اول و دوم و سوم - 71
3-15-2-شالوده نواري محورها در مدل اول و دوم و سوم -- 74
3-15- 3-تعيين ظرفيت پايه ها در مدل چهارم ---------- 74
3-15-4-شالوده نواري محورها در مدل چهارم --------- 77
3-16-تعيين سختي و مقاومت شالوده ---------- 78
3-17- تعيين مشخصه هاي نيرو-تغيير مكان شالوده ------- 78
3-18- اختصاص سختي ها به المانLINK ---------- 78
3-19- آناليز مودال ---------- 79
3-19-1- مدل اول(مدل اوليه) ---------- 79
3-19-2- مدل دوم (مدل با تكيه گاه الاستومري) --------- 85

3-19-3- مدل سوم (مدل يكپارچه شده) ---------- 87
3-19-4-مدل چهارم (مدل تقويت شده) ---------- 90
3-20- تغيير مكانهاي وسط عرشه واقع در محل BENT3 ---- 94
3-21-بررسي نتايج نيروها و تغيير مكانهاي مدلهاي اول تا چهارم ---------- 95
3-22- تحليل استاتيكی غير خطی پل موجود وپل مقاوم سازی شده ---------- 98
3-23- بارگذاري زلزله ---------- 98
3-23-1- زمان تناوب اصلي نوسان ---------- 99
3-23-2- ضريب بازتاب سازه، B ---------- 99
3-23-3- ضريب رفتار، R ---------- 100
3-23-4- ضريب زلزله در هر دو جهت x و y ---------- 100
3-23-5- برش پايه ---------- 101
3-23-6- توزيع نيروي زلزله ---------- 101
3-24- كنترل سازه بر اساس ضوابط طرح پلهاي راه و راه آهن در برابر زلزله ---------- 101
3-24-1- كنترل نياز به تحليل ديناميكي طيفي --------- 101
3-25- كنترل سازه بر اساس دستورالعمل بهسازي --------- 101
3-25-1- بارگذاري ثقلي ---------- 102
3-25-2- برآورد نيروها و تغييرشكلهاي طراحي --------- 102
3-26- روش تحليل غيرخطي ---------- 106
3-26-1- نقطه كنترل ---------- 106
3-26-2- توزيع بار جانبي ---------- 106
3-26-3- تغيير مكان هدف ---------- 107
3-27- سختي ---------- 111
3-27-1- روشهاي غيرخطي ---------- 111
3-28- معيارهاي پذيرش ---------- 112
3-28-1- روش هاي استاتيكي و ديناميكي غيرخطي ---------- 112
3-29- نتايج آناليز استاتيكي غيرخطي ---------- 113

فصل چهارم: كنترل سازه بر اساس دستورالعمل FHWA

4-كليات ---------- 124
4-1-داده هاي ورودي ---------- 125
4-2-حداقل نيروهاي تقاضا براي تكيه گاه يا مقيدكننده 127
4-3-حداقل طولهاي نشيمن گاهي ---------- 127
4-4-نسبت هاي ظرفيت به تقاضا براي درزهاي انبساط و تكيه گاهها ---------- 129

4-4-1 کلیات---------- 129
4-5-نسبت هاي ظرفیت به تقاضا (تغییرمکان) ---------- 133
4-6-نسبت ظرفیت به تقاضا (نیرو) ---------- 134
4- 6-1- نسبت ظرفیت به تقاضا براي ستون هاي بتون مسلح وفونداسیون ---------- 135
4-7-مهار آرماتور طولي ---------- 143
4-8-وصله در آرماتور طولي ---------- 149
4-9-برش ستون ---------- 159

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

5-1-کلیات---------- 165
5-2- علل خرابی---------- 165
5-3- نتایج تحلیل طیفی---------- 167
5-4-نتایج آنالیز استاتیکي غیرخطي---------- 176
5-5- پیشنهادات---------- 177

