ارزیابی آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای بنای تاریخی "نجم‌الدین کبری" با بکارگیری میله‌گرد پس‌تنیده

مسعود مویزچی
کارشناس‌ارشد مهندسی سازه، دانشگاه آزاد، یزد، ایران
m.mavizchi@iauyazd.ac.ir

غلامرضا احمدی
کارشناس‌ارشد مهندسی سازه، دانشگاه آزاد، یزد، ایران
g.r.ahmadii@gmail.com

مجید مویزچی
کارشناس‌ارشد مهندسی سازه، دانشگاه آزاد، یزد، ایران
m_mavizchi120@yahoo.com

فرامرز عالمی
دکتری زلزله، استادیار موسسه آموزش عالی سجاد ، مشهد، ایران
f-alemi@iiees.ac.ir

کلید واژه‌ها: *ساختمان‌های تاریخی، مدل‌سازی اجزای محدود تحلیل غیرخطی استاتیکی، بهسازی، میله‌گرد پس تنیده*

چکیده

بنای تاریخی نجم‌الدین کبری با قدمت بیش از ۹۰۰ سال، باقی مانده یکی از بناهای باشکوه باستانی می‌باشد و در نقاب در خراسان رضوی بنا شده است. برطبق شواهد موجود، این سازه بنایی مورد آسیب‌های شدید توسط عوامل طبیعی و انسانی قرارگرفته است و تنها بخش زیارتگاهی این بنا باقی مانده است. از اینرو چندین اجرا جهت ترمیم آن از طرف میراث فرهنگی انجام گردیده است.

سازه در منطقه‌ای با میزان خطرلرزه‌ای بالا قرارگرفته است و نیاز به مقاوم‌سازی صحیح بدلیل ارزش تاریخی آن می‌باشد. هدف از این مقاله فراهم آوردن روش‌هایی برای بهسازی سازه آجری موجود از طریق متدهای آنالیز سازه‌ای می‌باشد.

مدل سه‌بعدی المان محدود از برج توسط نرم‌افزار المان محدود غیرخطی ANSYS ایجاد گردیده است. بعد از آنالیز استاتیکی غیرخطی (Push over)، مشاهده گردید خرابی‌های ناشی از زلزله‌های گذشته بسیار بیشتر از اثرات فرسایش بوده است. ازاینرو میلگرد پس تنیده به عنوان روش مقاوم‌سازی به کار برده شد.

نتیجتاً، روش مقاوم‌سازی باعث افزایش تنش فشاری، سختی و ظرفیت برشی در قسمت تحتانی بنا و رفتار لرزه‌ای سازه به محدوده مجاز بهبود یافته است.

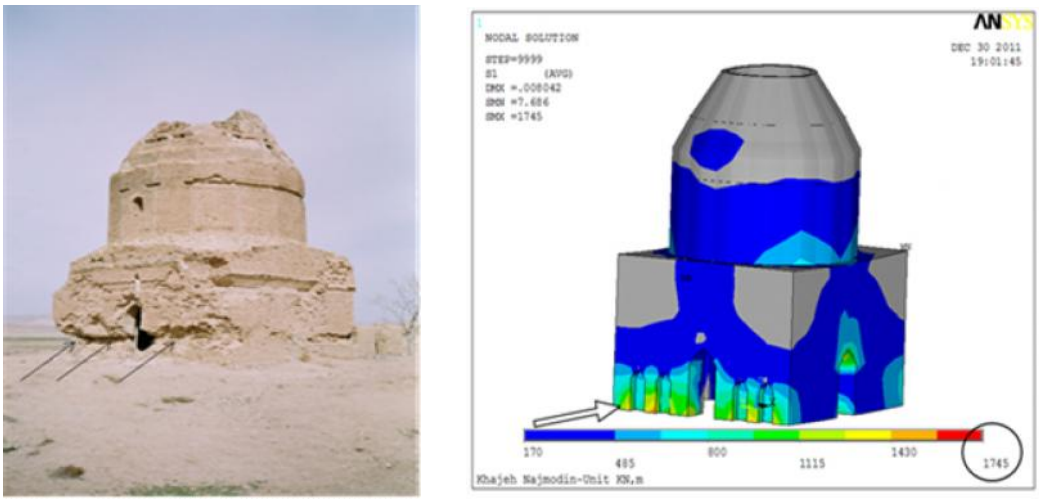
مقدمه

بنای تاریخی نجم‌الدین کبری یکی از آثار تاریخی ایران متعلق به عهد ایلخانیان با قدمت بیش از ۹۰۰ سال می‌باشد. (شکل۱)

