

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	فصل اول: کلیات تحقیق
2	1-1- مقدمه
2	1-2- بیان مسأله (تعریف موضوع پژوهش)
3	1-3- اهمیت و ضرورت موضوع پژوهش
3	1-4- اهداف پژوهش
3	1-5- روش پژوهش
3	1-6- قلمرو مکانی و زمانی پژوهش (جامع آماری)
3	1-7- محدودیتهای پژوهش
	فصل دوم: شناخت
6	۲-۱- تاریخچه پل سازی
6	2-1-1- پل سازی تا زمان هخامنشیان
6	2-1-2- پل سازی در عصر هخامنشی
7	2-1-3- پل سازی در عصر اشکانیان
7	2-1-4- پل سازی در عهد ساسانی
7	2-1-5- پل سازی در دوران اسلامی تا دوره صفوی
8	2-1-6- پل سازی در عهد صفوی
9	2-1-7- پل سازی در حکومت افشاریه، زندیه و قاجاریه
9	2-1-8- پل سازی در قرن اخیر
10	2-2- شناخت پل خان
10	2-2-1- محل قرارگیری پل خان
11	2-2-2- موقعیت جغرافیایی منطقه
11	2-2-3- زمین شناسی منطقه
11	2-2-4- لرزه خیزی منطقه
12	2-2-5- اقلیم و آب و هوا:

13	2-2-1-6-منابع آب:
13	2-2-1-7-موقعیت تاریخی دشت مرودشت:
14	2-2-2-تاریخچه پل خان
16	2-2-3-تاریخ سیاسی پل خان
16	2-2-3-1-پل خان در زمان قاجار و استبداد صغیر
18	2-2-3-2-شورش عشایر جنوب و درگیری در پل خان
19	2-2-3-3-جنگ جهانی دوم و عبور نیروهای متفقین از روی پل خان
21	2-2-4-اصول فنی پل سازی
21	2-2-4-1-انتخاب محل پل
21	2-2-4-2-محل استقرار پل نسبت به محور رودخانه
22	2-2-4-3-نحوه پی سازی
24	2-2-4-4-پرش هیدرولیکی
24	2-2-4-5-بستر سازی
25	2-2-4-6-آب شستگی موضعی در محل پی ها
26	2-2-4-7-موج شکن یا آب بر
27	2-2-4-8-حفره زایی (کاویتاسیون)
28	2-2-4-9-تاق دهانه ها :
29	2-2-4-10-مصالح پل ها
29	2-2-4-10-1-سنگ
30	2-2-4-10-2-آجر
31	2-2-4-10-3-آهک
33	2-2-4-10-4-گچ
34	2-2-4-11-معماری پل خان:
36	2-2-4-11-1-ایستایی و پایداری فرم های قوسی
36	2-2-4-11-2-ژئوتکنیک بستر رودخانه

38	2-2-4-11-4-لرزش ایجاد در بچه هواگیر
39	2-2-4-11-5-اثر پایه‌های پل بر روی رژیم رودخانه
39	2-2-4-11-6-رعایت اصول معماری و زیباشناسانه در پل‌ها منحنی شکل
40	2-2-4-11-7-سهولت عبور و مرور از روی پل
42	2-2-4-12-نوع تاق‌ها
42	2-2-5-سازه
42	2-2-5-1-پایه‌های پل
42	2-2-5-2-سنگینی مصالح پشت بغل
46	2-2-5-3-آجرچینی نمای تاق‌ها
47	2-2-5-4-شیوه آجرچینی تاق‌ها در پل خان
	فصل سوم: آنالیز سازه‌ای
50	3-1-بررسی آنالیز استاتیکی تحت بار وزن
51	3-1-1-بررسی تنش S_1 و مقایسه آن با تنش مجاز:
51	3-1-2-بررسی تنش S_3 و مقایسه آن با تنش مجاز:
52	3-2-آنالیز ارتعاش آزاد (مودال) و تعیین مودهای ارتعاشی پل
54	3-3-آنالیز زلزله
56	3-4-تحلیل استاتیکی تاق‌های پل خان
56	3-4-1-تحلیل دهانه سوم
57	3-4-1-1-تحلیل تاق سوم قبل از مرمت های پهلوی
61	3-4-1-2-تحلیل تاق سوم بعد از مرمت های پهلوی
64	3-4-2-تحلیل تاق چهارم
64	3-4-2-1-تحلیل تاق چهارم بدون در نظر گرفتن بار زنده کامیون
66	3-4-2-2-تحلیل تاق چهارم با در نظر گرفتن بار زنده کامیون:
70	3-4-3-تحلیل تاق پنجم