ضمیمه: پیوست A دستورالعمل FHWA

A-1- کنترلهای دستورالعمل FHWA برای مدل دوم (با نئوپرن) ---------- 179
A-1-1- کنترلهای دستورالعمل FHWA برای مدل دوم (با نئوپرن)تحت ترکیب بار D+.5L+EX+.3EY ---------- 180
A-1-2- کنترلهای دستورالعمل FHWA برای مدل دوم (با نئوپرن) تحت ترکیب بار D+.5L+EY+.3EX ---------- 186
A-2- کنترلهای دستورالعمل FHWA برای مدل چهارم (مدل تقویت شده) ---------- 192

A-2-1- کنترلهای دستورالعمل FHWA برای مدل چهارم (مدل تقویت شده)تحت ترکیب بار D+.5L+EY+.3EX ---------- 193
A-2-2- کنترلهای دستورالعمل FHWA برای مدل چهارم (مدل تقویت شده)تحت ترکیب بار D+.5L+EX+.3EY ---------- 199
منابع ---------- 205

فهرست اشکال و جداول

عنوان
صفحه

شکل 1-1پل هفت دهنه ای سعید آباد---------- 4
شکل 1-2 (عرشه پل) ---------- 7
شکل 1-3. تاثیر منشاء کلر در میزان خوردگی ---------- 8
شکل 1-4 عدم شیب بندی صحیح آسفالت در پل ---------- 10
شکل 1-5 تکه ای از آسفالت که املاح نمک در آن نفوذ کرده است---------- 10
شکل 1-6 نفوذ املاح خورنده در عرشه پل که باعث خوردگی آرماتور های عرشه شده است ---------- 11
شکل1- 7 ترک موزائیکی شدید در آسفالت عرشه پل ------- 12
شکل1- 8 ترک خوردگی شدید در آسفالت و نفوذ املاح خورده به سطح عرشه پل---------- 12
شکل1- 9 اضافه بار ناشی از ضخامت زیاد آسفالت در تعمیر ترکهای آسفالت در سنوات گذشته در عرشه پل ---------- 13
شکل 1-10 خرپای فلزی معادل تیر گسیخته شده که در اثر برف و کولاک زمستانی و نفوذ املاح کلر گسیخته شده--------- ---------- 14
شکل1- 11خوردگی پیشرفته و انهدام کامل میلگردها وتاندون های طولی تیر گسیخته شده ---------- 15

شکل 1-12 خرپای فلزی Steel Truss جایگزین تیر گسیخته شده 15
شکل1-13 طبله شدن (Debonding) طولی بال تحتانی تیرهای لبه - ای ---------- 16
شکل 1-14ترکهای طولی در تیرهای لبه ای تعمیر شده----- 16
شکل 1-15 چگونگی نفوذ کلر در تیرها از سطح عرشه و متورق شدن بتون ---------- 17
شکل1-16 خوردگی در عرشه پیادهرو---------- 17
شکل1- 17 چگونگی نفوذ کلر در بدنه پایههای پل از سطح عرشه ---------- 19
شکل 1-18 چگونگی نفوذ کلر در سر ستون از سطح عرشه---- 20
شکل 1-19 وضعیت تیر های طولی و سرستونها در اثر نفوذ یون کلر ---------- 20
شکل 1-20 نفوذ املاح نمک به کوله پل توسط عرشه-------- 21
شکل1-21 خوردگی میلگردهای تیرهای تکیهگاهی پل---------- 21
شکل1- 22 مکانیزم نفوذ ذرات یون کلر در پایههای پل ناشی از کاربرد نمکهای یخزدا ---------- در سطح عرشه ---------- 22
شکل 1-23 تغییر رنگ در پایههای پل ناشی از نمکهای یخزدا حاوی ذرات رس در سطح عرشه ---------- 23
شکل1- 24ترکهای موزائیکی ناشی از نفوذ یون کلر و خوردگی میلگردهای اصلی و کلاف عرضی پایههای پل---------- 24----------
شکل 1-25 ایجاد ترک طولی و کرمو شدن در اثر پاشش حاصل از ذوب یخ حاوی املاح کلر آویزان از لوله های زهکش بر پایه های پل---------- 25 -
شکل 1-26 وضعیت خوردگی میلگردهای طولی و کلاف عرضی پایه - های پل ---------- 26
شکل 1-27 تصویر نزدیک خوردگی میلگردهای طولی و قطع کلاف عرضی پایه پل ---------- 26
شکل 1-28 ترک طولی در امتداد میلگردهای اصلی ناشی از خوردگی شدید و متورق شدن در پایههای پل---------- 27 --
شکل 1-29 افزایش عرض ترک طولی در امتداد آرماتورهای طولی بر اثر گذشت زمان ---------- 27
شکل1- 30خوردگی شدید و متورق در پایه های پل--------- 28
شکل 1-31انهدام لایه پوششی ناشی از تنش خردگی انبسا طی میلگردهای پایه های پل ---------- 29
شکل 1-32 وضعیت آرماتورهای فونداسیون---------- 30
شکل 1-33 فنداسیون پایه ها---------- 31