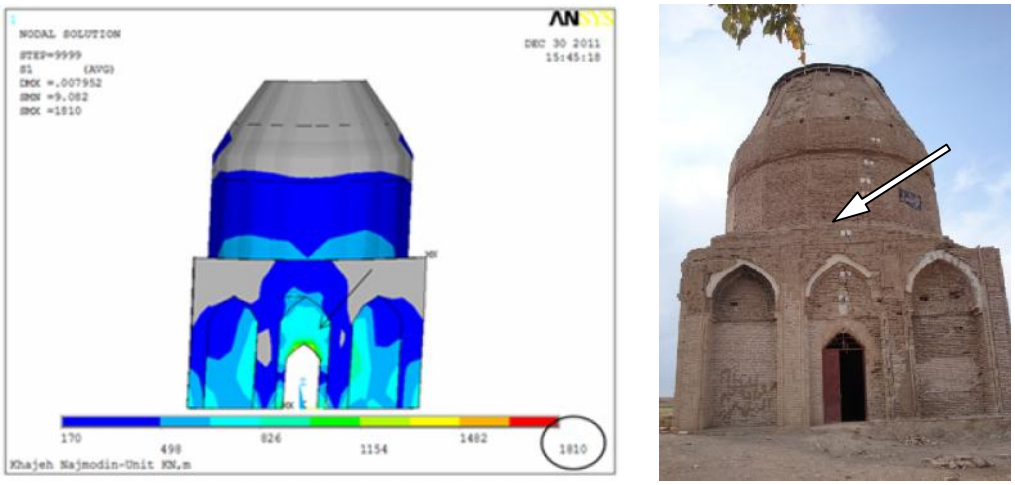
شکل ۱: نمای خارجی و دید داخلی بنای فعلی "نجم الدین کبری"

پس از آغاز عملیات ترمیم گنبد فوقانی در این بنا، ترکها در دیوارها شروع به رشد کرده است. لذا با توجه به اهمیت تاریخی و ملی این بنا و شرایط آسیب‌پذیر و قرارگیری آن در ناحیه لرزه‌خیز شمال شرقی ایران، بیانگر نیاز این بنا به بررسی دقیقتر از نظر آسیب پذیری لرزه‌ای و اتخاذ راهکاره مناسب تقویت آن است.

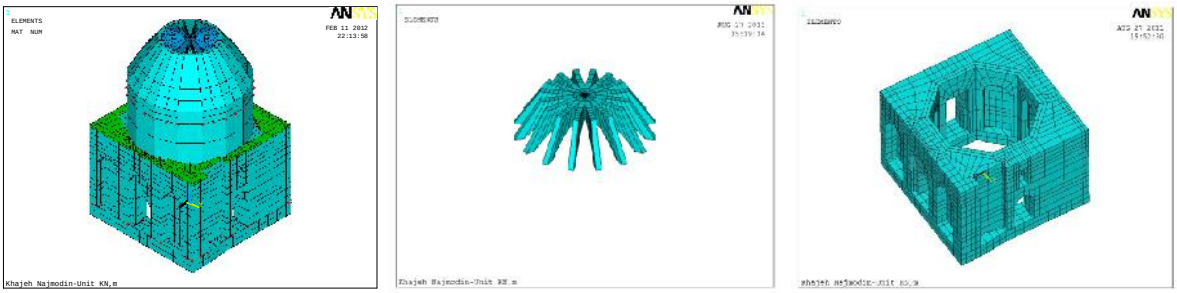
نتایج حاصل از ارزیابی لرزه‌ای و مطالعه رفتار بنای تاریخی "نجم الدین کبری" تحت آنالیز پوش‌اور و طیفی، حاکی از آسیب‌پذیر بودن بنا و ضعف آن در مواجهه با زلزله (با سطح خطر- ۱ و ۲) دارد. (شکل۲ و ۳) با توجه به اهمیت و قدمت این بنا، اتخاذ شیوه‌ای که با کمترین تداخل با وضعیت معماری بنا رفتار لرزه‌ای آنرا بهبود ببخشد ضروری است. تقویت بنا توسط میلگردهای گذرانده شده از پایه‌ها به صورت قائم باعث افزایش شکل‌پذیری و مقاومت پایه‌ها می‌شود. برای این منظور از مدلسازی در نرم‌افزار اجزاء محدود ANSYS، با استفاده از المان غیرخطی Solid65 و Link8 استفاده شده است. (شکل۴)



شکل ۲: مقایسه سازه مدل شده در نرم‌افزار ANSYS با شرایط بوجود آمده در بنا قبل از مرمت (نمای جنوبی)



شکل ۳: مقایسه سازه مدل شده در نرم‌افزار ANSYS با شرایط بوجود آمده در بنا قبل از مرمت (نمای شمالی)

