

به‌سازی لرزه‌ای و تغییر کاربری تطبیقی دانشکده طراحی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، در مجموعه تاریخی چرم‌سازی خسروی

احد نژاد ابراهیمی^{۱*}، شهین فرّخی^۲، محمد خیرالهی^۳

^۱استاد گروه معماری و معماری اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

^۲دانش پژوه دکتری معماری اسلامی، گروه معماری و معماری اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی،

دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

^۳دکتری عمران گرایش سازه، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۰/۰۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۳۱)



چکیده

این پژوهش درصدد دستیابی به اصول به‌سازی لرزه‌ای در تغییر کاربری تطبیقی دانشکده طراحی دانشگاه هنر اسلامی تبریز می‌باشد. بدین ترتیب، ضمن واکاوی مبانی نظری، استفاده از ابزار دقیق، مشخصات کامل مصالح به‌دست آمد و در محیط نرم‌افزارهای مربوطه، براساس جزئیات و مشخصات حاصل از جمع‌آوری داده‌های میدانی و آزمایشگاهی مدل‌سازی و مورد آزمایش فرضی قرار گرفت تا روش و نوع اجرای نهایی تصمیم‌گیری شود. این تحقیق به لحاظ هدف، کاربردی و از نظر روش در بخش نظری، استدلال منطقی و در بخش مطالعه موردی به روش تجربی می‌باشد. نتایج تحلیل نشان داد که در مقاوم‌سازی ساختمان مورد مطالعه، محصور کردن دیوارهای بنایی با استفاده از کلاف‌های بتنی تأثیر بسزایی در تأمین سطح عملکرد مورد نظر داشته است. از طرفی نتایج تحقیق نشان داد کاربست اصول و ضوابط مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در بناهای تاریخی بایستی با در نظر گرفتن ارزش‌های کالبدی و غیر کالبدی آن و توان مهندسی و شرایط مالی و مدیریتی بناهای تاریخی صورت گیرد. همچنین در این خصوص ابزار و مصالح و فناوری‌های موجود در جامعه نیز حائز اهمیت می‌باشد و چون مقاوم‌سازی نیازمند ابزار مخصوص به خود می‌باشد، می‌بایست تیم‌های اجرایی توان فنی اجرای چنین فنونی را داشته باشند؛ چراکه حفاظت از ارزش‌ها اولی بر مقاوم‌سازی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی

به‌سازی لرزه‌ای، تغییر کاربری تطبیقی، کارخانه چرم‌سازی خسروی تبریز، تحلیل استاتیکی غیرخطی، ایمنی جانی.

مقدمه

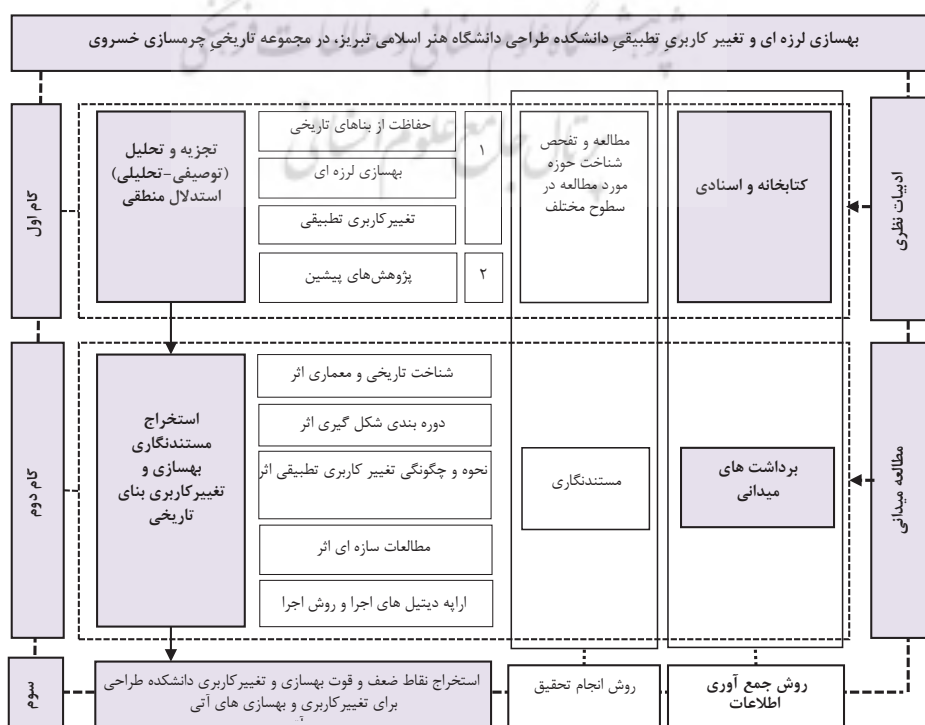
بناهای تاریخی به جهت نقش اساسی خود در ایجاد و تقویت هویت ملی اهمیت زیادی داشته و به عنوان بخشی از گستره صنعت میراث فرهنگی، دارای اهمیت اقتصادی و سیاسی در مسیر رشد جامعه است (Thatcher, 2018). اهمیت ارزش در حفاظت این بناها، به گونه‌ای است که شناخت و ارزیابی آن در تمامی مراحل مداخله لازم و ضروری به نظر می‌رسد (نژاد ابراهیمی و دیگران، ۱۳۹۲، ۸۰). منشورهای بین‌المللی سده ۲۰ و ۲۱ ارزیابی جایگاه ارزش در بستر تاریخی حفاظت را نشان می‌دهد که این مفهوم با توجه به تحولات نگرشی در حوزه حفاظت در گذر زمان مطرح بوده و به عنوان یکی از بنیان‌ها و اصول حفاظت شناخته شده است (احمدی و وطن‌دوست، ۱۳۹۵). یکی از گونه‌های بناهای تاریخی معماری که واجد ارزش هستند و بایستی سعی در حفظ و احیا آن نمود بناهای صنعتی و به عبارتی کارخانه‌های تاریخی می‌باشند. چراکه به تعداد قابل ملاحظه‌ای در ایران وجود دارد. بقایای صنعتی هر کشور گواه فعالیت‌ها و دستاوردهای تاریخی است که انگیزه‌های شناسایی و حفاظت از آن را به دنبال می‌آورند. گستردگی این میراث و کمی بانک اطلاعات، مستندسازی جامع از عوامل فیزیکی هر یک را می‌طلبد (فاسلر، ۱۳۹۲). چنانچه این بناها، با توجه به دارا بودن ارزش‌های تاریخی، میراثی گران‌بها برای نسل‌های آتی به شمار می‌آید (نیلی و دیگران، ۱۳۹۶). یکی از راه‌کارهای مؤثر جهت حفاظت از

این بناهای تاریخی، اعطای کاربری مجدد می‌باشد. پروژه‌های موفق در زمینه استفاده مجدد تطبیقی برای حفظ ارزش و احترام به گذشته و آینده، یک لایه‌های معاصر را اضافه می‌کند (Damla Misirlisory a, 2016, DEH, 2004). آنچه در استفاده مجدد از این بناهای تاریخی ضروری است، به‌سازی لرزه‌ای جهت افزایش ایمنی لرزه‌ای و کاهش آسیب‌پذیری می‌باشد. به‌سازی لرزه‌ای بناهای بارزش تاریخی، بخش عمده فعالیت‌های مرسوم در مرمت ابنیه تاریخی می‌باشد. ارزش بنا هرچه برآورده شود باید پذیرفت که با اعمال روش‌های به‌سازی لرزه‌ای که مستلزم مداخله و تغییر در ابعاد مختلف ارزشی بنا خواهد بود از ارزش اولیه آن کاسته، ولیکن، با افزایش طول عمر لرزه‌ای آن، به ارزش، دوام و بقای بنا می‌افزاید (ابوبی و همکاران، ۱۳۹۶). هدف این مقاله، مطالعات تاریخی و ارزش‌شناسی و نحوه تطبیق روش‌های مقاوم‌سازی با وضعیت ساختمان برای انتخاب مناسب‌ترین روش مداخله می‌باشد؛ برای این منظور ضمن معرفی تاریخچه معماری و موقعیت و زمان ساخت بنا، به بررسی دوره‌های مرمتی آن پرداخته و به تحلیل خطی و غیرخطی بنا به منظور شبیه‌سازی لرزه‌ای آن می‌پردازد و در نهایت به روش‌های به‌سازی لرزه‌ای که در این ساختمان مورد استفاده قرار گرفته، نتیجه‌گیری و روش‌های اجرا پیشنهاد می‌گردد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر بر مبنای هدف، از نوع کاربردی-توسعه‌ای است و در دو بخش مطالعات نظری و میدانی انجام شده است. بخش ادبیات نظری با استفاده از روش کتابخانه‌ای و اسنادی بر جمع‌آوری اطلاعات مربوط به بنیان‌های نظری تحقیق که با مطالعه منابع خارجی و داخلی

پژوهش حاضر بر مبنای هدف، از نوع کاربردی-توسعه‌ای است و در دو بخش مطالعات نظری و میدانی انجام شده است. بخش ادبیات نظری با استفاده از روش کتابخانه‌ای و اسنادی بر جمع‌آوری اطلاعات مربوط به بنیان‌های نظری تحقیق که با مطالعه منابع خارجی و داخلی