70	3-4-1- تحلیل تاق پنجم قبل از تخریب
73	3-5- بررسی مقاومت پل در برابر نیروهای هیدرولیکی
75	3-5-1- محاسبه نیروهای وارده از جانب آب به پایه‌ها
75	3-5-1-1- نیروی استاتیکی
76	3-5-1-2- نیروی دینامیکی (پایه 5)
77	3-6- محاسبه نیروی زلزله
78	3-6-1- محاسبه نیروهای زلزله در جرز 5 در شرایط بحرانی سیلاب
79	3-6-2- محاسبه نیروی زلزله در زمان سیلاب 25 ساله
79	3-7- واژگونی پل
82	3-8- لغزش پل
	فصل چهارم: آسیب شناسی
86	4-1- فروریختگی مصالح دو طرف تاق میانی
87	4-2- عبور لوله آب شرب از روی پل و ایجاد تنش در مصالح تاق
87	4-3- ترک طولی زیر تاق میانی
89	4-4- آب‌شستگی و تخریب مصالح جرزها
90	4-5- ریختگی و فرسودگی و خوردگی مصالح آب برها
91	4-6- فروریختگی کامل دهانه شمالی (دهانه پنجم) پل
92	4-7- ریختگی تاق سوم و مصالح پشت بغل آن
92	4-8- رشد درختچه و خار روی بدنه پل
93	4-9- کوچک شدن بستر کبیر
93	4-10- تخریب لبه‌بند تاق چهارم
94	4-11- ترک‌های حاصل از ناهمگونی مرمت‌های انجام شده
95	4-12- لرزش و ارتعاش
95	4-13- آسیب دیدگی و تخریب سنگ کاری بدنه پل

95	14-4-تخریب شدن جان پناه پل و جایگزین کردن آن با جانپناه فلزی
96	15-4-آسیب آسفالت و الوارهای چوبی عبورگاه پل
97	16-4-آسیب دیدگی ناودان سنگی پل
98	17-4-الحاقات بتنی روی پل
98	18-4-تخریب شدن میل منارهای طرفین پل
99	19-4-پوشاندن سطوح آب بر با ملات‌های سیمانی
99	20-4-آسیب دیدگی بند ملات‌ها(در اثر تماس با آب رودخانه و یخ‌زدگی)
99	21-4-آسیب‌های منظری پل:
100	1-21-4-خرپای فلزی جنگ جهانی دوم
100	2-21-4-پل فلزی جهت عبور لوله آب شرب مرودشت
101	3-21-4-مسجد و مناره جدید الاحداث در جوار پل خان
101	4-21-4-المان یادبود شهدای گمنام مرودشت
102	5-21-4-نصب پل فلزی در جنوب پل خان
102	22-4-آسیب‌های محیطی
102	1-22-4-آلودگی هوا و آب رودخانه
	فصل پنجم:طرح مرمت
105	1-5-پتانسیل یابی
106	2-5-اقدامات اولیه مرمتی

106	3-5-مرمت پایه‌ها
107	4-5-مرمت پیاده رو (عرشه عبورگاه) پل
107	5-5-سیستم زهکشی عبورگاه پل
108	6-5-مرمت ناودان سنگی پل
108	7-5-مرمت تاق‌ها
108	1-7-5-مرمت تاق دهانه سوم
108	2-7-5-مرمت ترک‌ها
109	3-7-5-مرمت تکمیلی تاق دهانه شمالی
109	1-3-7-5-مبانی نظری و شواهد تاریخی
111	2-3-7-5-شیوه بازسازی تاق و دهانه پنجم
111	1-2-3-7-5-کنوسازی در پشت تاق دهانه پنجم
112	8-5-آجرچینی پشت بغل‌ها(نمای پشت بغل)
112	8-5-اجرای جانپناه سنگی در طرفین عرشه پل
112	9-5-بسترسازی کف رودخانه
113	10-5-جمع آوری و جدا نمودن گیاهان رشد کرده در بستر و روی نمای پل
113	11-5-مرمت بخش‌های فرو ریخته سنگ‌های نما