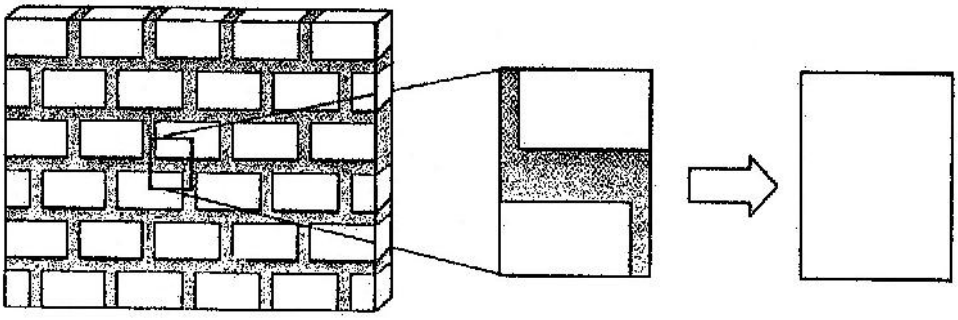


شکل ۴: مدلسازی در محیط نرم‌افزار ANSYS با استفاده از زبان برنامه‌نویسی به‌صورت APDL

رفتار مصالح

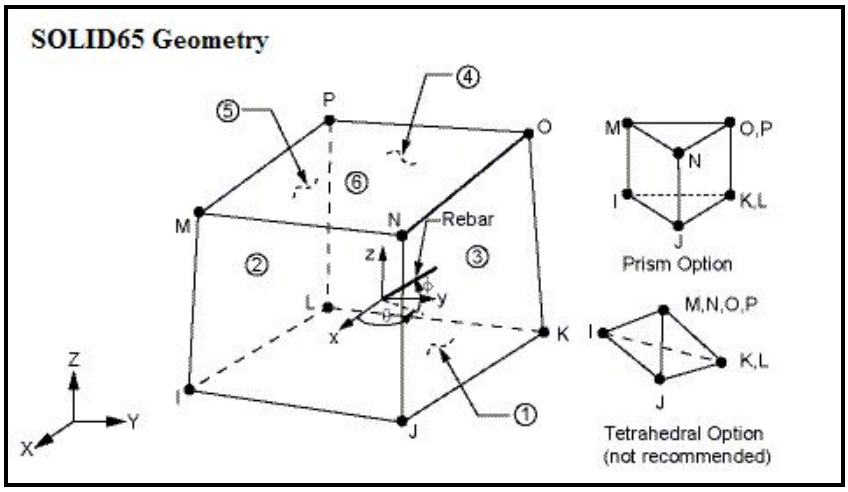
تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح بناهای تاریخی با مشکلاتی روبرو است که عبارتند از: ۱- از مصالح تشکیل دهنده هسته داخلی اعضا سازه اطلاع موثق در دسترس نیس ۲- به علت کیفیت ساخت و استفاده از مصالح طبیعی، تغییرات زیادی در خواص مکانیکی، مصالح مشاهده می‌شود ۳- بعضا توالی و ترتیب ساخت بنا ناشناخته است ۴- آسیب های موجود در بنا مشخص نیست ۵- تعیین خواص مکانیکی مصالح بنا دشوار و هزینه بر است. به طور کلی مدل‌سازی عددی دیوارهای آجری به دو دسته: مدل‌سازی میکرو و مدل‌سازی ماکرو تقسیم می‌شود. دیوارهای آجری یک ماده مرکب از ۳ جز اصلی می‌باشد: آجر ، ملات، سطح تماس آجر و ملات. در مدل‌سازی میکرو هر کدام از اجزا دیوار آجری به‌طور جداگانه مدل شده و به یکدیگر متصل می‌گردند.هر چند که مدل‌سازی با این روش از دقت زیادی برخوردار است اما حجم محاسبات بسیار زیاد و شیوه مدل‌سازی پیچیده است و برای مدل‌سازی در ابعاد بزرگ کاربردی نیست، ضمنا جهت تعیین رفتار عمومی سازه‌های حجیم و بزرگ نیازی به ریز مدل‌سازی نمی‌باشد و مدل‌سازی ماکرو کفایت می‌کند.

همان‌طور که می دانیم مصالح بنایی از نوع مواد ناهمگن و غیرایزوتروپیک می باشند ولی در روش مدل سازی ماکرو ، دیوار آجری به صورت یک ماده هموژن و یکدست با خواص مکانیکی معادل فرض می شود. مدل سازی با این روش ساده تر و حجم محاسبات نیز بسیار کمتر از مدل سازی میکرو می باشد. (شکل۵)



شکل۵: روند انجام فرآیند همگن سازی

در نرم افزار ANSYS ، المان Solid 65 به طور اختصاصی برای مدل سازی بتن مسلح در نظر گرفته شده است .در این المان قابلیت مدل کردن ترک خوردگی و خردشدگی نیز وجود دارد . به دلیل وجود این ویژگی ها می توان آن را برای مدل کردن مصالح مرکب و نیز مصالح نظیر آجر و ملات،سنگ بکار برد. المان با هشت گره تعریف می شود که هر کدام دارای سه درجه آزادی انتقالی هستند، شکل ۲. مهم ترین جنبه این المان ، عملکرد خواص غیر خطی مصالح است.