تغییرات اقلیمی و کاهش آلودگی‌ها هست به همین دلیل این مهم می‌تواند برای گسترش عمر مفید بناهای تاریخی و میراثی، قبل از آنکه منسوخ شود، نیازمند باشد (S. Conejos, 2013). با توجه به موارد مطرح‌شده و نیاز به حفظ و احیای بناهای تاریخی و مراکز صنعتی تاریخی و در راستای آن لزوم تغییر کاربری جهت حفظ بهینه آن، اشاره به این نکته ضروری است با توجه به اینکه کشور ایران یکی از مناطق زلزله‌خیز دنیا به حساب می‌آید ارزیابی لرزه‌ای بناهای تاریخی جهت مرمت و احیای آن و در نهایت به‌سازی لرزه‌ای آن امری ضروری به نظر می‌رسد. به‌سازی لرزه‌ای مجموعه‌ای از ضوابط، مقررات، روش‌ها و تکنیک‌هایی برای افزایش ایمنی لرزه‌ای در بناهای تاریخی به دلیل وجود محدودیت‌ها کاملاً متفاوت از دیگر بناها و مستلزم تدوین روش‌شناسی خاص است و معیار ارزش، مهم‌ترین معیار در پذیرش یا عدم پذیرش راهبرد و راه‌کارها در این روش‌شناسی است (ابویی و دیگران، ۱۳۹۶، ۵۸). به‌طور کلی معیارهای به‌سازی در یک بنا باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که به توان به سطح عملکرد مورد نظر رسد (Coburn, 1995, 398). مشکل اصلی در به‌سازی لرزه‌ای بناهای تاریخی، حفظ جنبه‌های زیبایی، معماری و تاریخی آن می‌باشد. بدین ترتیب لازم است در ابتدا یک طرح به‌سازی بر اساس حداکثر خسارت مجاز به ارزش‌های تاریخی بناها براساس سطح خطر مورد نظر در نظر گرفته می‌شود (Departement, V. G., & Istanbul Governorship, 2019). سپس براساس تعامل بین مهندسیین سازه، معماران و مرمتگران روشی را انتخاب نمود که علاوه بر آنکه عملکرد لرزه‌ای ساختمان را (تا سطح خاصی از خطر) بهبود بخشد، کم‌ترین مداخله در ارزش تاریخی را ایجاد کند. همچنین این طرح به‌سازی لرزه‌ای بایستی برای بازه‌های زمانی طولانی‌تر و نیز زلزله‌های شدیدتر جوابگو باشد. بعلاوه پذیرش لازم را در سطح عملکرد مورد نظر تأمین نماید. به‌طور کلی در به‌سازی ساختمان‌های تاریخی سه مرحله زیر باید در نظر گرفته شود: (Abeling, Dizhur, & Ingham, 2018):

۱. بررسی ارزش تاریخی: به‌سازی ساختمان تاریخی می‌بایست با در نظر گرفتن ارزش‌های زیبایی، معماری و تاریخی صورت گرفته و به‌صورت کمی بیان گردد (Departement, V. G., & Istanbul Governorship, 2019):

استفاده قرار گیرد. در این راستا سؤال پژوهش این است، راه‌کار بهینه برای به‌سازی لرزه‌ای و در این راستا مناسب‌ترین روش مداخله تاریخی کدام است؟ به‌سازی لرزه‌ای تا چه اندازه در حفظ ارزش بناهای تاریخی دخیل است؟ بدین ترتیب فرضیه تحقیق آن است که به‌سازی لرزه‌ای بناهای تاریخی با در نظر گرفتن الزامات آن بایستی کم‌ترین مداخله را در حفظ و نگهداری این بناها داشته باشد ولیکن نتایجی که از به‌سازی این بنای تاریخی به دست آمد، نشان داد که مداخلات به‌سازی بیشتر از حد نیاز صورت گرفته و می‌توانست کم‌تر از این میزان نیز باشد. این نتیجه به‌دست‌آمده می‌تواند گامی مؤثر در انتخاب روش‌های به‌سازی مناسب، در حفاظت از ساختمان‌های تاریخی قرار گیرد تا کم‌ترین مداخله صورت گرفته و ارزش تاریخی بنا بیشتر حفظ گردد.

پیشینه پژوهش

استفاده از تجارب فعالیت‌های انجام‌یافته در زمینه به‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های تاریخی اهمیت زیادی دارد، علت امر، حساسیتی است که شناخت ارزش‌های بناهای تاریخی و تطبیق آن با روش‌های مقاوم‌سازی دارد. در این بخش ۷ بنای تاریخی ارزشمند مقاوم‌سازی شده به روش‌های مختلف انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفته است (جدول ۱).

مبانی نظری پژوهش

چالش حفاظت، یکی از اصلی‌ترین چالش‌های پیشروی شهرها و بناهای تاریخی است که هم‌گام با پیشرفت دانش حفاظت و بسط مفاهیم مرتبط با آن، وجود جدیدتر و گسترده‌تری به خود گرفته است (عشرتی و فدایی‌نژاد، ۱۳۹۷، ۷۵). این مهم، اقدامی اجتناب‌ناپذیر برای حفظ آثار تاریخی است که برای پیشبرد اهداف خود، با حرفه‌ها و تخصص‌های گوناگونی از جمله تاریخ معماری ارتباطی تنگاتنگ دارد (یوسف نژاد و فلامکی، ۱۳۹۸، ۵). در راستای احیای مدنظر، بناهای با ارزش تاریخی کاربری‌هایی را می‌طلبد تا بتواند در کنار بازدهی اقتصادی مناسب و هماهنگ با نیازهای معاصر، افراد را ترغیب به مراجعه به بناها و بافت تاریخی کرده و سکون و رکود حاکم بر بافت را از بین ببرد. چراکه «بهربرداری مفید از بناها، اغلب بهترین روش حفظ آن است» (Sha-faeae, 2011, 3). از آنجایی‌که استفاده مجدد و تغییر کاربری یک استراتژی برای بهبود مصرف انرژی در بناهای میراثی برای حمایت از

جدول ۱- پیشینه پژوهش.

نمونه موردی	ساختمان Grosvenor Tavern 367 Moorhouse	ساختمان 650 ferry road (the smokehouse)	ساختمان بنایی فرهنگی	هتل تاریخی در نیوزلند	کلیسای Marchesale	ساختمان استعماری	خانه تناثر
نیوزلند	نیوزلند	ایتالیا	ایتالیا	نیوزلند	ایتالیا	چین	کالیفرنیا
تصویر بنا							
روش مقاوم سازی	استفاده از خرابه‌های فلزی قائم و دیوارهای بنایی مسلح و محصور شده با الوارهای چوبی و مهار جان پناه‌ها	الحاق نمودن قاب خمشی فولادی و صلب نمودن دیافراگم طبقه اول و بام	تقویت برشی دیوارهای بنایی و مقاوم سازی گنبدها و طاق‌ها با الیاف شیشه، تیرهای فولادی و اتصالات بین دیوار و کف	تزییق لایه‌های بتن در دیوارهای پیرامونی و تقویت دیافراگم‌های چوبی با استفاده از تخته‌های چند لایه	استفاده از بست‌های فولادی (مصالحی مشابه به آلیاژهای حافظه‌دار در هر دو جهت افقی)	استفاده از فروسمنت، الیاف کربن و رزین اپوکسی	استفاده از میلگردهای داخلی و خارجی دیوار استفاده شده است.
منبع	(Abeling et al., 2018)	(Formisano & Marzo, 2017)	(Mison et al., 2021)	(Cami, Alessandri, Indirli, & Tralli, 2007)	(Zhang, Zheng, & Wu, 2014)	(Bansal, 2018)	

سنتی بوده است. یکی از ساختمان‌های این مجموعه، بنایی است که بعد از تغییر کاربری به‌عنوان دانشکده طراحی از آن استفاده می‌گردد (تصویر ۳)؛ که در سال ۱۳۸۸ شمسی مقرر گردید از سوی دانشگاه هنر اسلامی تبریز مقاوم‌سازی گردد. درگیری بخشی از این ساختمان، با مواد اسیدی و شیمیایی سبب گردید تا سازه و بخصوص تیرهای فلزی آن آسیب‌پذیر گشته و امکان مرمت موضعی در این بنا وجود نداشته باشد. لذا عوامل دانشگاه بر آن گردید تا مقاوم‌سازی کلی در بنا صورت گیرد. با توجه به تاریخی و ثبتی بودن این بنا، امکان مقاوم‌سازی از روش‌های رایج وجود نداشت چنانچه، نیازمند مطالعه و تدقین روش‌های موجود با وضعیت میراثی بودن ساختمان ضروری گردید

دانشکده طراحی مستطیلی شکل بوده و دارای طولی برابر ۱۰۰/۲ متر و عرض برابر ۲۰/۱۲ متر می‌باشد و در مجموع دارای ۳۰۰۰ مترمربع زیربنا می‌باشد (تصویر ۴). حجم ساختمان به شکل مکعب‌مستطیل است، که دارای ساختار خطی می‌باشد. قسمتی از بنا به ارتفاع دو طبقه و در قسمتی دیگر به ارتفاع یک طبقه شکل گرفته است. آجر به‌عنوان مصالح اصلی در بدنه‌ها، تزئینات و نیز تقسیمات هندسی بازشوها به کار رفته است (تصاویر ۵ و ۶).

