

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٣٨٧ / ٤ / ٢٧



دانشگاه سوادکوه

دانشکده مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران (سازه)

ارزیابی، عملکرد و مقاوم سازی سازه بتنی با
استفاده از FRP و روشهای مناسب دیگر

استاد راهنما:

دکتر علی جعفروند

ارائه دهنده:

سید علی حسینی اصل

کتابخانه دانشگاه سوادکوه
تاسیس ۱۳۸۷

۱۳۸۷ / ۱۶ / ۲۷

زمستان 86

۹۶۳۴۱

تقدیم به :

پدر و مادر و همسرم :

که در کلیه مراحل زندگی در روزهای تلخ و شیرین مرا تنها نگذاشته
و راهنمایم بودید

تشکر و قدردانی:

حمد و سپاس خداوند متعال را که توفیق کسب علم و آشنایی با اهل علم را در این مقطع بمن اعطا فرمود.

بدین وسیله از کلیه عزیزانی که در انجام این طرح تحقیقاتی با اینجانب همکاری داشته‌اند کمال تشکر را دارم به خصوص از استاد ارجمند آقای دکتر علی جعفروند (استاد راهنما) کمال تشکر را دارم.

همچنین از اساتید ممتحن آقایان دکتر برخورداری و دکتر اشتری که با تشریف فرمایی در این جلسه در پربار نمودن جلسه دفاع اینجانب سهم عمده داشتند، از مهندس سید هادی حسینی اصل و مهندس مهدی بختیاری نیز به خاطر زحماتی که کشیدند سپاس‌گذارم و در آخر از همسر مهربان و دلسوزم خانم دکتر بهاره صباغ ابریشمی که در تمامی مراحل سخت مشوقم بوده و در به ثمر رسیدن این پایان نامه تلاش‌های بسیاری را انجام داده است، سپاس‌گذاری می‌نمایم.

امید است فعالیت تحقیقاتی اینجانب که قطره کوچکی از دریای بی‌کران تحقیقات می‌باشد راهگشای محققین محترم باشد.

چکیده

بسیاری از ساختمان‌ها و اعضای باربر سازه‌ای که قبل از دهه ۹۰ میلادی در ایالت متحده ساخته شده بودند برای مقاومت لرزه‌ای طراحی شده بودند تا این که اداره فدرال مدیریت شرایط اضطراری (FEMA) اقدام به ارزیابی لرزه‌ای و روشهای بازسازی موجود و ارائه روشهای مقاوم سازی نمود.

امروزه مقاوم سازی به صورت یک سیستم عرضه می شود، این سیستم‌ها شامل مواد تشکیل دهنده همانند فیبر و رزین نیست بلکه در برگیرنده تکنیک‌های نصب، راهنمایی و آموزش مجریان می باشد.

کشور ایران در روی کمربند زلزله آلپ-همیمالیا قرار دارد و هر سال زلزله خسارت جانی و مالی هنگفتی را بوجود می آورد با توجه به نرم افزارهای جدید و امکان بررسی دقیق تر رفتار سازه‌ها، نحوه محاسبات سازه براساس رفتار واقعی تر آنها انجام می گیرد. لذا در ایران در سالهای اخیر ساختمان‌های مهم که سالها قبل طراحی و اجرا شده‌اند، براساس دانش روز بررسی و در صورت نیاز تقویت می گردند. آنچه از یک زمین لرزه باقی می ماند تنها خساراتی است که به اشکال مختلف خود را نشان می دهد و لذا مطالعه این خسارات بهترین روشی است که به وسیله آن می توان تاثیر زمین لرزه بر جامعه را از جهات گوناگون مورد بررسی قرار داد. در این پایان نامه به بررسی آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمان مورد بررسی پرداخته می شود و راهکارهای بهسازی لرزه در صورت لزوم ارائه می گردد که دو روش تعریف قطعات بتنی با FRP و استفاده از ژاکت بتنی برای تقویت سازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نقشه‌های اجرایی آن برای مرحله اجرا ارائه گردید.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مروری بر اصول و مبانی بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود.....	1
1-1) مقدمه.....	2
2-1) تعاریف مقدماتی.....	2
3-1) سطوح و محدوده های عملکرد لرزه ای.....	3
1-3-1) سطوح و محدوده های عملکرد سازه ای.....	5
1-1-3-1) سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (S-1).....	5
2-1-3-1) سطح عملکرد ایمنی جانی (S-3).....	7
3-1-3-1) سطح عملکرد ممانعت از فروریزش (S-5).....	7
4-1-3-1) محدوده عملکرد کنترل خرابی (S-2).....	8
5-1-3-1) محدوده عملکرد ایمنی محدود شده (S-4).....	8
6-1-3-1) سطح عملکرد لحاظ نشده.....	8
2-3-1) سطوح عملکرد غیر سازه ای.....	8
1-2-3-1) سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه (N-A).....	9
2-2-3-1) سطح قابلیت استفاده بی وقفه (N-B).....	9
3-2-3-1) سطح ایمنی جانی (N-C).....	10
4-2-3-1) سطح ایمنی جانی محدود (N-D).....	10