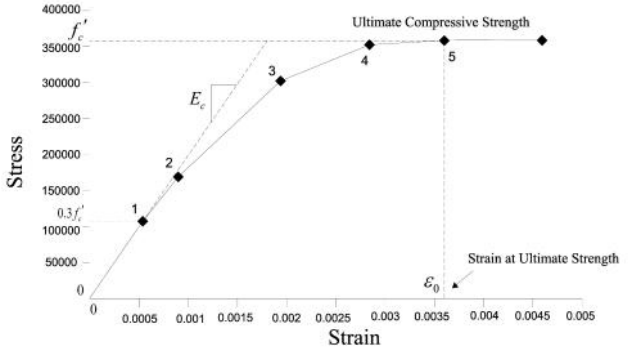


شکل۶: هندسه ،موقعیت گره و دستگاه مختصات المان Solid65

حال با توجه مقادیر توصیه شده در دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های مصالح بنایی و دیگر تحقیقات انجام شده و همچنین با نظر به مشاهدات عینی و بررسی کیفی مصالح موجود در بنای تاریخی نجم الدین کبری، مشخصات مکانیکی مصالح مطابق جدول ۱ و شکل ۷ در نظر گرفته شده است.

جدول۱: مشخصات المان Solid 65

material model	element type	material properties
1	Solid 65	linear isotropic: Ex 2.33E+06; PRXY 0.25; DENS 1.8 Multilinear Isotropic: Point 1 (0.0004635, 1080); Point 2 (0.0007879, 1674); Point 3 (0.001775, 2988); Point 4 (0.002465, 3492); Point 5 (0.003156, 3600) Concrete: ShrCf-Op 0.3; ShrCf-Cl 1; UnTensSt 170; UnCompSt -1; BiCompSt 0; HydroPrs 0; BiCompSt 0; UnTensSt 0; TenCrFac 0



شکل ۷: منحنی تنش- کرنش غیرخطی المان Solid65

تحلیل

در آئین‌نامه‌ها و HandBook های طراحی، روش‌ها و ضوابط مختلفی جهت ارزیابی و تحلیل سازه‌ها ارائه شده است. از اهداف این ضوابط و روش‌ها، پیش‌بینی و شناخت رفتار سازه‌ها در شرایط مختلف بهره‌برداری است. انتخاب روش مناسب برای تحلیل مستلزم شناخت کافی از آن روش و نیز اطمینان به انطباق کافی نتایج بدست آمده با شرایط واقعی است. جهت بررسی رفتار لرزه‌ای بنای تقویت شده‌ی خشتی- تاریخی "نجم الدین کبری" تصمیم به استفاده از روش استاتیکی غیرخطی گرفته شد.

برای انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی نیازمند ترکیب مودها جهت دستیابی به بردار بار متناسب با مجموع مودهایی هستیم که جرم مودی آنها بالغ بر ۹۰ درصد جرم سازه باشد. نتایج حاصل از هر مود نوسان باید با روش‌های آماری شناخته شده مانند جذر مجموع مربعات (SRSS)، روش ترکیب مربعی کامل (CQC) و یا روش‌های دقیق‌تر که اندرکنش بین مودها را دقیق‌تر در نظر می‌گیرد، انجام شود. مقادیر پارامترهای تحلیل طیفی بر اساس ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ایران (ویرایش دوم) که برای بنای تاریخی "نجم الدین کبری" درنظر گرفته شده است در (جدول۲) آمده است.

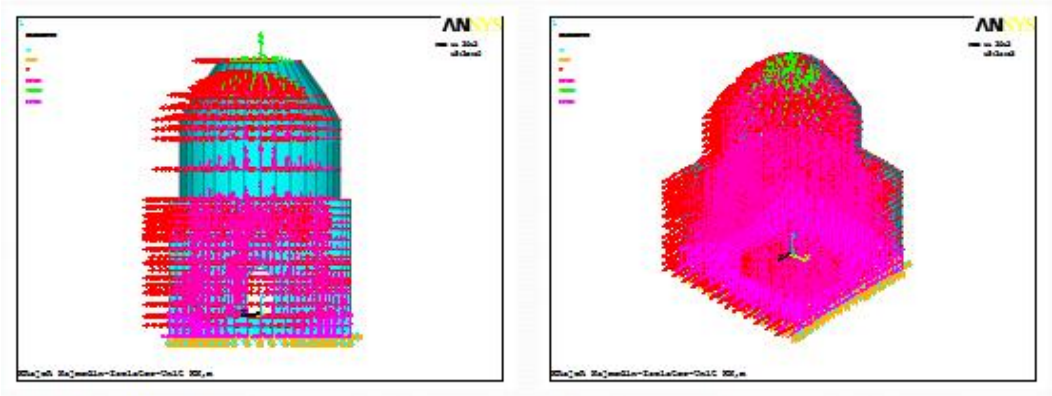
جدول۲: پارامترهای تحلیل طیفی در بنای تاریخی "نجم الدین کبری"