فهرست جداول

صفحه	عنوان
38	جدول (1-2) نسبت ارتفاع هواکش به عرض دهانه در پل ها (مأخذ: پل سازی و پل سازی)
39	جدول (2-2) نسبت ارتفاع هواکش به دبی رودخانه (مأخذ: طراحی پل)
44	جدول (3-2) وزن و حجم پل خان (مأخذ نگارنده)
45	جدول (2-4) وزن پل خان در شرایط غوطه وری ()
54	جدول (3-1) تغییر شکل و فرکانس های ایجاد شده در آنالیز مودال
54	جدول (3-2) تغییر شکل و تنش ها ایجاد شده در آنالیز زلزله
74	جدول (3-3) مقادیر دبی حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت های مختلف در ایستگاه پل خان
106	جدول (1-5) Swot

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
7	شکل (1-2) پل بند دروزن، شمال غربی تخت جمشید
10	شکل (2-2) موقعیت شهر مرو دشت در استان فارس
10	شکل (3-2) موقعیت استان فارس در کشور
10	شکل (2-4) عکس هوایی از موقعیت پل خان، سال 1390
11	شکل (2-5) عکس هوایی از موقعیت پل خان، سال 1345
12	شکل (2-6) گسل های فعال منطقه مرو دشت
16	شکل (2-7) نقاشی پل خان از کرلنسی برون_ 1704 میلادی
17	شکل (2-8) پل خان، حدود سال های 1300 - 1298 شمسی، عکس از منوچهر چهره نگار
18	شکل (2-9) پل خان در زمان قاجار
18	شکل (2-10) پل خان در زمان 1704 میلادی
19	شکل (2-11) پل خان. اواخر دوره پهلوی اول

19	شکل 2-12) خرپای فلزی ساخت آمریکا روی پل خان
20	شکل 2-13) مسیر حرکت متفقین در ایران در زمان جنگ جهانی دوم
22	شکل 2-14) غیر عمود بودن مقطع پل خان بر جریان رودخانه
23	شکل 2-15) گوم چوبی جهت پی سازی
24	شکل 2-16) پرش هیدرولیکی در محل پایه های پل
25	شکل 2-17) جریان گردابی در جلو پایه های پل
35	شکل 2-18) پل خان ، مرودشت - صفوی
35	شکل 2-19) پل گرگ ، زرقان فارس
35	شکل 2-20) فرم پل با دهانه های مساوی و هم ارتفاع
36	شکل 2-21) سی و سه پل اصفهان - دوره صفوی
37	شکل 2-22) تاثیر ژئوتکنیک بستر رودخانه در شکل گیری فرم معماری پل
37	شکل 2-23) افزایش ارتفاع تاق متناسب با عریض شدن دهانه جهت کم کردن رانش تاق
38	شکل 2-24) عدم قرار دادن پایه ها در بستر صغیر رودخانه
40	شکل 2-25) پل گاران، جاده مریوان (کردستان)
40	شکل 2-26) رساندن عرشه پل به ساحل رودخانه با شیب ملایم
41	شکل 2-27) پل میر بهاء الدین ، زنجان - قاجاری
41	شکل 2-28) نقشه ترسیمی از پل خان
43	شکل 2-29) پل خان در سیل سال 1356
44	شکل 2-30) عریض کردن پایه ها و سنگین کردن پل جهت مقابله با نیروهای هیدرولیکی
48	شکل 2-31) نحوه تاق زنی دهانه های پل خان
50	شکل 3-1) مدل سازی پل خان در نرم افزار Ansys
51	شکل 3-2) تغییر شکل پل خان تحت بار وزن
51	شکل 3-3) تنش های حداقل و حداکثر در S1
52	شکل 3-4) تنش های حداقل و حداکثر در S1