شکل 1-34 خوردگی شدید ناشی از مکانیزم کاپیلاریته املاح کلر بستر رودخانه در پایههای پل ---------- 31
شکل 1-35 ارتعاش غیر هم فاز پایه در سقوط عرشه ------- 33
شکل 1-36 ارتعاش شدید پل در دهانه تقویت شده با خرپای فلزی 34
شکل 1-37 فقدان هر گونه دستگاه تکیهگاهی در پل سعیدآباد 35
شکل 1- 38 دستگاه تکیهگاهی الاستومری استاندارد ------- 35
شکل 3-1مقطع سرستونهاوبرش عرشه پل در محل سر ستون ها 50
شکل 3-2برشی از مقطع سرستون و تیرهای طولی ---------- 51
شکل 3-3برش عرشه پل در وسط دهانه ---------- 52
شکل 3-4برش پیاده رو ---------- 53
شکل 3-5 ارتفاع پایه ها و اختلاف کد عرشه پل که مدل سازی شده است ---------- 53
شکل 3-6 شرایط تکیه گاهی ساده تیرها بر روی سر ستون و نمای یک دهنه از پل ---------- 54
شکل3-7 سیستم مختلط شاهتیر بتونی به همراه دال بتونی (مقطع عرضی پل) ---------- 58
شکل3-8 نحوه قرار گیری شاهتیر های بتونی روی سر ستون در مدلسازی ---------- 58
شکل 3-9 پایه ها به همراه فونداسیون و سرستون پل (مقطع عرضی) ---------- 59
شکل 3-10 نحوه قرار گیری پایه ها بر روی شالوده و سرستون بر روی پایه ها **در پل ---------- 60**
شکل 3-11 مش بندی عرشه پل در مدلسازی---------- 61
شکل 3-12 نحوه قرار گیری شاهتیرها بر روی سرستون ها در طول پل ---------- 61
شکل 3-13نحوه مدلسازی کوله ها که به صورت المان Link با سختی بینهایت و اختصاص خاک زیر فونداسیون ---------- 61
شکل 3-14نمای کلی پل مدلسازی شده ---------- 62
جدول3-1 پارامترهای $\underline{S}$ و T_SوT_O براي انواع خاکها موجود ---------- 66
نمودار 3-1نمودار طیف خاک نوع|| آیین نامه آشتو---------- 66
شکل 3-14 مقطع ستون پل موجود که بدون آرماتور در نظر گرفته شده است---------- 71
جدول 3-2 اندر کنش مقطع ستون پل موجود ---------- 72
نمودار 3-2 منحنی اندر کنش مقطع ستون بدون آرماتور در مدلسازی ---------- 73
شکل 3-15 ابعاد فونداسیون پایه ها ---------- 74
شکل 3-16مقطع ستون پیشنهاد شده به قطر 260 سانتیمتر -- 75
شکل 3-17 نحوه اتصال به فونداسیون---------- 75