- 10..... (N-E) سطح لحاظ نشده (5-2-3-1)
- 11..... سطوح عملکرد ساختمان (3-3-1)
- 11..... سطح خدمت رسانی بی وقفه (1-A) (1-3-3-1)
- 12..... سطح قابلیت استفاده بی وقفه (1-B) (2-3-3-1)
- 12..... سطح ایمنی جانی (3-C) (3-3-3-1)
- 13..... سطح ممانعت از فروریزش (5-E) (4-3-3-1)
- 13..... اهداف بهسازی (4-1)
- 14..... هدف مبنا (BSO) (1-4-1)
- 15..... اهداف بهسازی پیشرفته (2-4-1)
- 15..... اهداف بهسازی محدود شده (3-4-1)
- 15..... تحلیل خطر زلزله و طیف طراحی (5-1)
- 17..... روشهای تحلیل (6-1)
- 18..... روشهای خطی (1-6-1)
- 18..... روشهای غیرخطی (2-6-1)
- 19..... روش استاتیکی غیرخطی (NSP) (1-2-6-1)
- 19..... روش دینامیکی غیرخطی (NDP) (2-2-6-1)
- 20..... ضوابط پذیرش (3-6-1)
- 23 فصل دوم : مقاوم سازی ساختمان ها

24	..... (1-2) مقدمه
24	..... (2-2) انواع بهسازی
25	..... (3-2) الیاف پلیمری (FRP)
25	..... (1-3-2) تاریخچه
26	..... (2-3-2) FRP چیست؟
26	..... (3-3-2) انواع الیاف های FRP و مقایسه آنها
26	..... (1-3-3-2) الیاف کربن (CFRP (Carbon FRP
27	..... (2-3-3-2) الیاف شیشه (GFRP (Glass FRP
28	..... (3-3-3-2) الیاف آرامید (AFRP (Aramid FRP
30	..... (4-3-2) مزایای استفاده از FRP در سازه های بتن آرمه
31	..... (5-3-2) مقاوم سازی اعضای باربر سازه ای با ورقه FRP
34	..... (6-3-2) مدهای شکست ستونهای بتنی دورپیچ شده با ورق های FRP
39	..... (4-2) ژاکتهای بتن آرمه
41	..... (5-2) اهداف پایان نامه
43	..... (6-2) ساختمان های بهسازی شده در تهران
43	..... (1-6-2) پروژه بریانک
46	..... (2-6-2) پروژه بیمه
49	..... (3-6-2) پروژه دروازه شمیران
52	..... (4-6-2) پروژه رامیان