53	شکل 3-5) تغییر شکل ها در 10 مود ارتعاشی اول
54	شکل 3-6) تنش های حداقل و حداکثر در S1 در ثانیه 2 زلزله
55	شکل 3-7) تنش های حداقل و حداکثر در S3 در ثانیه 2 زلزله
56	شکل 3-8) شماره‌ی دهانه‌های پل خان
88	شکل 4-1) نحوه توزیع بار چرخ‌های کامیون در مقطع تاق
110	شکل 5-1) دهانه شمالی پل در آخرین بازسازی، چفت های چوبی زیر تاق
110	شکل 5-2) نا متقارن بودن قوس دهانه پنجم در دو طرف
110	شکل 5-3) نمای شرقی پل و دهانه پنجم قبل از تخریب

فهرست عکس‌ها

صفحه	عنوان
31	عکس 2-1) نمونه پایبونی از آجر پل خان تحت آزمایش کششی
31	عکس 2-2) نمونه مکعبی از آجر پل خان تحت آزمایش فشاری
86	عکس 4-1) نحوه ریختگی مصالح آجری تاق چهارم
86	عکس 4-2) ریختگی مصالح آجری در نمای تاق چهارم
87	عکس 4-3) پایه‌ی تکه دارنده‌ی لوله آب روی دهانه پنجم
87	عکس 4-4) عبور لوله آب شرب مرودشت از سطح گذرگاه پل
89	عکس 4-5) ترک در لبه تاق چهارم و ریختگی مصالح تاق ضربی
89	عکس 4-6) ترک طولی زیر تاق دهانه چهارم
89	عکس 4-7) ترک طولی زیر تاق دهانه چهارم
89	عکس 4-8) ریختگی مصالح تاق ضربی لبه تاق چهارم
90	عکس 4-9) آب شستگی مصالح جرزها
90	عکس 4-10) ایجاد حفره‌های بزرگ در اثر آب شستگی مصالح جرزها
90	عکس 4-11) ریختگی مصالح آب برها
90	عکس 4-12) ریختگی مصالح آب برها

91	عکس 4-13) ریختگی کامل دهانه پنجم
92	عکس 4-14) شکستگی تاق دهانه سوم و ریختگی مصالح سنگی پشت آن
93	عکس 4-15) پیش روی ریشه گیاهان درون مصالح بدنه
93	عکس 4-16) رشد گیاهان روی بدنه
93	عکس 4-17) رشد گیاهان در بستر رودخانه و کوچک شدن بستر
94	عکس 4-18) رشد گیاهان روی بدنه
94	عکس 4-19) ترک در نمای آجری دهانه چهارم
95	عکس 4-20) ترک در نمای آجری دهانه چهارم
96	عکس 4-21) جانپناه فلزی پل
96	عکس 4-22) جانپناه قدیم پل
96	عکس 4-23) تخریب آسفالت عبورگاه پل
96	عکس 4-24) تخریب آسفالت عبورگاه پل
97	عکس 4-25) پوشیدگی الوارهای چوبی روی خرپا
97	عکس 4-26) پوشیدگی الوارهای چوبی روی خرپا
97	عکس 4-27) آسیب دیدگی ناودان سنگی
98	عکس 4-28) الحاقات بتنی روی پل جهت نگه داشتن لوله آب شرب
98	عکس 4-29) الحاقات بتنی روی پایه‌ها جهت نصب خرپا
98	عکس 4-30) تخریب شدن میل منارهای طرفین پل
99	عکس 4-31) پوشاندن سطوح آب بر با ملات‌های سیمانی
100	عکس 4-32) خرپای فلزی جنگ جهانی دوم
100	عکس 4-33) خرپای فلزی جنگ جهانی دوم
100	عکس 4-34) پل فلزی جهت عبور لوله آب شرب مرودشت
100	عکس 4-35) پل فلزی جهت عبور لوله آب شرب مرودشت
101	عکس 4-36) مسجد و مناره جدید الاحداث در جوار پل خان.
101	عکس 4-37) مسجد و مناره جدید الاحداث در جوار پل خان.