جدول 3-3اندر کنش مقطع پیشنهاد شده ستون ---------- 76
نمودار 3-3 منحنی اندر کنش ستون پیشنهاد شده برای مقاوم سازی---------- 77
شکل 3-18 ابعاد فونداسیون تقویت شده که ضخامت 60 سانتیمتر به ضخامت موجود فونداسیون افزوده گردیده است -------- 77
جدول 3-4 مدهاي اول تا پنجم مدل پل موجود ---------- 79
نمودار 3-4 مقایسه مودها از روی جرم موثر در جهت طولی--- ---------- 80
نمودار 3-5 مقایسه مودها از روی جرم موثر در جهت عرضی 81
شکل 3-19 مود اول پل موجود ---------- 81
شکل 3-20 مود دوم پل موجود ---------- 81
شکل 3-21 مود سوم پل موجود ---------- 82
شکل 3-22 مود چهارم پل موجود ---------- 83
شکل 3-23 مود پنجم پل موجود ---------- 84
جدول 3-5 مودهاي اول تا پنجم مدل دوم با فرض وجود نئوپرن زیر شاهتیرها ---------- 85
شکل 3-24مود اول مدل دوم با فرض وجود نئوپرن زیر شاهتیرها ---------- 85
شکل 3-25 مودوم مدل دوم با فرض وجود نئوپرن زیر شاهتیرها 86
شکل 3-26 مودسوم مدل دوم با فرض وجود نئوپرن زیر شاهتیرها ---------- 86
شکل 3-27 مود چهارم مدل دوم با فرض وجود نئوپرن زیر شاهتیرها ---------- 87
جدول 3-5 مودهاي اول تا پنجم مدل یکپارچه شده---------- ---------- 87
شکل 3-28 مود اول مدل یکپارچه شده ---------- 88
شکل 3-29 مود دوم مدل یکپارچه شده ---------- 88
شکل 3-30 مود سوم مدل یکپارچه شده ---------- 89
شکل 3-31 مود چهارم مدل یکپارچه شده ---------- 89
شکل 3-32 مود پنجم مدل یکپارچه شده ---------- 90
جدول3-6 مودهاي اول تا پنجم مدل تقویت شده ---------- 90
شکل 3-33 مود اول مدل تقویت شده ---------- 91
شکل 3-34 مود دوم مدل تقویت شده ---------- 92
شکل 3-35 مود سوم مدل تقویت شده ---------- 92
شکل 3-36 مود چهارم مدل تقویت شده ---------- 93
شکل 3-37 مود پنجم مدل تقویت شده ---------- 93
جدول3-7 تغییر مکان وسط عرشه پل موجود ---------- 94
جدول 3-8 تغییر مکان وسط عرشه مدل دوم با فرض وجود نئوپرن زیر شاهتیرها ---------- 94
جدول 3-9 تغییر مکان وسط عرشه مدل یکپارچه شده ------ 94

جدول3-10 تغییر مکان وسط عرشه مدل تقویت شده--------- 95
نمودرا 3-6 تغییر مکان وسط عرشه در جهت طولی در مدل های اول تا چهارم ---------- 95
نمودار 3-7 تغییر مکان وسط عرشه در جهت طولی در مدل های دوم تا چهارم ---------- 96
نمودار3-8 تغییر مکان وسط عرشه در جهت عرضی در مدل های اول تا چهارم ---------- 96
نمودار 3-9 تغییر مکان وسط عرشه در جهت عرضی در مدل های دوم تا چهارم ---------- 97
جدول 3-11- مشخصات ساختگاه---------- 98
جدول 3-12- مقادیر ضریب C_m ---------- 104
جدول 3-13- مقادیر Te حاصل از تحلیل سازه ---------- 107
جدول 3-14- مقادیر تقریبی C0 ---------- 108
جدول 3-15- مقادیر C2 براي سطوح عملکرد مختلف-------- 109
جدول3-16- مقادیر تغییر مکان هدف براي سطح خطر 1----- 110
شکل3-38- رابطه بار- تغییر شکل براي اجزاي بتوني----- 111
جدول 3-17- مقادیر پارامترهاي مورد نیاز براي تحلیل هاي غیر خطي ---------- 112