54.....	2-6-5 پروژه صادقیه.....
55.....	2-6-6 پروژه اندیشه.....
58.....	فصل سوم : معرفی کلی ساختمان مورد بررسی.....
59.....	1-3 مقدمه.....
60.....	2-3 مشخصات ساختمان و سازه آن.....
64.....	3-3 مشخصات کلی طراحی اولیه.....
66.....	فصل چهارم : بررسی آسیب پذیری کیفی ساختمان مورد مطالعه.....
67.....	1-4 مقدمه.....
68.....	2-4 فرمهای ارزیابی کیفی آسیب پذیری ساختمان مورد مطالعه.....
83.....	3-4 نتیجه گیری.....
84.....	فصل پنجم : کنترل ساختمان بر اساس آئین نامه 2800 و تحلیل شبه دینامیکی خطی.....
85.....	1-5 مقدمه.....
85.....	2-5 مشخصات مصالح.....
86.....	3-5 مشخصات خاک.....
86.....	4-5 مشخصات دیوارها.....
86.....	5-5 روش تحلیل.....

88.....	6-5) مدل سازی ساختمان و مشخصات هندسی آن.....
90.....	7-5) بارگذاری ساختمان.....
90.....	1-7-5) بار زنده.....
90.....	2-7-5) بار مرده.....
90.....	3-7-5) بارگذاری زلزله.....
90.....	1-3-7-5) طیف بازتاب ویژه ساختگاه.....
91.....	2-3-7-5) محاسبه ضریب نیروی زلزله (C).....
92.....	8-5) بررسی نتایج حاصل از آنالیز ساختمان.....
95.....	1-8-5) بررسی وضعیت ساختمان تحت بار ثقلی تنها.....
96.....	2-8-5) بررسی وضعیت ساختمان تحت بار ثقلی و بارهای جانبی ناشی از زلزله.....
97.....	3-8-5) بررسی میزان میلگرد لازم در اعضای مختلف.....
98.....	9-5) نتیجه گیری.....
99.....	فصل ششم : بررسی آسیب پذیری بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای.....
100.....	1-6) مقدمه.....
100.....	2-6) هدف بهسازی.....
100.....	3-6) تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف طرح ویژه ساختگاه.....
103.....	4-6) روش تحلیل سازه.....
103.....	1-4-6) تحلیل غیرخطی ساده شده.....

106.....	2-4-6 تعیین نقطه عملکرد.....
108.....	3-4-6 محاسبه نقطه عملکرد.....
110.....	5-6 پیچش.....
111.....	6-6 اثرات $P-\Delta$
112.....	7-6 مشخصات مصالح و ارزیابی وضعیت موجود ساختمان.....
112.....	1-7-6 بتن.....
112.....	2-7-6 فولاد.....
113.....	3-7-6 ارزیابی وضعیت موجود.....
113.....	4-7-6 ضریب آگاهی.....
114.....	8-6 ملزومات و فرضیات طراحی.....
114.....	1-8-6 مدلسازی.....
114.....	2-8-6 مقاومت.....
	1-2-8-6 مقاومت اعضاء نظیر تالاشهای کنترل شونده توسط تغییر شکل (مقاومت مورد انتظار)
114.....	QCE.....
115.....	2-2-8-6 مقاومت اعضاء نظیر تالاشهای کنترل شونده توسط نیرو (مقاومت کرانه پائین).....
115.....	3-2-8-6 طبقه بندی نیاز شکل پذیری عضو.....
115.....	4-2-8-6 حد کرنش قابل استفاده.....
115.....	3-8-6 برش.....
116.....	1-3-8-6 تیرها.....

117.....	ستونها (2-3-8-6)
118.....	طول مهاری قلاب، طول مهاری مستقیم و طول وصله پوششی (9-6)
120.....	اندرکنش خاک و سازه (10-6)
120.....	ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی (11-6)
121.....	واژگونی (12-6)
122.....	الگوی بار جانبی در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی (13-6)
124.....	شرایط پذیرش اعضای اصلی (14-6)
125.....	سیستم سازه ای (15-6)
125.....	قابهای خمشی بتن مسلح تیر - ستون (1-15-6)
125.....	ملاحظات کلی (2-15-6)
126.....	پارامترهای مدلسازی و شرایط پذیرش مفاصل خمشی (16-6)
129.....	تحلیل Pushover (17-6)
129.....	تحلیل در امتداد X (1-17-6)
	توزیع بار متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد بالای بارهای ثقلی (1-1-17-6)
129.....	(PDX1)
	توزیع بار متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد پایین بارهای ثقلی (2-1-17-6)
131.....	(PDX2)
	توزیع بار متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد اختیاری بارهای ثقلی (3-1-17-6)
132.....	(PDX3)