دوره‌بندی شکل‌گیری دانشکده طراحی

مرمت این بنا به ۴ دوره زمانی تقسیم شده که طی هر دوره به‌جز دوره سوم تغییرات عمده‌ای در بنا رخ داده است که به اختصار توضیح داده می‌شود (جدول ۲).

دوره اول ۱۳۱۰-۱۳۱۹ ه.ش: در دوره اول یاخت بنا، فقط قسمت غربی (قسمت دو طبقه) بنا گردیده است. ابتدا طبقه‌ی همکف ساخته شده و سپس با یک فاصله‌ی زمانی طبقه‌ی اول بر روی آن ساخته شده است.

دوره دوم ۱۳۱۹-۱۳۳۵ ه.ش: در دوره‌ی دوم، قسمت شرقی در یک طبقه به کالبد بنا اضافه شده است. ساخته‌شدن دودکش نیز به این دوره مربوط می‌شود.

دوره سوم ۱۳۳۵-۱۳۴۶ ه.ش: دانشکده طراحی در بازه‌ی زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۴۶ تغییراتی به خود ندیده است.

۲. تخمین خسارت و طرح به‌سازی: در ساختمان‌های تاریخی، می‌بایست براساس ارزش تاریخی بنا، میزان خسارت وارده در سطح خطر مورد نظر بررسی گردیده و طرح به‌سازی متناسب با آن ارائه گردد (همان):

۳. ارزیابی به‌سازی لرزه‌ای: این بخش شامل مراحل زیر می‌باشد (همان):

الف) تعیین میزان کل خسارت وارده به ارزش‌های تاریخی، معماری ساختمان برای کلیه طرح‌های به‌سازی با استفاده از تعیین نسبت خسارت و توابع وزنی؛

ب) محاسبه ارزش کنونی ساختمان پس از کسر آسیب‌های وارده به آن؛

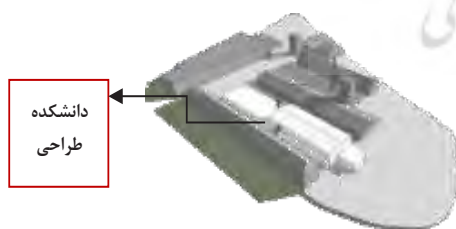
پ) تبدیل طول عمر لرزه‌ای را به طول عمر معادل ساختمان؛
ت) محاسبه ارزش تاریخی بلندمدت ساختمان با استفاده از طول عمر و ارزش‌های کنونی ساختمان؛

ث) نهایی کردن روش ارزیابی مقاوم‌سازی لرزه‌ای.

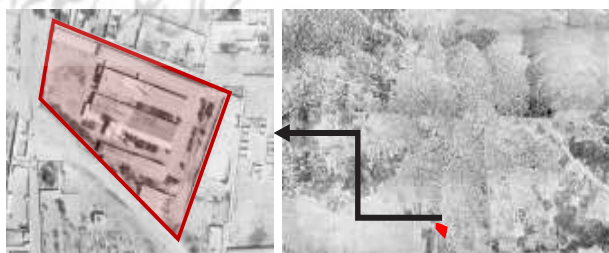
نمونه مورد مطالعه: دانشکده طراحی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

کارخانه چرم‌سازی خسروی تبریز، مربوط به دوره پهلوی اول با شماره ۲۷۹۱ در سال ۱۳۷۹ در فهرست آثار ملی از طرف سازمان میراث فرهنگی به ثبت رسیده است؛ موقعیت این کارخانه در سال ۱۳۴۶، شمسی مطابق تصویر (۲) می‌باشد. هم‌اکنون این کارخانه متعلق به دانشگاه هنر اسلامی تبریز می‌باشد. با توجه به اینکه مصالح ساخت این مجموعه، بنایی و غیرمسلح می‌باشد و از طرفی، در منطقه زلزله‌خیز نیز قرار دارد، بدین ترتیب، حفاظت از این بنای تاریخی با هدف تغییر کاربری آن به آموزشی سبب گردید تا نیاز به تحلیل لرزه‌ای و در راستای آن به‌سازی لرزه‌ای جهت کاهش خسارات وارده از زلزله در آن شکل گیرد.

مجموعه تاریخی چرم‌سازی خسروی دارای ۷ ساختمان مجزا از هم می‌باشند. این ساختمان‌ها در طول ۳۰ سال گذشته مورد مرمت و بازسازی قرار گرفته است ولیکن عمده مرمت‌ها به‌صورت موضعی و



تصویر ۳- موقعیت دانشکده طراحی صنعتی در مجموعه چرم‌سازی خسروی.



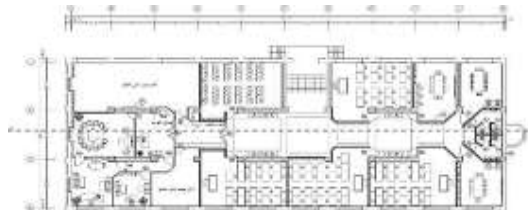
تصویر ۲- موقعیت کارخانه چرم‌سازی خسروی در نقشه هوایی سال ۱۳۴۶.



تصویر ۶- نمای جنوبی.



تصویر ۵- نقشه پلان طبقه اول دانشکده طراحی.



تصویر ۴- نقشه پلان طبقه اول دانشکده طراحی.

طبقه دوم به علت عدم انجام فعالیت های مرمتی و استحکام بخشی به صلاح دید دفتر فنی دانشگاه بدون کاربری می باشد ولیکن در صورت استحکام بخشی بنا در آینده می توان از این طبقه نیز استفاده کرد. البته شایان ذکر است که مقاوم سازی این ساختمان در حال حاضر در دستور کار قرار دارد. بازشوه های این بنا، هم در طبقه همکف و هم در طبقه اول در قالب های مستطیل شکل قرار دارند که تکرار آن ها باعث ایجاد ریتم و حرکت در بدنه نما شده است. جزئیات اجرای نمای این ساختمان مطابق شکل زیر می باشد (تصویر ۷).

مطالعات سازه ای

در این بخش به مطالعات سازه ای و راه کار به سازی ساختمان مورد نظر، پرداخته می شود. راه کار مناسب برای به سازی ساختمان منوط به ارزیابی کمی و شناسایی نقاط آسیب پذیر می باشد. بدین منظور از تحلیل استاتیکی غیرخطی استفاده شده و براساس نتایج تحلیل و نوع مود شکست حاکم در دیوارهای بنایی راهکار به سازی مناسب انتخاب گردیده است. روند ارزیابی کمی و ارائه طرح به سازی لرزه ای ساختمان به طور خلاصه به شرح مراحل زیر می باشد.

۱. تعیین مشخصات مصالح به کار گرفته شده در سازه مورد نظر

سه نمونه منشوری از بنای مذکور، استخراج و تحت آزمایش جهت استخراج مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری دیوار بنایی قرار گرفته است. انجام آزمایشات جهت تعیین مقاومت فشاری براساس دستورالعمل ASCE 41-13 صورت گرفته است (تصویر ۸).

۲. ارزیابی کیفی ساختمان مورد بررسی

به منظور ارزیابی دقیق ساختمان مورد بررسی، لازم می باشد در محلهایی از ساختمان سونداژهایی زده شده و جزئیات سیستم سازه ای جدول ۲- دوره های مرمتی ساختمان دانشکده طراحی.

		
موقعیت قرارگیری در مجموعه در سال ۱۹۷۵	موقعیت قرارگیری در مجموعه در سال ۱۹۵۶	موقعیت قرارگیری در مجموعه در سال ۱۹۳۹

جدول ۳- تغییر کاربری تطبیقی دانشکده طراحی صنعتی.

وضعیت پیشین	وضعیت موجود	وضعیت پیشنهادی	وضعیت موجود
 <p>ستون های بتنی و سقف طاق ضربی در سالن اصلی</p>	 <p>ارتفاع زیاد طبقه همکف</p>	 <p>کف سازی بتنی مطابق با کاربری صنعتی پیشنهادی</p>	 <p>موقعیت قرارگیری در مجموعه در سال ۱۹۷۵</p>
 <p>سقف خرابی چوبی طبقه اول</p>	 <p>بهره برداری به عنوان گالری و موزه دانشگاه</p>	 <p>عدم استفاده از فضا به علت ضعف سازه ای</p>	 <p>موقعیت قرارگیری در مجموعه در سال ۱۹۳۹</p>

دوره چهارم ۱۳۵۴-۱۳۸۰ ه.ش: در دوره ی چهارم، فقط قسمت کوچکی در منتهی الیه غربی بنا به کالبد الحاقی شده و فضای ارتباطی نیز بین ساختمان های ۲ و ۳ ایجاد شده است. در دوره بعد یعنی مابین سال های ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۰ قسمت الحاقی و نیز یکی از پل های ارتباطی حذف شده و کالبد اصلی ساختمان عاری از الحاقات گردیده است.