شکل 3-39- منحنيPush Over در راستاي X و کرانه پایین بارهاي ثقلي (DXL)
براي سازه حاضر ---------- 114
شکل 3-40- منحني Push Over در راستاي Y و کرانه پایین بارهاي ثقلي (DYL)
براي سازه حاضر ---------- 114
شکل 3-41- منحنيPush Over در راستاي X و کرانه بالاي بارهاي ثقلي (DXU)
براي سازه حاضر ---------- 115
شکل 3-42- منحنيPush Over در راستاي Y و کرانه بالاي بارهاي ثقلي (DYU)
براي سازه حاضر ---------- 115
شکل 3-43- منحني Push Over در راستاي X و کرانه پایین بارهاي ثقلي (DXL)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 116
شکل 3-44- منحني Push Over در راستاي Y و کرانه پایین بارهاي ثقلي (DYL)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 116
شکل 3-45- منحنيPush Over در راستاي X و کرانه بالاي بارهاي ثقلي (DXU)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 117

شكل 3-46- منحنيPush Over در راستاي Y و كرانه بالاي بارهاي ثقلي (DYU)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 117
شكل 3-47- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي X و كرانه پايين بارهاي ثقلي (DXL)
براي سازه حاضر ---------- 118
شكل 3-48- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي Yو كرانه پايين بارهاي ثقلي (DYL)
براي سازه حاضر ---------- 118
شكل 3-49- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي X و كرانه بالابارهاي ثقلي (DXU)
براي سازه حاضر ---------- 119
شكل 3-50- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي Yو كرانه بالا بارهاي ثقلي (DYU)
براي سازه حاضر ---------- 119
شكل 3-51- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي X و كرانه پايين بارهاي ثقلي (DXL)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 120
شكل 3-52- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي Yو كرانه پايين بارهاي ثقلي (DYL)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 120
شكل 3-53- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي X و كرانه بالاي بارهاي ثقلي (DXU)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 121

شكل 3-54- محل تشكيل مفاصل پلاستيك در راستاي Yو كرانه بالاي بارهاي ثقلي (DYU)
براي سازه مقاوم سازي شده ---------- 121
شكل 4-1 حداقل الزامات طول نشيمن گاه ---------- 129
شكل 4-2 طول موثر نشيمن گاه ---------- 131
جدول4-1 لنگر خمشي نيازالاستيک ستونها و فونداسيون در قاب عرضي BENT3 ---------- 136
جدول 4-2 اندركنش پايه های محورBENT 3: ---------- 137
نمودار 4-1 اند ر كنش پايه های محور BENT 3 ---------- 138
جدول 4-3 لنگرهاي اضافه مقاومت ستون ناشي از بار مرده ---- 138
جدول4- 4 نيروهاي برشي ستونها در ITERATION 1---------- 139
جدول4-5 محاسبه نيروي محوري اصلاح شده ناشي از واژگوني1 ITERATION ---------- 139
جدول 4-6 لنگرهاي اضافه مقاومت ستونهاITERATION2 -------- 140
جدول 4-7 نيروهاي برشي ستونها در ITERATION3 ---------- 140
جدول 4-8 لنگرهاو نيروهاي برشي اضافه مقاومت ستونهاITERATION3 ---------- 141