- 133.....(PWX1) توزیع بار متناسب با وزن هر طبقه و حد بالای بارهای ثقلی (4-1-17-6)
- 134.....(PWX2) توزیع بار متناسب با وزن هر طبقه و حد پایین بارهای ثقلی (5-1-17-6)
- 135.....(PWX3) توزیع بار متناسب با وزن هر طبقه و حد اختیاری بارهای ثقلی (6-1-17-6)
- 136.....Y تحلیل در امتداد (2-17-6)
- 136.....(PDY1) توزیع بار متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد بالای بارهای ثقلی (1-2-17-6)
- 137.....(PDY2) توزیع بار متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد پایین بارهای ثقلی (2-2-17-6)
- 138.....(PDY3) توزیع بار متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد اختیاری بارهای ثقلی (3-2-17-6)
- 139.....(PWY1) توزیع بار متناسب با وزن هر طبقه و حد بالای بارهای ثقلی (4-2-17-6)
- 140.....(PWY2) توزیع بار متناسب با وزن هر طبقه و حد پایین بارهای ثقلی (5-2-17-6)
- 141.....(PWY3) توزیع بار متناسب با وزن هر طبقه و حد اختیاری بارهای ثقلی (6-2-17-6)
- 142.....X مقایسه نتایج در جهت (18-6)
- 142.....مختلف (1-18-6) مقایسه منحنی های ظرفیت برای توزیع بار جانبی یکسان و ترکیب های بار ثقلی
- 143.....جانبی (2-18-6) مقایسه منحنی های ظرفیت برای ترکیب بار ثقلی ثابت و توزیع های متفاوت بار
- 144.....Y مقایسه نتایج در جهت (19-6)

144.....	مختلف.....	6-19-1) مقایسه منحنی های ظرفیت برای توزیع بار جانبی یکسان و ترکیب های بار ثقلی
145.....	جانبی.....	6-19-2) مقایسه منحنی های ظرفیت برای ترکیب بار ثقلی ثابت و توزیع های متفاوت بار
147.....	20-6) تعیین نقطه عملکرد ساختمان.....	
147.....	1-20-6) کلیات.....	
147.....	2-20-6) تبدیل منحنی های ظرفیت به طیف ظرفیت.....	
150.....	3-20-6) تعیین نقطه عملکرد ساختمان برای طیف ظرفیت در امتداد X.....	
150.....	4-20-6) تعیین نقطه عملکرد ساختمان برای طیف ظرفیت در امتداد Y.....	
151.....	5-20-6) مقایسه نتایج.....	
152.....	21-6) نتایج تحلیل سازه با روش طیف ظرفیت در سطح خطر 1.....	
152.....	1-21-6) ارزیابی آسیب پذیری ساختمان در سطح خطر 1.....	
152.....	1-1-21-6) بررسی سطح عملکرد سازه.....	
153.....	18-6) اتصالات درجا بتن ریزی شده.....	
154.....	1-18-6) نیروی برشی اتصال.....	
154.....	2-18-6) مقاومت برشی اتصال.....	
155.....	3-18-6) حداقل ابعاد اتصال.....	
156.....	فصل هفتم : طرح تقویت سازه.....	