پارامتر	شتاب مبنای طرح (A)	ضریب اهمیت (I)	ضریب رفتار (R)	نسبت میرایی بنا	نوع زمین محل احداث
مقدار	۰.۳	۱.۴	1.25	%1	II

آنالیز استاتیکی غیرخطی (Push-Over)

در این تحلیل، بار جانبی (که می‌تواند نیرو یا تغییرمکان باشد) تحت اثر یک الگوی خاص به مدل وارد شده و مرحله به مرحله افزایش می‌یابد. نیروی برشی بوجود آمده در زیر پی نسبت به تغییرمکان جانبی یک نقطه کنترلی در تراز بام در نموداری با عنوان "برش پایه- تغییرمکان

جانبی" ترسیم شده است. این نمودار جهت ارزیابی رفتار بنا و در مواردی برای محاسبه تغییرمکان هدف استفاده می‌شود. هرچه الگوی بار اعمـالی به رفتار ارتعاش آزاد بنا شباهت بیشتری داشته باشد، نتایج تحلیل بنا به عملکرد واقعی آن نزدیکتر است. توزیع بار جانبی بر مدل سازه باید تا حـد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ‌خواهد داد، باشد و حالت‌های بحرانی تغییرشکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید. به همین جهت از توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی طیفی استفاده شده است. برای این منظور، تعدادی مود چنان انتخاب شد که حـداقل 90 % جرم سازه در تحلیل مشارکت کند. لذا برای محاسبه الگوی بار مناسب، ده مود موثر حاصـل از تحلیـل مـودال را بـه روش CQC در مرحلـه تحلیل طیفی با هم ترکیب کرده و از تغییرشکل بوجود آمده در بنا برای ساخت الگوی بار اعمالی استفاده شد. (شکل۸)

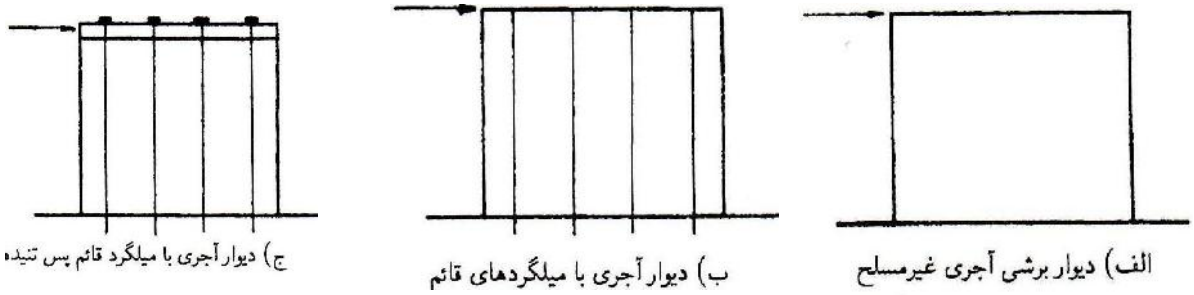


شکل ۸: بردار بار اعمالی برای انجام تحلیل Push Over متناسب با رفتار سازه

بررسی روش تقویت با افزودن میلگردهای پس تنیده

از دیدگاه کلی، پیش‌تنیدگی به معنای ایجاد تنش‌های دائمی مخالف با تنش‌هایی می‌باشد که در اثر بارهای خدمت در سازه ایجاد خواهند شد. تئوری بتن پیش‌تنیده برای اولین بار توسط آقای ماندل آلمانی در سال ۱۸۹۶ مطرح گردید و کنن آلمانی و اسـتینر آمریکـایی بـه ترتیـب در سالهای ۱۹۰۷ و ۱۹۰۸ آنرا کاملتر نمودند. در زمینه کاربردهای عملی، دیل آمریکایی در سال ۱۹۲۸، الوارها و پایه‌های پـیش‌تنیـده تولیـد نمـود. ساخت پل والنانت لین در فیلادلفیات در سال‌های ۱۹۴۹ تا ۱۹۵۰ اولین استفاده مهم تیرهای پیش‌تنیده در آمریکا بود.