جدول 4-9 محاسبه r_{ef} مربوط به شالوده---141
جدول4- 10 محاسبه r_{ec} مربوط به ستونها---142
جدول4- 11تعیین حالت توسط r_{ec} و r_{ef}---143
شکل4-3 طول موثر مهاری آرماتور طولی---144
شکل 4-4نحوه اتصال و طول موثر مهاری آرماتور طولی---146
شکل 4-5 تنشهای شعاعی توسعه یافته ناشی از مهار میلگرد---149
شکل 4-6طول وصله آرماتور طولی---150
شکل 4-7 روند تعیین نسبت ظرفیت به تقاضا برای وصلههای آرماتور طولی (mm و kPa)---152
جدول4- 12 تعیین k1,k2,k3 براي محاسبه r_{cc}---156
شکل 4-8 روند محاسبه نسبت های C/D برای برش ستون---161
جدول 4-13 تعیین برش Ve در جهت لنگر ناشي از تحلیل الاستیک 162
جدول 4-14 لیست نسبته ای ظرفیت به نقاضا C/D---163
نمودار5-1 تغییر مکان طولی پل موجود و پل مقاوم سازی شده-168
نمودار5-2 تغییر مکان عرضی پل موجود و پل مقاوم سازی شده-168
نمودارهاي زیرتحت ترکیب بار D+.5L+.3EX+EY:
نمودار 5-3 نسبت(C/D)جابجایي براي نشیمن تکیه گاه (نئوپرن ها) 169
نمودار 5-4 نسبت(C/D) نیرو براي مهار تکیه گاه (نئوپرن ها) 169
نمودار 5-5 نسبت(C/D) محصور شدگي آرماتور عرضي پایه ها ----170
نمودار 5-6 نسبت نسبت (C/D) برش براي پایه ها ----------170
نمودار 5-7 نسبت(C/D) طول وصله براي آرماتور طولي پایه ها ---171
نمودار5- 8 نسبت(C/D) طول مهاري آرماتور طولي پایه ها-171
نمودار 5-9 نسبت(C/D) لنگر براي پي ----------172
نمودار 5-10 نسبت(C/D) لنگر براي ستون ----------172
نمودارهاي زیرتحت ترکیب بار D+.5L+EX+.3EY:
نمودار 5-11 نسبت(C/D) نیرو براي مهار تکیه گاه (نئوپرن ها) ---173
نمودار 5-12 نسبت (C/D) محصور شدگي آرماتور عرضي پایه ها ---173
نمودار 5-13 نسبت(C/D) برش براي پایه ها ----------174
نمودار 5-14 نسبت (C/D) طول وصله براي آرماتور طولي پایه ها ---174
نمودار 5-15 نسبت(C/D) لنگر براي پي ----------175
نمودار 5-16 نسبت(C/D) لنگر براي ستون ----------175
نمودار 5-17 منحنی نیرو- تغییر مکان سازه موجودو مقاوم سازی شده ---177

مقدمه

در طی سال های گذشته پل سعید آباد واقع در 25 کیلومتری محور ترانزیتی تبریز -تهران که در نوع خ ود از لحاظ قدمت و مشخصات فنی در منطقه کم نظیر بوده و ادامه جاده ابریشم و یکی از پلهای استراتژیک است.پس از حدود 34 سال بهره برداری در سال 1379 بر اثر شکستگی یکی از تیر ها معیوب گردید و بسته شد . سپس جهت تعمیر آن قراردادی بین شرکت راه و ساختمانی الیزاف و اداره کل راه و ترابری استان آذربایجان شرقی منعقد شد و در تاریخ 1380/2/1 عملیات تعمیر شروع گردید. از نحوه طراحی و اجرای سیستم های مرمت پل به طور مرتب عکس تهیه شده است که در فصل 1 قابل مشاهده می باشد . تعمیرات انجام شده در پل عبارتند از :

1- خرپای فلزی Steel Truss جایگزین تی ر گسیخته شده در دهانه دوم پل می باشد.

2- کشیدن کابلی در طول پل بر اساس فرضیات اساسی استاتیک که در درون کابل از مواد مخصوص پر شده است .

3-تعمیرات جزئی و موقت پایه ها و تیر ها برای جلوگیری از خوردگی آرماتورها.