تغییر کاربری تطبیقی

ساختمان دانشکده طراحی در گذشته محل قرار گرفتن ماشین آلات صنعتی بوده است که طی تغییر کاربری صورت گرفته، هم اکنون به عنوان ساختمان کارگاهی و کتابخانه مرکزی دانشگاه مورد استفاده قرار می گیرد. این ساختمان، برای هماهنگی با کاربری جدید، تغییراتی را در هر دو طبقه در سطح گسترده ای بر خود مشاهده می کند. در طبقه همکف، با تخریب ستون های بتنی داخل سالن که محل قرار گرفتن دستگاه ها می بود و پس از برداشتن کف بتنی ساختمان، تقسیم بندی های داخلی سالن انجام گرفت و فضای کارگاه ها و کتابخانه به وجود آمد. در سال های بعد داخل هر کارگاه نیم طبقه ای ایجاد شد که به اتاق سرپرست کارگاه اختصاص داده شده است و از زیر این نیم طبقه معمولاً به عنوان انبار کارگاه استفاده می شود. هم زمان با تخریب ستون های بتنی، کتابخانه دانشگاه نیز در این ساختمان احداث گردید و راه پله ای به طبقه اول در کنار کتابخانه اجرا شد. با توجه به ارتفاع زیاد ساختمان در طبقه همکف، در سالن کتابخانه فضای نیم طبقه ای طراحی و اجرا گردید که به آرشیو کتابخانه اختصاص داده شده و در کل شفافیت بصری بالایی در سالن کتابخانه به وجود آورده است. طبقه اول این ساختمان هم اکنون به عنوان موزه و گالری اشیای نفیس دانشگاه مورد استفاده قرار می گیرد (جدول ۳). همان گونه که اشاره شد قسمتی از طبقه دوم ساختمان که تصمیم گیری بر تکمیل آن بود، به صورت یک طبقه باقی مانده است.

روش قاب معادل در مدل سازی دیوارهای بنایی استفاده می شود. روش قاب معادل که اولین بار در مدل سازی دیوارهای برشی بتن آرمه به کار رفته است، برای دیوارهای بنایی با بازشوهای نسبتاً منظم قابل استفاده می باشد. در تصاویر (۱۰ و ۱۱) مدل سازی ساختمان دانشکده طراحی دانشگاه هنر اسلامی تبریز با استفاده از روش قاب معادل نشان داده شده است.

۲-۴- محاسبه ظرفیت دیوارها و تعیین مود شکست حاکم در هر دیوار بنایی

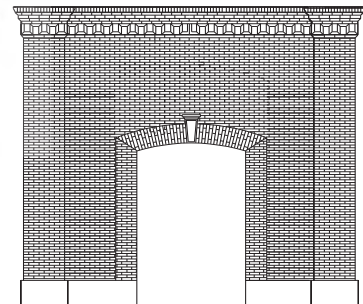
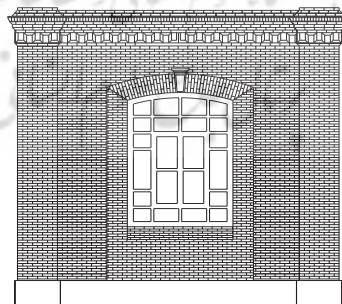
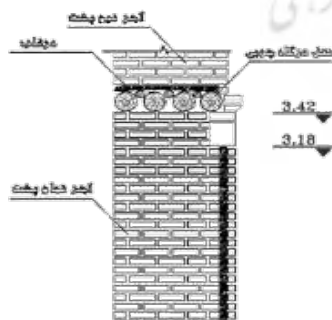
در این قسمت مود شکست حاکم برای هر پایه بنایی تعیین می گردد. بدین منظور در مرحله اول تحلیل استاتیکی غیرخطی نیروی برای سازه مورد مطالعه تحت دو ترکیب بار ثقلی $0.9dead$ و $(0.25live+dead)$ انجام گرفته و براساس نیروی موجود در هر پایه بنایی مقاومت جانبی مورد انتظار (Q_{CE}) و کرانه پایین (Q_{CL}) محاسبه و مود شکست حاکم در هر پایه تعیین گردیده است. در تصویر (۱۲) رفتار پایه بنایی نشان داده شده است.

۳-۴- ارزیابی آسیب پذیری ساختمان دانشکده طراحی

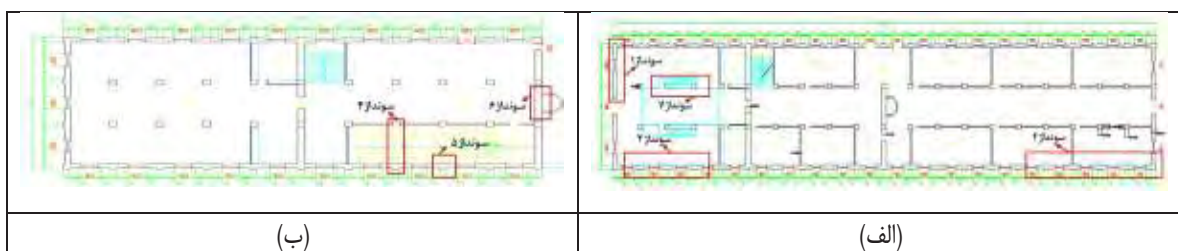
در این قسمت، ساختمان مورد مطالعه (پس از ایجاد درز انقطاع) در حالت یک و دو طبقه با استفاده از روش قاب معادل مدل سازی شده و پس از شناسایی مود شکست حاکم رفتار غیرخطی برای هر پایه



تصویر ۸- نمونه ای از آزمایش بر روی نمونه منشوری استخراج شده از دیوار.



تصویر ۷- جزئیات اجرایی بازشوها و نمای دانشکده طراحی دانشگاه هنر اسلامی تبریز.



تصویر ۹- محل سونداژها در بنای مورد مطالعه، (الف) طبقه اول، (ب) طبقه دوم.

تعیین گردد. در تصویر (۹) محل سونداژها در ساختمان نشان داده شده است. سپس براساس نتایج آزمایشات و اطلاعات حاصل از سونداژها که در جدول (۴) نشان داده شده است، به ارزیابی کمی وضعیت موجود ساختمان سازه مورد مطالعه پرداخته می شود. با توجه به نتایج ارزیابی کیفی، مشاهده می گردد که ساختمان مورد مطالعه از لحاظ سیستم سازه ای، نوع سقف و بازشوها، مطابق ضوابط آیین نامه ای نبوده و آسیب پذیر محسوب می گردد. برای شناسایی نقاط آسیب پذیر، سازه مدل سازی گردیده و با توجه به هدف به سازی مورد نظر و براساس دستورالعمل ۳۷۶ ایران مورد ارزیابی کمی قرار گرفته است. با شناسایی نقاط آسیب پذیر سازه و نیز مود شکست حاکم در دیوارهای بنایی روش به سازی ارائه گردیده است.

۳- هدف به سازی لرزه ای

با توجه به آنکه ساختمان مورد بررسی دارای کاربری آموزشی می باشد براساس نظر کارفرما، هدف، به سازی مطلوب جهت به سازی ساختمان انتخاب گردیده است. براساس تعریف، ساختمان می بایست در سطح خطر یک سطح عملکرد ایمنی جانی و در سطح خطر دو آستانه فروریزش را تأمین نماید.

۴- ارزیابی کمی آسیب پذیری و تعیین نقاط آسیب پذیر سازه

با توجه به ارزیابی کیفی انجام شده، جهت شناسایی نقاط آسیب پذیر، سازه مورد ارزیابی کمی قرار گرفته است. برای ارزیابی کمی آسیب پذیری، سازه با استفاده از روش قاب معادل مدل سازی شده و رفتار غیرخطی هر یک از دیوارهای بنایی براساس مود شکست حاکم بر دیوار بنایی به صورت مفصل پلاستیک به دیوارها اختصاص داده شده است.

۱-۴- روش قاب معادل برای مدل سازی دیوارهای بنایی

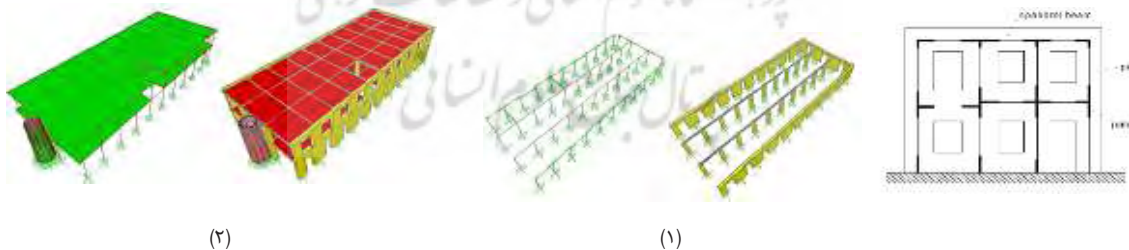
با توجه به آنکه برای تعیین دقیق رفتار دیوارهای بنایی روش های مدل سازی مبتنی بر روش المان محدود وجود دارد ولی استفاده از این روش مدل سازی بسیار وقت گیر می باشد. برای رفع این مشکل از

راستای عرضی پس از تغییر مکان ۱/۷ میلی‌متر ظرفیت خود را از دست داده و به‌صورت ناگهانی دچار فروریزش شده است. در سازه دو طبقه نیز نتایج نشان می‌دهد که سازه پس از وارد شدن به ناحیه غیرخطی در تغییر مکان ۴ میلی‌متر در راستای طولی و در تغییر مکان ۳/۳ میلی‌متر در راستای عرضی و تحت الگوی بار جانبی مثلثی فرصت تغییر شکل بیشتری را قبل از فروریزش کلی سازه از خود نشان می‌دهد که علت آن را می‌توان به مودهای شکست حاکم در دیوارهای بنایی نسبت داد. به این صورت که مود شکست حاکم در دیوارهای بنایی یک طبقه، مود شکست قطری بوده و کنترل‌شونده توسط نیرویی می‌باشد لذا سازه رفتار تردی از خود نشان داده و دچار خرابی ناگهانی می‌گردد. در قسمت دو طبقه نیز نتایج تحلیل پش‌اور نشان‌دهنده آن می‌باشند که مود