تعبیه میلگردهای قائم و پس تنیدگی دیوارها یکی از روش‌های متداول در امریکا برای تقویت ساختمان‌های آجری چند طبقه فاقد اسکلت و سیستم لرزه‌بر است. برای درک این روش به (شکل ۹) توجه کنید. در دیوار برشی آجری غیر مسلح حالت‌های شکست خمشی و برشی محتمـل است. حال اگر این دیوار را از بالا سوراخ کرده، میلگردهایی را تا محل پی فرو نماییم و سپس دوغاب سیمان مخصوصی را داخل سـوراخ‌هـا تزریـق کنیم جلو شکست خمشی را گرفته‌ایم، اما هنوز شکست برشی امکانپذیر است. حال اگر در بالای دیوار تیری فلزی یا بتنی قرار دهیم و میلگردها را از آن عبور دهیم و سپس تنیده کنیم، تنش قائم دیوار را افزایش داده‌ایم. مقاومت برشی دیوار با این تنش‌ها متناسـب اسـت و لـذا بـا پسـتنیدگی می‌توان جلو شکست برشی را هم گرفت.



شکل ۹: تاثیر میلگرد قائم پس تنیده

مقاوت فشاری مصالح خشتی به کار رفته در بنای تاریخی "نجم الدین کبری" 3600 KPa در واحد آجرکاری است؛ لذا استفاده از میلگرد پستنیده می‌تواند با افزایش مقاومت و شکل‌پذیری در پایه‌ها، در بهبود رفتار لرزه‌ای بنا موثر باشد. برای این منظور از ۲۹ عدد میلگرد با مشخصات (جدول۳) استفاده شده است. برای مدلسازی میلگردها از المان LINK8 استفاده شده است. برای مهار میلگردها در قسمت فوقانی پایه ها، یک دال بتنی با ضخامت ۲۰ سانتیمتر مدل شده است. (شکل ۴) المان‌های در نظر گرفته شده برای دال بتنی به نحوی انتخاب شده‌اند که مشبندی آن‌ها با مشبندی سطح فوقانی پایه‌ها همخوانی داشته و کلیه نودهای دو سطح بر هم منطبق باشند.

جدول ۳: مشخصات میلگرد استفاده شده

تعداد میلگردها	قطر هر میلگرد	مدول الاستیسیته	ضریب پواسون
۲۹	2.8 Cm	200e9 KN/m^2	۰.۳

پس از انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی، باید منحنی دوخطی رسم شود. این نمودار جهت ارزیابی رفتار بنا و در مواردی برای محاسبه تغییرمکان هدف استفاده می‌شود. برای محاسبه تغییرمکان هدف از روابط موجود در نشریه ۳۶۰ سازمان مدیریت برای ساختمان‌ها استفاده شده است.

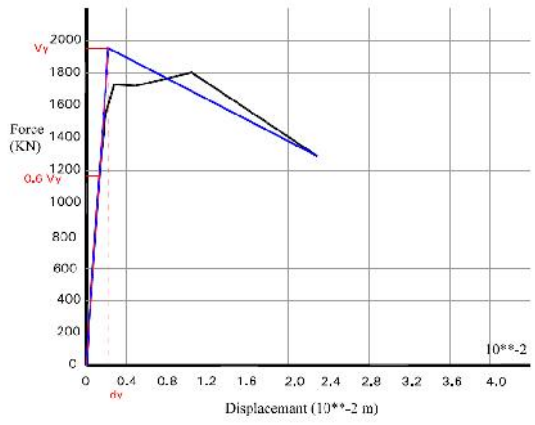
$$¢_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4®^2} g$$

مقادیر محاسبه شده تغییر مکان هدف برای بنای تقویت شده با میلگرد پس تنیده در دو جهت عمود بر هم X و Y برای زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال از رابطه فوق محاسبه شده و در (جدول۴) آمده است.

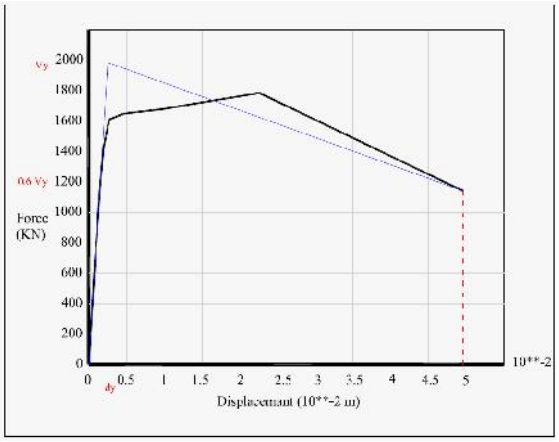
جدول ۴: مقادیر تغییر مکان هدف محاسبه شده