- 157.....(1-7) بررسی وضعیت موجود و معایب سازه.....
- 158.....(2-7) فرضیات مورد استفاده در ارائه طرح تقویت.....
- 158.....(1-2-7) مقاومت فشاری بتن.....
- 159.....(2-2-7) حد جاری شدن فولاد.....
- 159.....(3-2-7) ملاحظات معماری.....
- 159.....(3-7) رویکرد کلی و روشهای مورد استفاده جهت تقویت سازه موجود.....
- 160.....(1-3-7) تقویت ستونها.....
- 160.....(2-3-7) تقویت تیرها.....
- 161.....(3-3-7) مهار سازی میلگردهای تقویتی در بتن.....
- 162.....(4-7) طراحی.....
- 162.....(1-4-7) تقویت ستونها.....
- 162.....(1-1-4-7) طراحی ژاکت بتنی ستونها.....
- 163.....(2-1-4-7) طراحی FRP ستونها.....
- 164.....(2-4-7) طرح تقویت تیرهای اصلی.....
- 167.....(5-7) تحلیل Pushover.....
- 167.....(1-5-7) تحلیل در امتداد X.....
- 167.....(1-1-5-7) توزیع متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد بالای بارهای ثقلی (PDX1).....
- 168.....(2-1-5-7) توزیع متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد پایین بارهای ثقلی (PDX2).....

- 3-1-5-7 توزیع متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد اختیاری بارهای ثقلی
 169.....(PDX3)
- 4-1-5-7 توزیع بار متناسب با وزن طبقه و حد بالای بارهای ثقلی (PWX1).....169
- 5-1-5-7 توزیع بار متناسب با وزن طبقه و حد پایین بارهای ثقلی (PWX2).....170
- 6-1-5-7 توزیع بار متناسب با وزن طبقه و حد اختیاری بارهای ثقلی (PWX3).....170
- 2-5-7 تحلیل در امتداد Y.....171
- 1-2-5-7 توزیع متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد بالای بارهای ثقلی (PDY1).....171
- 2-2-5-7 توزیع متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد پایین بارهای ثقلی (PDY2).....171
- 3-2-5-7 توزیع متناسب با تحلیل دینامیکی خطی طیفی و حد اختیاری بارهای ثقلی
 172.....(PDY3)
- 4-2-5-7 توزیع بار متناسب با وزن طبقه و حد بالای بارهای ثقلی (PWY1).....172
- 5-2-5-7 توزیع بار متناسب با وزن طبقه و حد پایین بارهای ثقلی (PWY2).....173
- 6-2-5-7 توزیع بار متناسب با وزن طبقه و حد اختیاری بارهای ثقلی (PWY3).....173
- 3-5-7 تبدیل منحنی های ظرفیت به طیف ظرفیت.....174
- 4-5-7 تعیین نقطه عملکرد ساختمان برای طیف ظرفیت در امتداد X.....175
- 5-5-7 تعیین نقطه عملکرد ساختمان برای طیف ظرفیت در امتداد Y.....175
- 6-5-7 مقایسه نتایج قبل از مقاوم سازی و بعد از مقاوم سازی.....176
- 1-6-5-7 مقایسه نتایج تحلیل در جهت X.....176
- 2-6-5-7 مقایسه نتایج تحلیل در جهت Y.....179

182.....	مقایسه طیف های ظرفیت.....(3-6-5-7)
183.....	مقایسه مقادیر تغییر مکان و برش پایه در نقطه عملکرد.....(4-6-5-7)
186.....	بررسی سطح عملکرد سازه پس از مقاوم سازی و مقایسه آن با سطح عملکرد سازه قبل از مقاوم سازی.....(6-7)
188.....	نقشه های اجرایی.....(7-7)
192.....	مراحل اجرای طرح مقاوم سازی سازه.....(8-7)
194.....	فصل هشتم : نتیجه گیری و پیشنهادات.....
195.....	مقدمه.....(1-8)
195.....	نتیجه.....(2-8)
196.....	پیشنهادات.....(3-8)
198.....	منابع و مأخذ.....