اختصاص می‌یابد. در مرحله بعد، تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌آور) برای سازه مورد مطالعه تحت دو الگوی بار جانبی مثلثی و یکنواخت انجام گرفته و نقاط آسیب‌پذیر سازه شناسایی می‌گردد. بر اساس نقاط آسیب‌پذیر، طرح به‌سازی برای ساختمان مورد بررسی ارائه می‌گردد. نتایج تحلیل پوش‌آور برای ساختمان در تصاویر (۱۳ و ۱۴) برای قسمت یک و دو طبقه نشان داده شده است. با توجه به نتایج می‌توان گفت که سازه تحت نیروهای زلزله وارده آسیب‌پذیر محسوب شده و نیاز به به‌سازی لرزه‌ای دارد. همچنین نتایج تحلیل پوش‌آور نشان می‌دهد که سازه تحت الگوهای بار جانبی در تغییر مکان‌های کوچکی وارد ناحیه غیرخطی شده است. به‌طوری‌که در سازه یک طبقه در راستای طولی و تحت الگوی بار جانبی مثلثی سازه پس از تغییر مکان ۱/۵ میلی‌متر و در

جدول ۴- کنترل نواقص مربوط به وضعیت موجودی سیستم سازه‌ای ساختمان دانشکده طراحی.

وضعیت قسمت‌های مختلف بنا قبل از مقاوم‌سازی		
		
عدم انسجام سقف: فاصله بین تیرآنها در سقف طاق ضربی ۱۵۰ سانتی‌متر است که ضابطه‌های استاندارد ۲۸۰۰ در آن رعایت نگردیده است.	پی مناسب ساختمان: بر اساس سوندازه‌های صورت گرفته، پی ساختمان از نوع سنگی بوده و از مصالح با کیفیت مناسب بوده و فاقد هر گونه نقص و ایرادی می‌باشد.	خوردگی تیرهای سقف طاق ضربی
		
کوتاهی طول تکیه‌گاهی تیرهای سقف: طول تکیه‌گاهی تیرهای سقف طاق ضربی و یا سقف چوبی از ارتفاع تیر یا ۲۰ سانتی‌متر کمتر است.	نبود تراکم در دیوار: ساختمان، دارای بازشو با ابعاد بزرگ‌تر از ۲/۵ متر بوده و نیاز به تعبیه کلاف افقی و قائم دارد	نحوه اتصالات تیر: قرارگیری تیرهای سقف طاق ضربی بر روی دیوار بنایی عبور تیرهای سرتاسری از دل پایه‌های آجر

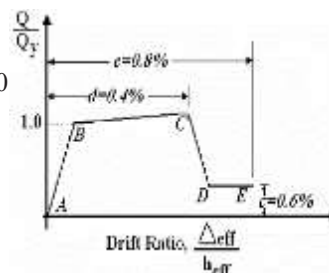


تصویر ۱۰- مدل‌سازی دیوارهای برشی بنایی به روش قاب معادل.

تصویر ۱۱- روش قاب معادل به‌کار گرفته‌شده (۱) در قسمت یک طبقه، (۲) در قسمت دو طبقه.

$$Q_{CE} = V_{bjs} = v_{me} \cdot A_n \quad (1) \quad V_{me} = 0.56 V_{te} + 0$$

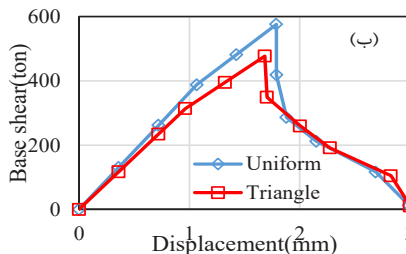
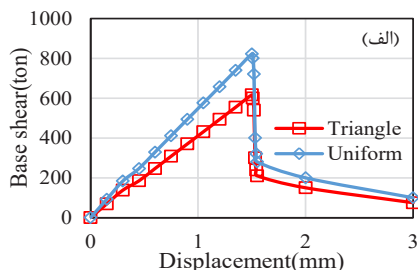
$$Q_{CL} = V_{dt} = f'_{dt} \cdot A_n \cdot \left(\frac{L}{h_{eff}} \right) \cdot \sqrt{1 + \frac{f_a}{f'_{dt}}} \quad (2)$$



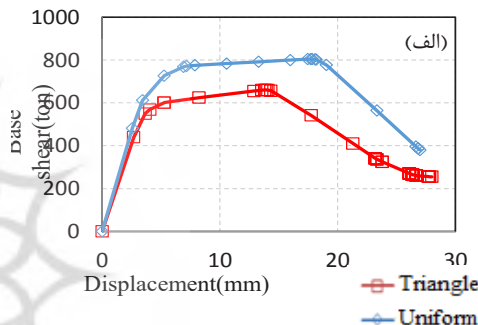
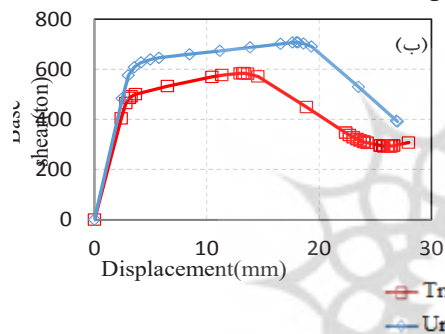
تصویر ۱۲- رفتار نیرو-تغییر شکل پایه بنایی.

قسمت‌های یک و دو طبقه نشان داده شده است. با توجه به وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در قسمت‌های یک و دو طبقه در سازه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد که دیوارهای بنایی جوابگوی سطح عملکرد ایمنی جانی در هدف به‌سازی مطلوب نبوده و حتی اکثر دیوارهای بنایی در محدوده‌ی BEYOND-E قرار گرفته و دچار خرابی شده‌اند که علت

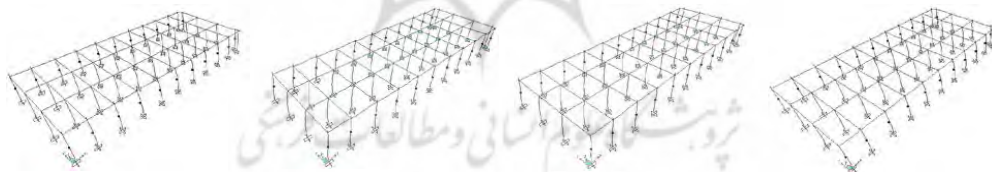
شکست حاکم در دیوارهای بنایی ترکیبی از مود شکست لغزش درز ملات (دیوارهای طبقه اول) و مود شکست کششی قطری (دیوارهای طبقه دوم) بوده و لذا سازه فرصت تغییر شکل بیشتری را در مقایسه با حالت قبلی قبل از فرو ریزش کلی سازه را دارد. در تصاویر (۱۵ الی ۱۸) وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در



تصویر ۱۳- مقایسه منحنی‌های پوش اور ساختمان مورد مطالعه در قسمت یک طبقه تحت الگوی بار ثقلی 0.9dead و الگوهای بار جانبی مثلثی و یکنواخت، الف) در راستای طولی، ب) در راستای عرضی.

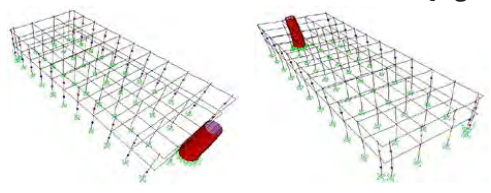
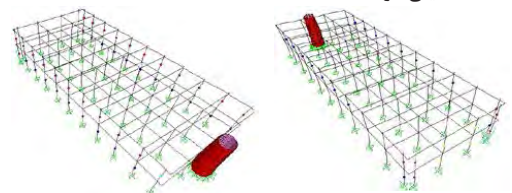


تصویر ۱۴- مقایسه منحنی‌های پوش اور ساختمان مورد مطالعه در قسمت دو طبقه تحت الگوی بار ثقلی 0.9dead و الگوهای بار جانبی مثلثی و یکنواخت، الف) در راستای طولی، ب) در راستای عرضی.



تصویر ۱۶- وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه تحت الگوی بار جانبی مثلثی تحت بار ثقلی 1.1(dead+0.25live) برای قسمت یک طبقه الف) در راستای طولی ساختمان در تغییر مکان هدف ۱۱ میلی‌متر، ب) در راستای عرضی ساختمان در تغییر مکان هدف ۵۱ میلی‌متر.

تصویر ۱۵- وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه تحت الگوی بار جانبی مثلثی تحت بار ثقلی 0.9dead برای قسمت یک طبقه الف) در راستای طولی ساختمان در تغییر مکان هدف ۱۱ میلی‌متر، ب) در راستای عرضی ساختمان در تغییر مکان هدف ۵۱ میلی‌متر.