جهت بردار بار اعمالی	تغییر مکان هدف
در جهت X با دوره بازگشت ۴۷۵ سال	$¢_{tD} = 1.2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.75 \frac{(0.309)^2}{4®^2} g = 0.021(m)$
در جهت X با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال	$¢_{tM} = 1.2 \times 1.09 \times 1 \times 1 \times 1.05 \frac{(0.309)^2}{4®^2} g = 0.033(m)$
در جهت Y با دوره بازگشت ۴۷۵ سال	$¢_{tD} = 1.2 \times 1.0 \times 1 \times 1 \times 0.75 \frac{(0.388)^2}{4®^2} g = 0.0337(m)$
در جهت Y با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال	$¢_{tM} = 1.2 \times 1.0 \times 1 \times 1 \times 1.05 \frac{(0.388)^2}{4®^2} g = 0.0471(m)$

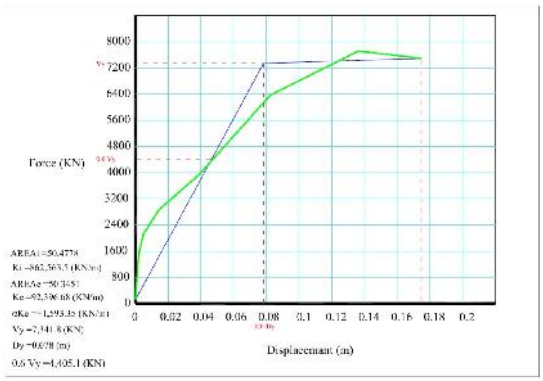
برای محاسبه مقدار عددی سطح عملکرد مورد نظر نیازمند رسم نمودار دو خطی بر روی نمودار ظرفیت بنا هستیم. تغییرمکان متناظر با نقطه شکست نمودار دو خطی برابر است با سطح عملکرد استفاده بیوقفه IO است. نمودار حاصل از تحلیل Push-Over و منحنی دوخطی رسم شده بر روی آن برای حالات مختلف قبل و بعد از تقویت در (شکل ۱۰ تا ۱۳) آورده شده است.

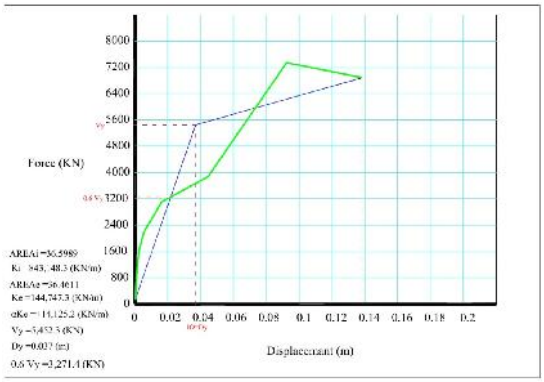


شکل ۱۰: نمودار ظرفیت بنای فعلی در جهت X



شکل ۱۱: نمودار ظرفیت بنای فعلی در جهت Y





شکل۱۲: نمودار ظرفیت بنای تقویت شده توسط میلگرد در جهت X شکل۱۳: نمودار ظرفیت بنای تقویت شده با میلگرد در جهت Y

جدول۵: مقایسه مقادیر تغییرمکان هدف، بیشینه تغییرمکان و نیز تغییرمکان بهره برداری قبل و بعد از تقویت بنا

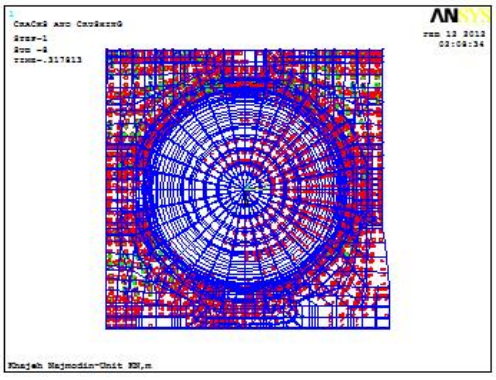
	تغییرمکان هدف	بیشینه تغییرمکان	IO	راستا
قبل از تقویت	0/76 Cm	1/37 Cm	0/25 Cm	در جهت X
	0/92 Cm	1/75 Cm	0/31 Cm	در جهت Y
استفاده از میلگرد قائم	2/1 Cm	3/3 Cm	3/7 Cm	در جهت X
	3/4 Cm	4/7 Cm	7/8 Cm	در جهت Y

همانگونه که در (جدول۵) مشاهده می‌شود، در بنای فعلی (قبل از تقویت)، مقدار تغییرمکان هدف در جهت X برابر $¢_{tD} = 7.6(mm)$ است که از مقدار سطح عملکرد استفاده بی وقفه IO بزرگتر است $\{(¢_{tD} = 7.6) > (IO = 2.5)\}$ و این رابطه بزرگتری در مورد سطح خطر-۲ نیز اتفاق افتاده است $\{(¢_{tM} = 13.7) > (IO = 2.5)\}$.