پس از گذشت مدت زمان کم مسئولین اداره راه متوجه شدند که تعمیرات جزئی و اولیه کافی نیستند . در پی آن دو نفر از اساتید دانشگاه در مورد علل تخریب و عوامل گستردگی خرابی پل و روش های مقاوم سازی گزارشی را تهیه کردند و پس از گذشت حدود یک سال جهت مطالعات اولیه و ارائه طرح ها و نقشه های مقاوم سازی پایه ها با شرکت مهندسین مشاور پاسار قراردادی منعقد شد و هم اکنون مقاوم سازی پایه ها توسط پیمانکار بر اساس نقشه های ارائه شده مهندسین مشاور پاسار در حال انجام است. هدف ما در این پایان نامه شناخت عواملی که باعث تخریب و گستردگی این خرابی ها شده است، می باشد و پس از آن در مرحله بعدی به دلیل عدم وجود نقشه های سازه ای در وزارت راه ،کلیه ابعاد و اندازه های قسمت های مختلف پل را اندازه گیری کرده و ازبیلت پل را را بدست آورده ایم و سپس پل را در حالت وضعیت موجود و مقاوم سازی شده در برنامه SAP2000

مدل سازی کرده و به ارزیابی سازه ای و لرزه ای پل پرداخته ایم و سپس شروع به ارزیابی مقاوم سازی بر اساس آیین نامه FHWA کرده ایم تا بتوانیم قدمی در راستای سازندگی در کشور عزیزمان برداشته باشیم.

فصل اول

عوامل تخريب و گستردگي خرابي پل سعيدآباد

1-1- مقدمه

پل سعید آباد با هفت دهانه 30 متری توسط مهندسین مشاور اتکو طراحی و به وسیله یک شرکت فرانسوی در یکی از دره های گردنه شیبلی در کیلومتر 26 محور ترانزیتی تبریز – تهران احداث گردیده و از سال 1346 مورد بهره برداری قرار گرفت. ارتفاع متوسط آن از کف دره در حدود 25 متر و طول کامل آن 210 متر می باشد. هر یک از هفت دهانه این پل دارای چهار تیر بتونی طولی به طول 30 متر می باشد. که این تیرهای بتونی به وسیله دو تیر بتونی عرضی به فاصله 10 متر در یك سوم و دوسوم دو تیر بتونی عرضی در انتهای تیرهای طولی به هم وصل شده اند.

در سال 1357 با پیروزی انقلاب اسلامی مهندسین مشاور اتکو دفاتر خود را در سرتاسر ایران جمع کردند و متاسفانه هیچ نقشه و مشخصاتی از مصالح و مبانی محاسباتی و آیین نامه ای از این پل در وزارت راه باقی نمانده است لذا دسترسی به جزئیات اجرائی به طور کامل مقدور نمی باشد.

این فصل در رابطه با ارزیابی علل و عوامل خ وردگی و تخریب پل سعیدآباد مباشد که در نوع خ ود از لحاظ قدمت و مشخصات فنی در منطقه کم نظیر بوده و ادامه جاده ابریشم و یکی از پلهای استراتژیک است. در فصل حاضر وضعیت موجود از لحاظ سازهای، مسائل خ وردگی، دوام و پایداری سازهای و لرزهای بر اساس مشاهدات صحرایی اولیه از شرایط موجود پل بدون انجام آزمایشات بحث و بررسی شده است.

شکل 1-1

1-2- ساختار پل

پل سعیدآباد از هفت دهانه ساده تشکیل یافته و عرشهها که بصورت تیر و تاوه طراحی و اجرا گردیده و با شرایط تکیهگاهی ساده بر روی پایهها قرار گرفته - اند.عرشه پل از دال بتونی مسلح متکی بر 4 تیر حمال طولی میباشد. تیرهای بتونی با مقطع I شکل و به ارتفاع حدود 120 سانتیمتر میباشند. فاصله عرضی تیرهای طولی کناری عرشه از همدیگر برابر 212 سانتیمتر و فاصله تیرها در قسمت میانی برابر 277 سانتیمر میباشد. تیرهای طولی به صورت بتون پیش تنیده اجرا گردیدهاند. در دو انتهای پل کولههای بتونی جهت نشیمن عرشه تعبیه گردیده است. ولی بعلت قرار گرفتن در داخل خاک خاکریز، ارتفاع کولهها قابل تشخیص نیست.