تصویر ۱۸- وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه تحت الگوی بار جانبی مثلثی تحت بار ثقلی 1.1(dead+0.25live) برای قسمت دو طبقه الف) در راستای طولی ساختمان در تغییر مکان هدف ۱۷.۴ میلی‌متر، ب) در راستای عرضی ساختمان در تغییر مکان هدف ۶۹.۸ میلی‌متر.

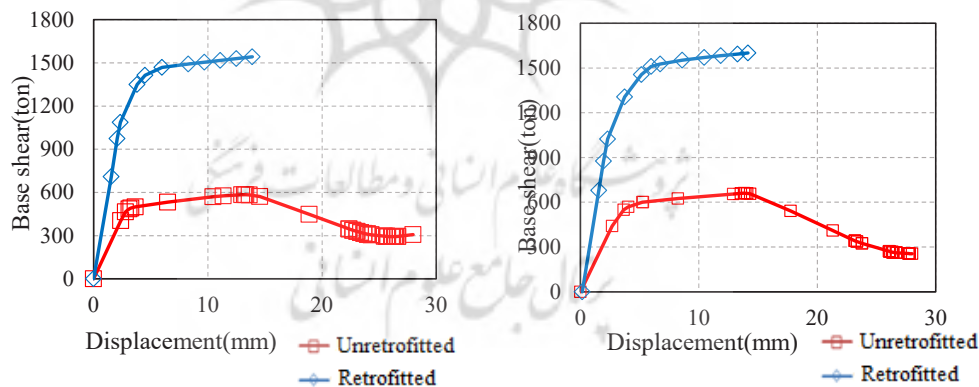
تصویر ۱۷- وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه تحت الگوی بار جانبی مثلثی تحت بار ثقلی 0.9dead برای قسمت دو طبقه الف) در راستای طولی ساختمان در تغییر مکان هدف ۲۰ میلی‌متر، ب) در راستای عرضی ساختمان در تغییر مکان هدف ۷۹.۴ میلی‌متر.

راه کارهای مختلفی برای مقاوم‌سازی سازه‌های بنایی می‌توان به‌کار گرفت که در این مقاله سه روش از آن مورد بررسی قرار گرفته است. در روش مقاوم‌سازی با استفاده از **شاتکریت**، شبکه‌ای از میلگردها در یک یا دو طرف دیوار بنایی قرار گرفته و پس از اتصال به دیوار بنایی با استفاده از بتن پوشانده می‌شود. در روش مقاوم‌سازی با استفاده از **الیاف FRP** از صفحاتی استفاده می‌شود که با استفاده از چسب به سطح دیوار اتصال می‌یابند و بسته به نوع رفتار دیوار بنایی می‌تواند به‌صورت پوشش کامل و یا آرایش مختلفی بر روی دیوار قرار گیرد. روش سوم نیز مقاوم‌سازی با استفاده از **دیوارهای برشی بتن آرمه** می‌باشد که باعث افزایش قابل توجه سختی و مقاومت در دیوار می‌گردد، اگرچه قابلیت برگشت‌پذیری را ندارد. در جدول (۵) معایب و مزایای هر سه روش بررسی شده است. اطلاعات وارد شده در این جدول، بازگویی این نکته است که بهره‌مندی از روش شاتکریت و FRP غیر از بهبود پاره‌ای از موارد، سازگاری چندانی با کالبد معماری اثر ندارند. بنابراین، روش سوم (الحاق نمودن دیوارهای برشی بتن آرمه با کلاف‌های قائم بتنی) جهت مقاوم‌سازی اثر تاریخی مذکور مورد انتخاب قرار گرفت.

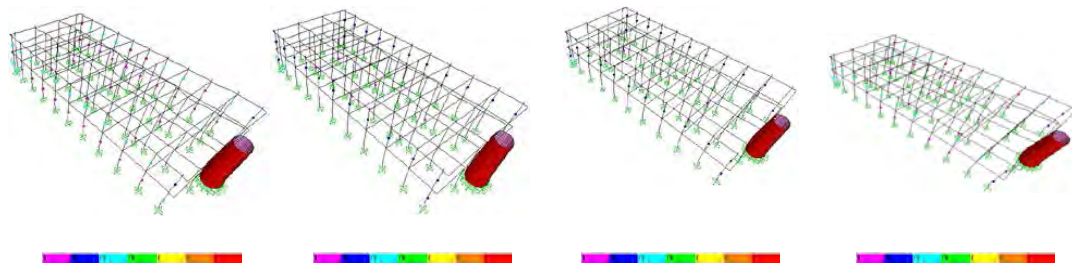
آن به خاطر مود شکست حاکم در دیوار بنایی (مود شکست کششی قطری که کنترل شونده نیرویی است) می‌باشد. طرح به‌سازی سازه مورد بررسی با توجه به نقاط آسیب‌پذیری سازه اضافه‌کردن دیوار برشی بتن آرمه بوده است. در تصویر (۱۹) محل دیوارهای برشی بتن آرمه در سازه نشان داده شده است. به‌منظور بررسی تأثیر روش مقاوم‌سازی در عملکرد لرزه‌ای سازه در سطوح خطر یک و دو، مجدداً تحلیل پوش‌آور انجام گرفته و وضعیت دیوارها با توجه به تغییر مکان هدف و سطح عملکرد مورد نظر بررسی گردیده است. در تصویر (۲۰) نتایج تحلیل پوش‌آور برای سازه مقاوم‌سازی شده در قسمت دو طبقه نشان داده شده است. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که سازه مقاوم‌سازی شده با استفاده از دیوارهای برشی بتن آرمه در سطح خطر یک جوابگوی سطح عملکرد ایمنی جانی و در سطح خطر دو سطح عملکرد آستانه فروریزش را تأمین می‌نماید. همچنین با توجه به نتایج مشاهده می‌گردد که رفتار دیوارهای بنایی در قسمت یک طبقه و طبقه دوم قسمت دو طبقه که دارای رفتار ترد بوده است با اضافه نمودن دیوارهای برشی دچار خرابی نگردیده و وضعیت مفاصل پلاستیک در اکثر دیوارهای محل مذکور در محدوده ایمنی جانی بوده است (تصویر ۲۱ و ۲۲).



تصویر ۱۹- پلان جانمایی دیوارهای برشی بتن آرمه جهت مقاوم‌سازی دیوارها و پایه‌های بنایی در طبقات اول و دوم.



تصویر ۲۰- مقایسه منحنی‌های پوش‌آور ساختمان مورد مطالعه قبل و بعد از مقاوم‌سازی تحت الگوی بار ثقیلی $0.9dead$ و الگوی بار جانبی مثلثی، الف) در راستای طولی، ب) در راستای عرضی.



تصویر ۲۲- وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه تحت الگوی بار جانبی مثلثی در راستای طولی و تحت بار ثقیلی $0.9dead$ الف) در تغییر مکان هدف ۹ میلی‌متر در سطح خطر یک، ب) در تغییر مکان هدف ۱۲ میلی‌متر در سطح خطر دو.

تصویر ۲۱- وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه تحت الگوی بار جانبی مثلثی در راستای طولی و تحت بار ثقیلی $1.1(dead+0.25live)$ الف) در تغییر مکان هدف ۶ میلی‌متر در سطح خطر یک، ب) در تغییر مکان هدف ۱۲ میلی‌متر در سطح خطر دو.

جدول ۵- ارزیابی معایب و مزایای گزینه‌های پیشنهادی و بررسی شده برای مقاوم‌سازی ساختمان کتابخانه دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

دیدگاه‌های سنجش طراحی	روش شاکریت		روش FRP		تلفیق دیوار برشی و نبشی کشی	
	معایب	مزایا	معایب	مزایا	معایب	مزایا
مبانی نظری حفاظت	مداخله زیاد در کالبد از بین رفتن بخشی از سازه تاریخی برگشت‌ناپذیری	استفاده از مواد و مصالح مدرن مطابق سفارش منشور آتن ۱۹۳۱	عدم رعایت اصل زیبایی‌شناسی با مخدوش کردن منظر اثر	رویکردی میانه‌رو تأکید و حفظ اصالت حیات تاریخی رعایت حداقل مداخله با برگشت‌پذیری نسبتاً خوب	خدشه‌دار شدن منظر تاریخی اثر الحاق سازه جدید متفاوت با سازه تاریخی	حفظ و نگهداری از ماهیت حیات تاریخی اثر در مقابل حرکت‌های جانبی ارزیابی سازه‌ای مطمئن قابل تشخیص بودن مداخله در اثر
کالبد معماری	مدفون شدن بخش‌های درونی سازه درون سازه بتنی	یکپارچگی سازه‌ای و مقاوم‌سازی لوزه‌ای مناسب	گسست یکپارچگی منظری سیما و ساختار متفاوت عدم امکان اجرا بر روی سطوح دارای تزیینات	سبک بودن عناصر جدید الحاقی یکپارچگی مصالح تاریخی امکان نمایش هسته تاریخی علیرغم مقاوم‌سازی	عدم تعادل در سیما و منظر حذف برخی ارتباطات درون فضایی در اثر	نشان دادن توان فناوری روز در اثر ارتقاء کیفیت کالبدی اثر ایجاد فضای شکل تلفیق شده سازه تاریخی با سازه جدید
فن‌شناسی، ساختاری و اجرا	الحاق سازه‌ای متفاوت با سازه تاریخی سنگین بودن مصالح عدم برگشت‌پذیری سازه جدید الحاق شده	عملکرد مناسب در برابر نیروهای کششی اجرای آسان و راحت بهره‌مندی از تجهیزات مرسوم هزینه نسبتاً کم	نیاز به فنون اجرایی مناسب در عملیات رفع خطر جهت پیشگیری از تغییر شکل سازه تاریخی هزینه سنگین	استفاده تلفیقی از مصالح و ابزارآلات جدید و مصالح بومی کنترل نیروهای کششی افزایش انعطاف‌پذیری بهره‌مندی از تکنولوژی روز	عدم امکان اجرا در دودکش با این روش به خاطر سنگینی بیش از اندازه سازه عدم برگشت بودن الحاقت جدید	طراحی ساختار نو و جدید در بخش‌های مقاوم‌سازی شده نشان دادن توان بالای فنی و مهندسی

	
تصویر ۲۳-ب- اتصال دیوارهای برشی بتن‌آرمه به سقف جهت ایجاد انسجام و یکپارچگی.	تصویر ۲۳-الف- اضافه کردن دیوار برشی بتن‌آرمه جهت تأمین مقاومت برشی ب- اجرای فونداسیون دیوار برشی بتنی الحاقی به ساختمان مورد مطالعه.
	