فصل اول

مروری بر اصول و مبانی بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

1-1) مقدمه:

کشور ایران در روی کمربند زلزله آلپ-همیالیا قرار دارد و هر سال زلزله خسارت جانی و مالی هنگفتی را به وجود می آورد. در سهایی که از زلزله های گذشته گرفته می شود، رفتار سازه ها در برابر زلزله را روشن تر نشان می دهد و با توجه به نرم افزارهای جدید و امکان بررسی دقیق تر رفتار سازه ها، نحوه محاسبات سازه بر اساس رفتار واقعی تر آنها انجام می گیرد. طراحی سازه بر اساس عملکرد در سالهای اخیر در کشور های پیشرفته طرفداران زیادی پیدا کرده است. در ایران نیز در سالهای اخیر ساختمانهای مهم که سالها قبل طراحی و اجرا شده اند، بر اساس دانش روز بررسی و در صورت نیاز تقویت می گردند.

آنچه از یک زمین لرزه باقی می ماند تنها خساراتی است که به اشکال مختلف خود را نشان می دهد و لذا مطالعه این خسارات بهترین روشی است که بوسیله آن می توان تاثیر زمین لرزه بر جامعه را از جهات گوناگون مورد بررسی قرار داد [1]. در تعداد زیادی از سازه های بتنی علائمی از خرابی دیده شده، به طوری که عملاً برخی از آنها از حیز ارتفاع خارج شده اند و برای بهره برداری از این ساختمان ها نیاز به بهسازی آنهاست. سه مرحله اصلی ارزیابی و ترمیم یک سازه عبارتند از:

1- کنترل و بررسی سازه که شامل بررسی کلیه اطلاعات موجود در مورد سازه و بازدید سازه

جهت تعیین نقاط ضعف و انجام آزمایشات مفید می باشد.

2- تشخیص نوع آسیب دیدگی که در آن رفتار فعلی و آتی سازه مورد بررسی قرار می گیرد.

3- طراحی، که مهندسین نیازهای مقاومتی اضافی سازه مذکور را تعیین می کنند [2].

2-1) تعاریف مقدماتی :

1-2-1) سطح عملکرد : حالت مطلوب ساختمان پس از وقوع زلزله می باشد، که میزان نقایص (خرابی و تلفات) ناشی از زلزله را نشان میدهد. علاوه بر تلفات، نقایص ممکن است از نوع خصوصیت و توانائی عمل سازه، باشد. سطوح عملکرد به دو دسته سازه ای و غیرسازه ای تقسیم بندی می شوند، که در بخشهای دیگر این فصل، بطور مفصل توضیح داده خواهد شد.

1-2-2) محدوده عملکرد : عبارت است از محدوده واقع شده در بین دو سطح عملکرد مشخص. محدوده های عملکرد برای حالاتی که، منطبق بر سطوح عملکرد تعریف شده نیستند، بکار میروند.

1-2-3) سطح عملکرد ساختمان : عبارت است از ترکیب یک سطح عملکرد سازه ای و یک سطح عملکرد غیرسازه ای، که توصیف جامعی از آسیب کلی بدست میدهد.

1-2-4) معیار زلزله طرح : اینکه ساختمان پس از وقوع زمین لرزه چگونه خواهد بود این سؤال را در ذهن تداعی می کند که " کدام زمین لرزه؟"، زلزله کوچک یا بزرگ؟ لذا بسته به محل قرارگیری ساختمان، زمین لرزه خاصی بعنوان زلزله طرح، تعریف می شود. این کار را می توان هم با مراجعه به نقشه های خطر زلزله که بصورت ملی یا منطقه ای تهیه شده اند، و هم با مطالعات خاص ساختمانی، انجام داد.

1-2-5) هدف بهسازی : عبارت است از ترکیبی از یک سطح یا محدوده عملکرد، با معیار تقاضای لرزه ای [21,3].

1-3) سطوح و محدوده های عملکرد لرزه ای:

روشها و معیارهای طراحی که در فصول بعد بیان خواهند شد، برای دستیابی به سطوح و محدوده های مختلف عملکرد لرزه ای تعریف خواهند شد. این سطوح، نقاط گسسته ای روی یک مقیاس