در جهت Y نیز در بنای تقویت نشده، مقدار تغییرمکان هدف برای هردو سطح خطر-۱ (زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) و سطح خطر-۲ بیشتر از IO است $\{(¢_{tD} = 9.2mm) > (IO = 3.1mm)\}$, $\{(¢_{tM} = 17.5mm) > (IO = 3.1mm)\}$

با توجه به آنکه بنای فعلی در سطح عملکرد مورد نظر نمی‌تواند تغییرمکان هدف و نیز بیشینه تغییرمکان را پوش کند لذا، این امر بیانگر آسیب‌پذیری بنای فعلی در مواجهه با زلزله با سطح خطر-۱ و ۲ است.

با توجه به جدول فوق، پس از استفاده از میلگرد قائم برای تقویت بنای نجم الدین کبری، رفتار سازه بهبود یافته است بطوریکه درصورت بروز زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال و در هر دو جهت بررسی شده، مقدار تغییر مکان هدف قبل از تغییرمکان معادل با سطح عملکرد IO است. و لذا بنای تقویت شده قادر خواهد بود زلزله با سطح خطر ۱ و ۲ را پشت سر بگذارد بدون آنکه تخریب کلی در آن رخ دهد.



شکل ۱۴: گسترش ترک در بنای تقویت شده با میلگرد پستنیده

نتیجه‌گیری

با انجام تحلیل های صورت گرفته و بررسی نتایج آنها، مشاهده می شود که پس از استفاده از میلگرد قائم رفتار سازه بهبود قابل توجهی یافته است بطوریکه به راحتی می‌تواند زلزله با سطح خطر-۱ و ۲ را به سلامت پشت سر بگذارد بدون آنکه دچار تخریب کلی شود.

استفاده از میلگرد قائم در پایه‌ها سبب افزایش مقاومت پایه‌ها و شکل پذیری در آن‌ها گردیده است ولی این روش نتوانسته است از گسترش ترک در بنا جلوگیری کند. (شکل۱۴)

برای دستیابی به نتایج بهتر جهت تقویت این بنای تاریخی پیشنهاد می‌شود، روشهای دیگر تقویت بنا مثل استفاده از الیاف FRP در پایه‌ها و گنبد فوقانی و یا استفاده از پشتبند مناسب برای پایه‌ها برای ادامه تحقیقات مورد بررسی قرار داد. همچنین می‌توان روش‌های تحلیل دقیق مثل تحلیل تاریخچه زمانی انجام داده و نتایج آنرا با تحلیل استاتیکی غیر خطی مقایسه نمود.

مراجع

تقی نژاد ر (۱۳۸۷) .طراحی و بهسازی لرزه ای سازه ها بر اساس سطح عملکرد، چاپ دوم، نشر کتاب دانشگاهی

جاهد مطلق ح، نوبان م، اشراقی م(۱۳۸۷) اجزا محدود Ansys ، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیرمسلح موجود(نشریه ۳۷۶) (۱۳۸۶) سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای (نشریه ض-۵۵۰) (۱۳۸۹) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. راهنمای طراحی و اجرای سیستم های جداساز لرزه ای در ساختمان ها (نشریه ۵۲۳) (۱۳۸۹) معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰) (۱۳۸۵) سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

شرکت خدمات مدیریت ایرانیان (ایرمکو)(۱۳۸۹) تجربیات و درس های بهسازی لرزه ای ، انتشارات علم ادب

فیوض ع(۱۳۶۹) *مطالعه خصوصیات دینامیکی کندوهای بتنی با روش ارتعاشات محیطی*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، شیراز

عبدلی ح (۱۳۸۹) *تحلیل لرزه ای ساختمان امیرچقماق یزد و مقاوم سازی آن*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی یزد، یزد

یغمایی سابق ا (۱۳۸۰) ارزیابی لرزه ای (رفتار خطی و غیرخطی) ساختمانهای مرکب فولادی با دیواربرشی بتن مسلح ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت تهران، تهران

Anthony J. Wolanski, B.S., M. D., (2004), "FLEXURAL BEHAVIOR OF REINFORCED AND PRESTRESSED CONCRETE BEAMS USING FINITE ELEMENT ANALYSIS," A Thesis submitted to the Faculty of the Graduate School, Marquette University

ANSYS Finite Element Analysis System (2007) SAS IP Inc., US

Clough, R. W. and Penzien, J, (1995), "Dynamics of Structures," Berkeley University, USA.

Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Unreinforced Masonry Buildings No.376 (2007) Technical Criteria Codification & Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau, (in Persian)

Standard 2800 (2005) *Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings", Third Revision, Building and Housing Research Center, Iran,* (in Persian)