تصویر ۲۴- اجرای کلاف‌های افقی و قائم در ساختمان مورد بررسی.	تصویر ۲۴- ایجاد دیافراگم صلب در سقف طبقه اول ساختمان مورد مطالعه.
	
تصویر ۲۶- کاشت میلگرد در دیوارهای بنایی غیرمسلح جهت اتصال کلاف‌های قائم بتنی به دیوارهای بنایی و ایجاد یکپارچگی.	تصویر ۲۶- مقاوم‌سازی ستون‌های بنایی غیرمسلح با استفاده از ژاکت فولادی.
	
تصویر ۲۹- تیربازی در سقف طبقه دوم و مهاربندی افقی جهت ایجاد دیافراگم صلب در سقف طبقه دوم.	تصویر ۲۸- اتصال سقف به‌سازی شده به دیوارهای.

ارائه دلایل اجرایی و روش اجرا

لذا در مقاوم‌سازی ساختمان می‌بایست از روشی استفاده می‌گردید که سختی سازه را افزایش داده و به تبع آن تغییر مکان هدف سازه براساس سطح خطر مورد نظر کاهش یابد و هدف به‌سازی را در همان سطح خطر تأمین نماید. در نتیجه به‌منظور مقاوم‌سازی ساختمان، از روش اضافه کردن دیوارهای برشی بتن‌آرمه جهت تأمین مقاومت جانبی استفاده گردید (تصاویر ۲۳الف و ب). به‌منظور اتصال مناسب بین دیوارهای برشی بتن‌آرمه الحاقی و سقف و نیز ایجاد انسجام در سازه از میلگردهای انتظار به طول ۳ متری و به شکل L استفاده شده است

در این قسمت به روش مقاوم‌سازی به‌کار گرفته‌شده در سازه مورد مطالعه پرداخته شده است. با توجه به نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری، مشخص گردید که ساختمان دانشکده طراحی قادر به تأمین هدف به‌سازی مطلوب نمی‌باشد. جهت مقاوم‌سازی ساختمان مذکور با توجه به آنکه دیوارهای پیرامونی ساختمان (تمامی دیوارهای طبقه دوم در بخش دو طبقه و برخی از دیوارهای طبقه اول در بخش یک طبقه) دارای مود شکست کششی قطری بوده و دارای رفتار ترد می‌باشد،

از نبشی‌های فوقانی و تحتانی استفاده شده است (تصویر ۲۸). همان‌طور که اشاره گردید ساختمان مورد مطالعه فاقد کلاف‌بندی افقی و قائم بوده است، لذا از کلاف قائم بتنی و کلاف افقی فولادی در تراز طبقات ساختمان (در داخل دیوارهای پیرامونی) استفاده شده است (تصویر ۲۵). به‌منظور اتصال کلاف قائم بتنی به دیوار بنایی و ایجاد اندرکنش از میلگردهایی در فواصل ۴۰ سانتی‌متری استفاده شده است که یک انتهای میلگرد در داخل دیوار بنایی کاشت و مهار گردیده و انتهای دیگر در داخل کلاف قائم بتنی جدید در گیر می‌شود (تصاویر ۲۷ و ۲۹). لذا با این راهکار یکپارچگی بین دیوار بنایی و کلاف قائم ایجاد شده و محصورشدگی دیوار تأمین می‌گردد. در ساختمان مورد بررسی علاوه بر آنکه دیوارهای پیرامونی از نوع دیوار بنایی غیرمسلح بوده است، دارای ستون‌های بنایی غیرمسلح می‌باشد که جهت مقاوم‌سازی این ستون‌ها از ژاکت فولادی استفاده شده است (تصویر ۲۶).

نتیجه

با الگوی بار جانبی یکنواخت بحرانی‌تر می‌باشد؛ ۳. مشخصات هندسی دیوار تأثیر زیادی در مود شکست حاکم بر دیوار بنایی دارد. به‌طوری‌که در دیوارهایی که طول نسبت به ارتفاع دیوار کمتر می‌باشد، مود شکست کشش قطری بر مود شکست لغزش درز ملات غالب‌تر بوده و رفتار دیوار را بحرانی‌تر می‌باید؛ ۴. سازه مقاوم‌سازی شده با استفاده از دیوارهای برشی بتن آرمه قابلیت تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی در سطح خطر یک و آستانه فروریزش در سطح خطر دو را دارد؛ ۵. به‌منظور به‌سازی سقف در طبقه اول از دال بتنی و در طبقه دوم مهاربندی‌های افقی استفاده گردیده است. همچنین اتصال سقف به‌سازی شده به دیوارهای بنایی پیرامونی ساختمان از نبشی‌های فوقانی و تحتانی برای ایجاد انسجام استفاده شده است که یکی از روش‌های نوین در زمینه به‌سازی سازه‌های بنایی به حساب می‌آید؛ ۶. نتایج بررسی نشان می‌دهد که در مقاوم‌سازی ساختمان مورد مطالعه محصور کردن دیوارهای بنایی با استفاده از کلاف‌های بتنی تأثیر بسزایی در تأمین سطح عملکرد مورد نظر نموده است، به‌طوری‌که در دیوارهای طبقه دوم که مود شکست حاکم از نوع شکست کششی قطری بوده و دارای رفتار ترد می‌باشد با اضافه نمودن کلاف‌های قائم بتنی مانع از تشکیل این نوع مود شکست گردیده است. با توجه به موارد مذکور و نیز با توجه به آنکه مقاوم‌سازی این بنا، در سال ۱۳۹۱ به‌عنوان اولین پروژه مقاوم‌سازی در شهر تبریز صورت گرفت، لذا روش اضافه کردن دیوارهای برشی بتن‌آرمه با کلاف‌های قائم و افقی به‌منظور مقاوم‌سازی انتخاب گردید. حال آنکه، استفاده از تکنولوژی‌های نوین روز می‌تواند به‌عنوان روش و جایگزین مناسبی جهت مقاوم‌سازی ساختمان‌های بنایی به‌کار گرفته شود که مطالعه در این زمینه ضروری می‌باشد.

که نصف میلگرد در داخل دیوار برشی بتن‌آرمه و نصف دیگر در داخل سقف درگیر شده است. با این راهکار اتصال و انسجام بین دیوار برشی بتن‌آرمه و سقف سازه ایجاد می‌گردد (تصویر ۲۷). از طرفی با توجه به آنکه سقف سازه در طبقه اول، سقف طاق ضربی و در طبقه دوم خرپای چوبی بوده است، لذا به‌منظور ایجاد دیافراگم صلب از دال بتنی در سقف طبقه اول و مهاربندهای افقی در سقف طبقه دوم استفاده شد (تصاویر ۲۴ و ۲۸). در سقف طبقه اول که سقف طاق ضربی می‌باشد به‌منظور ایجاد دیافراگم صلب، از شبکه میلگرد تک‌لایه واقع بر روی سقف طاق ضربی استفاده شده است که به‌منظور اتصال کامل دال بتنی و سقف طاق ضربی از برشگیرهایی از ناودانی نمره ۶ در فواصل ۳۰ سانتی‌متر از هم استفاده شده است. لازم به ذکر است که بخش آجری سقف طاق ضربی (طاق آجری) براساس نظرات کارشناسان میراث فرهنگی به دلیل نمود تاریخی ساختمان دانشکده طراحی تخریب نشده است. همچنین برای اتصال سقف دال بتنی به دیوارهای پیرامونی برای انتقال مناسب بار