پایههای میانی پل از نوع قاب خمشی با دو ستون با مقطع دایرهای میباشند. ارتفاع این ستونها در پایههای میانی پل حدود 25 متر و در کناره ها کمتر از 25 متر مشاهده می شود. قطر پایههای میانی 180 سانتیمتر میباشد. این نوع پایهها در جهت طولی بصورت تک ستونی و در جهت عرضی بصورت قاب خمشی عمل مینمایند.

1-3- وضعیت پل در حال حاضر

با توجه به این که پل سعید آباد در محور ترانزیتی و پر رفت و آمد تبریز – تهران و تبریز – بازرگان قرار گرفته است لذا این پل باید همیشه باز باشد و همچنین با توجه به این که این پل در منطقه کوهستانی و برفگیر و سردسیر شیبلی که یکی از گردنه های استان آذربایجان شرقی می باشد قرار دارد. فلذا همه ساله در معرض بارش های سنگین برف قرار دارد از این رو از سال 1356 نمک پاشی روی پل در مواقع یخبندان به جای استفاده از ادوات برف روب در کشور باب شده است که محلول نمک و آب به تدریج در قسمت های مختلف عرشه و پیاده رو و تیر های طولی و پایه ها نفوذ کرده و این امر سبب شده است که یون کلر آزاد شده از نمک در مجاورت اکسیژن و رطوبت ، موجب خوردگی آرماتورهای فولادی مخصوصا در پایه ها شود و ضمن متورق کردن آنها به طلبه شدن پوشش بتون نیز منجر گردد که ترک های طولی پایه ها بیانگر خوردگی آرماتورهای طولی پایه ها و عمق خرابی پایه ها می باشد.

مشکلات و معضلات ناشی از یون مخرب کلر در پل بعلل مختلف باعث شده که پل بطور ادواری تع مير و ترمیم گردد، لکن بعلت عدم شناسایی و از بین نبردن عامل اصلی خرابی در تعمیر و ترمیم پل در حال حاضر، پل دره سعیدآباد از شرایط بحرانی برخوردار نباشد بررسی کارشناسی و ارزیابی انجام گرفته در خصوص مشکلات بوجود آمده برای این پل از جنبههای زیر مورد بحث و آنالیز قرار گرفته است.

الف: بررسی مکانیزم خوردگی میلگردهای پل
ب: وضعیت دوام و پایداری پل از نظر سازهای
ج: پایداری پل از نظر لرزهای

1-3-1- مکانیزم خوردگی میلگردهای پل

1-3-1-1- کلیات

در شرایط عادی، میلگردهای بتون بطور طبیعی حفاظت شده و در مقابل عارضه خوردگی محافظت میشود که باید از محیط قلیایی ناشی از واکنش هیدراسیون سیمان قدردانی نمود که مقدار pH (13~14) بالاتر از حداقل مقدار (در حدود 9/5) مورد نیاز برای اطمین ان از مصونیت سطح فولاد را تامین مینکند.

شرایط مصونیت فولاد در محیط قلیایی بطور گسترده و تنگاتنگ در تمام سطوح مطالعه شده و از جنبه تئوری و مطالعات کاربردی هم در سازهها و هم در نمونه های آزمایشگاهی تائید شده است بنابراین واضح است که تمام مسائل ناشی از خوردگی میلگردهای سازههای بتونی معمولی و پیش تنیده باید به عواملی نسبت داد که منجر به از بین رفتن مصونیت موضعی و یا کلی در سطح میلگردها میشود.[14]

1-3-1-2- شرایط کاهش مصونیت

بعضی عوامل که میتواند به خوردگی میلگردها منجر شود عبارت است از:

الف) کربناسیون بتون
ب) وجود یونهای کلروری
ج) بتون متخلخل و وجود رطوبت
د) پوشش کم فولاد

کربناسیون در بتون، ناشی از واکنش بین دیاکسید کربن هوا و هیدرات کلسیم سیمان است این واکنش به تشکیل کربنات کلسیم منجر شده که با کاهش مقدار pH