در این مقاله به بررسی یکی از ساختمان موجود در شهر تبریز که دارای ارزش تاریخی بوده و جزو آثار ثبت‌شده در میراث فرهنگی کشور می‌باشد پرداخته شده است. بدین منظور در مرحله اول آزمایشات و سونداژهای لازم جهت اطلاع از مشخصات سازه صورت گرفته و سازه مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته است. در مرحله دوم براساس نتایج آزمایشات و سونداژهای صورت گرفته ارزیابی کمی آسیب‌پذیری برای سازه انجام گرفت. بدین منظور تحلیل استاتیکی غیرخطی تحت دو الگوی بار ثقلی $0.9\text{dead} + 1.1(\text{dead} + \text{live})$ و نیز دو الگوی بار جانبی مثلثی و یکنواخت انجام گرفته و نقاط آسیب‌پذیر سازه در تغییر مکان هدف محاسبه گردیده شناسایی شد. در مرحله سوم براساس محل نقاط آسیب‌پذیر شناسایی شده، طرح به‌سازی برای سازه ارائه گردید. راهکاری که برای به‌سازی ساختمان مورد مطالعه مطرح و ارائه گردید اضافه نمودن دیوارهای برشی بتن‌آرمه به سازه و محصور نمودن دیوارهای پیرامونی با استفاده از کلاف‌های قائم بتنی و کلاف‌های افقی فولادی بوده است. همچنین از دال بتنی برای به‌سازی سقف طاق ضربی در طبقه اول و مهاربندی‌های افقی برای به‌سازی سقف خرپای چوبی در طبقه دوم استفاده شده است. علاوه بر آن، از کلاف‌های افقی و قائم جهت محصور نمودن دیوارهای پیرامونی استفاده شده است. در مرحله چهارم سازه براساس روش به‌سازی مذکور مجدداً تحت تحلیل پوش آور قرار گرفته و مجدداً عملکرد سازه در تغییر مکان هدف، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد: ۱. مود شکست کشش قطری در دیوارهای بنایی به دلیل داشتن رفتار ترد و شکننده ناگهانی بوده و خطرناک می‌باشد؛ ۲. نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی نشان می‌دهد که تحت دو الگوی بار ثقلی $0.9\text{dead} + 1.1(\text{dead} + \text{live})$ الگوی بار جانبی مثلثی در مقایسه

فهرست منابع

تأثیر گذار در دگرگونی دیدگاه‌های ارزشی در حفاظت از میراث فرهنگی در قرن حاضر. هنرهای زیبا، ۲۱(۴)، صص ۳۹-۵۰.
عشرتی، پرستو؛ فدایی‌نژاد، سمیه (۱۳۹۷)، به‌سوی رویکردی آرمانی در حفاظت و توسعه منظر شهری تاریخی، نشریه مرمت و معماری/ایران، سال هشتم، شماره پانزدهم، صص ۷۵-۸۸.

ابویی، رضا؛ رحیمی، حسین‌علی، و پارسائی، علیرضا (۱۳۹۶)، نارسایی‌های موجود در فرایند به‌سازی لرزه‌ای ابنیه‌های تاریخی، باغ نظر، سال چهاردهم، شماره ۴۸، صص ۶۸-۵۷.
احمدی، حسین؛ وطن‌دوست، رسول (۱۳۹۵)، بازشناسی ارزش و عوامل

Friendly strategy to promote built environment sustainability. *Habitat international*, pp. 95-103.

Damla Misirlisoy A, Kagan, G, (2016), *Adaptive reuse strategies for heritage building: A holistic approach*, Sustainable Cities and Society, pp. 91-98.

Departement, V. G., & Istanbul Governorship, İ. (2019), *The guidance of Earthquake Risk Management for Historic Buildings*: Ankara.

Formisano, A., & Marzo, A. (2017). *Simplified and refined methods for seismic vulnerability assessment and retrofitting of an Italian cultural heritage masonry building*. Computers & Structures, 180, pp. 13-26.

Misonon, A. N., Abeling, S., Hare, J., Shedde, D., Jafarzadeh, R., Ingham, J., & Dizhur, D. (2021). *Seismic performance of a retrofitted heritage unreinforced masonry building during the 2010/2011 Canterbury earthquakes*. Earthquake spectra, 8755293020988026.

Shafeea, S. (2011). *The Study of the Relationship between Social Capital & Sustainable Development of Neighborhood Economics*, Mashhad Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

Thatcher, M. (2018). *Introduction: The state and historic buildings: preserving 'the national past'*. Nations and Nationalism, 24(1), pp. 22-42.

Zhang, Q., Zheng, Y., & Wu, F. (2014). *Case study of colonial building restoration in China: Astor House Hotel protective restoration project*. International Journal of Architectural Heritage, 8(6), pp. 853-885.

فاسلر، میشل (۱۳۹۲)، میراث صنعتی در فهرست میراث جهانی ترجمه علیرضا قاضی مقدم، تهران: انتشارات پایور.

نژادابراهیمی، احد؛ پورجعفر، محمدرضا؛ انصاری، مجتبی، و حناچی، پیروز (۱۳۹۲)، ارزش و ارتباط آن با رویکرد مداخله در آثار فرهنگی تاریخی، نشریه مرمت و معماری/ایران، سال سوم، شماره ششم، صص ۷۹-۹۸.

نیلی، رعنا؛ دیبا، داراب، و مهدوی نژاد، محمدجواد (۱۳۹۶)، بررسی و بازتاب مفهوم اصالت در معماری معاصر ایران (مطالعه موردی: منتخبی از آثار شاخص معماری معاصر ایران)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۹، صص ۱-۱۳.

یوسف نژاد، سودابه؛ فلامکی، محمدمنصور (۱۳۹۸)، پدیده‌شناسی زمان در حفاظت و مرمت آثار تاریخی و فرهنگی، نشریه هنرهای زیبا-هنرهای تجسمی، ۱(۱)۲۲، صص ۱۸-۵.

Abeling, S., Dizhur, D., & Ingham, J. (2018). *An evaluation of successfully seismically retrofitted URM buildings in New Zealand and their relevance to Australia*. Australian Journal of Structural Engineering, 19(3), pp. 234-244.

Bansal, K. (2018). *Structural retrofitting in historic buildings—the case of Hearst Greek theatre*, California. Int. J. Eng. Technol, 7(1-4), 1.

Cami, R., Alessandri, C., Indirli, M., & Tralli, A. (2007). *Damage assessment and retrofitting of Marchesale Castle (San Giuliano di Puglia)*. WIT Transactions on The Built Environment, 95.

Coburn, a., et al. (1995). *Technical Principles of Building of Safty*. London: Intermediate Technology Publications.

Conejos, S. L. C. a. S. J. (2013). *AdaptSTAR: A climate –*

Seismic Improvement and Adaptive Use Change of the Faculty of Design, Tabriz Islamic Art University, in the Khosravi Leather Historical Complex

Ahad Nejadebrahimi^{*1}, Shahin Farrokh², Mohammad Kheirollahi³

¹Professor, Department of Architecture and Islamic Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

²PhD Candidate of Islamic Architecture, Department of Architecture and Islamic Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

³PhD of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tabriz Sahand University of Technology, Tabriz, Iran.

(Received: 4 May 2021, Accepted: 20 April 2022)

There are two important issues associated with the protection of heritage buildings: first is the continued preservation of the building and second is its protection against seismic events and other destructive natural phenomena. The reason for this is the decay these buildings experience over their lifetimes. The failure of these buildings is primarily due to their weak structural systems, which are incapable of carrying lateral loads. Furthermore, Iran is among the countries with a large number of historical sites, which require expert attention for protection and rehabilitation purposes.

This study aims to establish the principles of the repurposing of Tabriz Islamic Art University's faculty of design building. For this, it was necessary to have an understanding of the underlying values, the principles of seismic rehabilitation, and the protection of heritage buildings. In addition to evaluating the theoretical principles, the complete constructional details and the desired retrofitting scheme were laid out. Then, the mechanical properties of the materials were determined using accurate equipment. In the next step, based on the data obtained from field measurements and empirical models, numerical models were constructed to ascertain the retrofitting method and the implementation scheme. This study pursues a practical goal, which it achieves through theoretical reasoning and an empirical investigation (case study).

In the first stage, the necessary tests and excavations were carried out to evaluate the structure and develop an understanding of its structural and material characteristics. In the second phase of the investigation, based on the results of field observations -namely, the results of the in-situ tests and excavations -a quantitative assessment of the structure's vulnerability was carried out. This was done through a series of nonlinear static analyses, which were performed on the numerical model of the structure using two gravity loading patterns (1.1(dead+live) and 0.9(dead)), a triangular loading pattern, and a uniform

loading pattern. Then, based on the results of the pushover analyses, the vulnerable points of the structure were identified at target displacements. In the third phase, based on the location and severity of vulnerable points, the appropriate rehabilitation method was proposed.

The results of the analyses showed that the building could not satisfy the criteria of the Life Safety limit state, and the majority of the surrounding walls were not strong enough to withstand lateral loads. The results obtained from the pushover analysis showed that the retrofitted model has an acceptable performance and meets the intended rehabilitation goal. In the retrofitted building, using concrete confining elements has had a significant effect in achieving the intended performance level. The results of the study also reveal that factors such as physical and non-physical values, engineering potential, economic condition, and management of heritage structures should be taken into account in the retrofitting of heritage buildings. Furthermore, the equipment, materials, and the technologies accessible to the society are also very important factors. Since retrofitting requires certain equipment, and given the fact that protection takes precedence over retrofitting, the individuals carrying out the retrofitting operation must have the required technical expertise.

Keywords

Seismic Retrofitting, Adaptive Repurposing, Khosravi Leather Factory, Non-linear Static Analysis, Life Safety.

* Corresponding Author: Tel: (+98-41) 35559785, Fax:(+98-041) 35539200, E-mail: ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir