Cult Islam Archit Urban, 2024; 8 (2): 19-36

Tabriz Islamic Art University 1999

CULTURE OF ISLAMIC ARCHITECTURE AND URBANISM

DOI : https://dx.doi.org/10.61186/ciauj.8.2.19

The Culture of Islamic Architecture & Urbanism

Original Paper **Open Access**

Seismic Safety Assessment of Historical Masonry Buildings in Iran; Application to 19th and Early 20th Century Period

Somaye Gholami[1] , Farhad Akhoundi[2] * , Seyed Jafar Hashemi[3] , Paulo B Lourenço[4]

1. Master of Strengthening of Historical Constructions, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

2. Associate Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

3. Assistance Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran

4. Professor, Historical Masonry Structures Group, Department of Civil Engineering, University of Minho, Gumareas, Portugal

Received: 2023/10/2 **Accepted: 2023/11/30**

Abstract

Tabriz is located on a major and active tectonic fault, part of a complex system connecting the North Anatolian Fault in Turkey to the Alborz Fault in Iran. Today, over 600 historical buildings in Tabriz have been identified, all all of which require seismic analysis and preservation. Due to the lack of guidelines for historical buildings, the seismic safety assessment of these structures has been delayed. Therefore, the main objective of this study is to evaluate the seismic safety of historical buildings using Italian guidelines, which demonstrate that this approach provides a solid foundation for a proper assessment based on scientific and computational methods. Six historical buildings from the Qajar era were selected as case studies. The seismic vulnerability of these buildings was analyzed using two different evaluation levels introduced in the Italian guidelines for cultural heritage, which include manual calculations performed using mechanical methods and numerical analyses of the buildings conducted with software. In addition, the effectiveness and accuracy of the mechanical method presented at level one in the seismic safety assessment were compared with the results of numerical analysis. The results indicate the seismic vulnerability of the studied buildings, selected as samples from among the historical houses of Tabriz. Furthermore, the results show that the evaluation methods used are not interchangeable, but belong to two different evaluation levels, that are comparable, with the first level considering a more conservative approach.

Keywords:
Safety assessment, Historic house, Iran, Italian guidelines, Nonlinear analysis

*- Corresponding Author: f.akhoundi@tabriziau.ac.ir

©2024 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

Introduction

Iran, due to its location in the seismically active Alp-Himalayan belt, has historically been exposed to severe and devastating earthquakes. This country is home to an ancient civilization with many historical monuments and structures. Tabriz is the fourth largest city in Iran, with a population of around 1.4 million people. This city is situated on a large and active tectonic fault, part of a complex system connecting the North Anatolian Fault in Turkey to the Alborz Fault in Iran. Historical seismological records of Tabriz show that the city has experienced several devastating earthquakes over time.

The high seismic risk in Tabriz justifies the need for a seismic evaluation of historical buildings. Italy is the only country that has been able to establish guidelines for assessing the safety of historical buildings. These guidelines introduce a new approach for seismic safety evaluation through a multi-level method. The DPCM evaluation process is carried out depending on the objectives, and it includes three levels of evaluation, which are defined as follows:

• Level 1 (LV1): Qualitative analysis and evaluation using simplified mechanical models

• Level 2 (LV2): Seismic evaluation aimed at implementing local interventions in the building

• Level 3 (LV3): Global seismic response evaluation of the building

In the present study, six historical houses built during the Qajar era (1304-1175) in Tabriz have been selected to discuss seismic risk. These houses include Behnam, Ganjehizade, Nafisi, Ali Monsieur, Sharbat-Oghli, and Kalantar. These buildings have been evaluated according to the Italian guidelines for cultural heritage (DPCM) for the ultimate limit state, i.e., earthquakes with a return period of 475 years (or a 10% exceedance probability in 50 years). The validity of the approach used at Level 1 of this evaluation is also discussed.

Case Studies

Currently, a large number of historical masonry buildings have been identified in the central part of Tabriz. The load-bearing walls of most of these houses are made of 20×20×4 cm clay bricks and lime mortar. Six historical masonry houses in Tabriz, including the Behnam, Ganjehizade, Nafisi, Ali Monsieur, Sharbat Oghli, and Kalantar houses, were selected (Figs. 1 and 2) and examined in this study. Information regarding the mechanical properties of these buildings was extracted from previous studies as well as from code 360(Aminifar et al., 2022; code360, 2013) (Table 1).

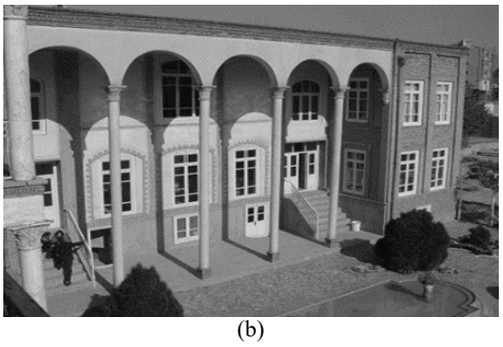
Tab 1. Mechanical Properties of masonry materials for bearing walls and columns of the houses

Buildings	Material	f_m (N/mm^2)	τ_0 (N/mm^2)	E (N/mm^2)
Behnam	Brick	2.3	0.09	920
Ganjehizade	Brick	1.72	0.09	1966
Nafisi	Brick	0.81	0.09	1179
Kalantar	Brick	1.36	0.09	1276
Sharbat Oghli	Brick	2.3	0.09	920
Ali Monsieur	Brick	2.3	0.09	920

Note: f_m: Compressive strength
τ_0: Shear strength
E: Modulus of elasticity

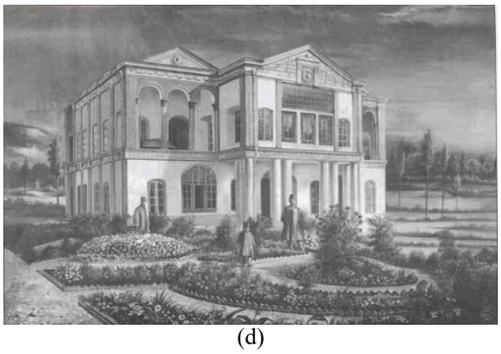
[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

(a)

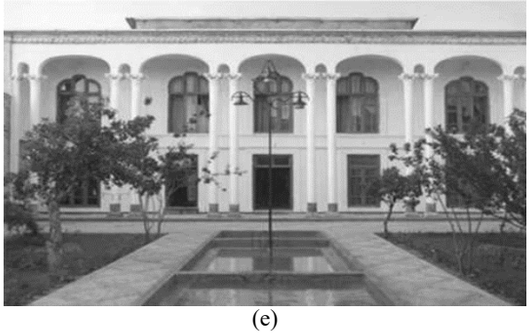


(b)

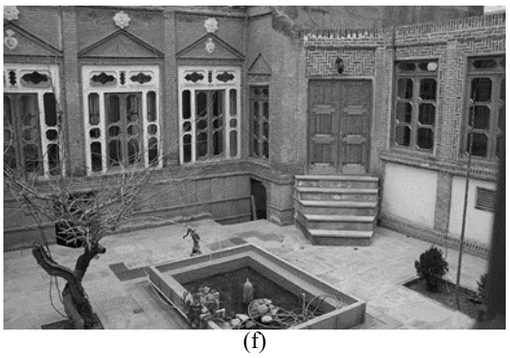
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig.1 Images of six investigated historic houses. (a) Behnam House, (b) Ganjehizade House, (c) Nafisi House, (d) Kalantar House, (e) Sharbat Oghli House, (f) Ali Monsieur House

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

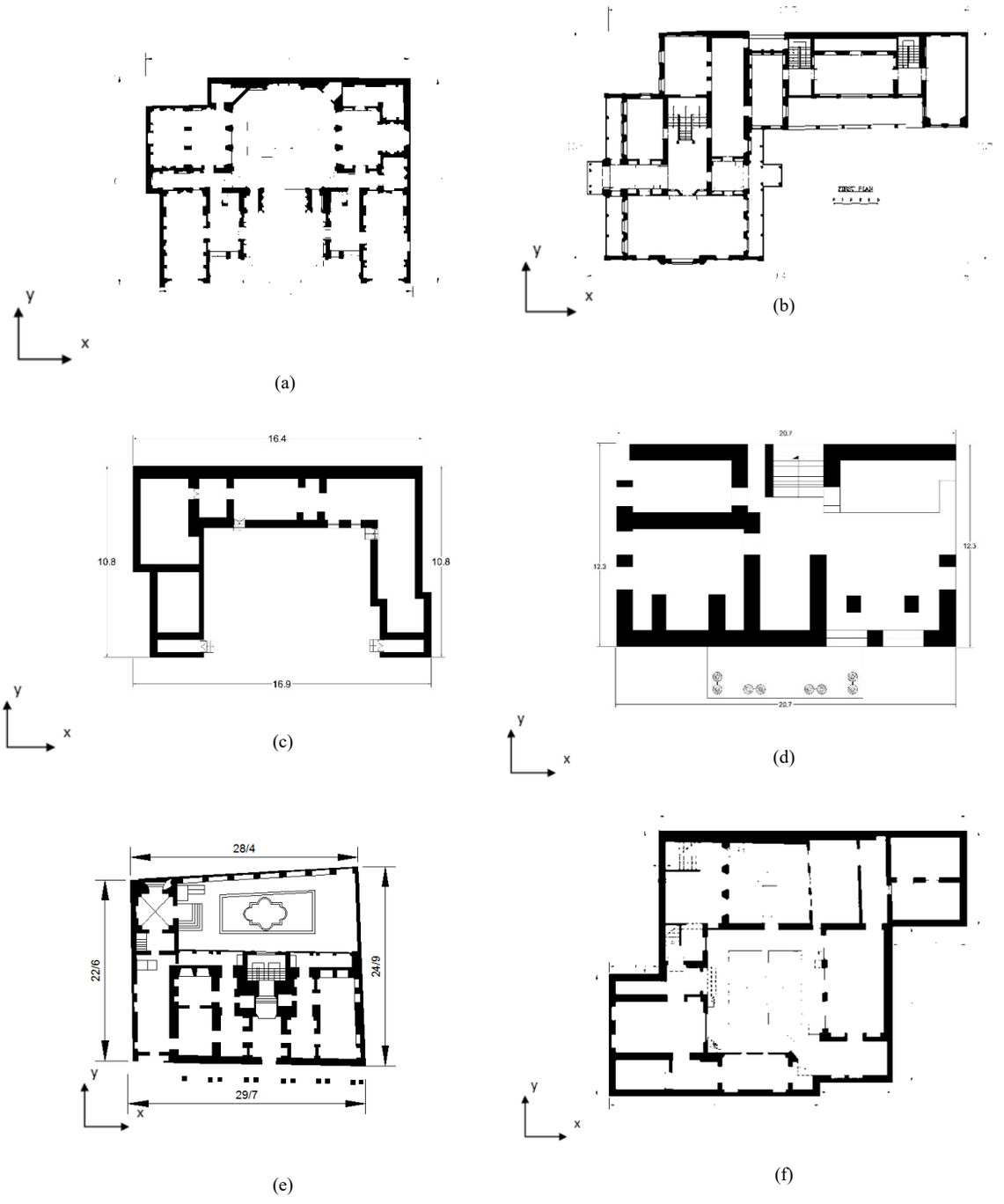


Fig 1. Plans of the case studies. (a) Behnam House, (b) Ganjehizade House, (c) Nafisi House, (d) Kalantar House, (e) Sharbat Oghli House, (f) Ali Monsieur House.

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

Seismic Parameters

The Iranian Earthquake Code - Standard 280(IRSt2800) classifies the country into four seismic zones, each characterized by different levels of seismic hazard. Zones 1 to 4 correspond to very high, high, moderate, and low seismic hazards, respectively. According to this zoning, Tabriz falls under Zone 4, which is associated with a very high seismic hazard. The peak ground acceleration (PGA) at the ultimate limit state is 0.35g.

Methodology

The goal of the simplified method at Level 1, as presented by DPCM, is to assess the seismic vulnerability of buildings. This approach is designed to evaluate lateral forces on structures using a small set of geometric and mechanical features (as well as qualitative tools such as visual inspections, construction characteristics, and geological investigations). Consequently, the primary objective of this method is to provide a ranking of the safety status of the buildings under study in order to emphasize the need for more in-depth analysis using the methods provided at Levels 2 and 3.

Table 2 presents the results of the Level 1 assessment, indicating that the studied buildings are in critical condition. As shown, the seismic safety index (Is) of the buildings is less than 1.

Tab 2. Parameters required by LV1

House	M (kg)	T	**e***	**q**	$\mathbf{C_T}$	I_s	F_{SLU} (KN)	
							x	**y**
Behnam	1704700	0.281	0.85	3	2.5	0.240	1872	3495
Ganjehizade	2577600	0.310	0.85	3	2.5	0.278	2919	2454
Nafisi	197100	0.154	0.89	3	2.5	0.576	633	405
Kalantar	774200	0.235	0.89	3	2.5	0.474	1950	1370
Sharbat Oghli	1384100	0.217	0.89	3	2.5	0.538	2661	4102
Ali Monsieur	231500	0.159	0.89	3	2.5	0.633	934	524

The numerical analysis of the structure based on the third level of the Italian guidelines was carried out using the Muri3 software (Fig. 3). Muri3 is a software developed in Italy for the seismic analysis of masonry and composite structures. It uses a displacement-based analysis approach and determines the total horizontal force required to move the building toward the target displacement. Table 3 and Fig. 4 show the results of the worst loading conditions in the x and y directions, considering two different load distributions. The uniform load is distributed according to the floor masses, and the static force corresponds to the first linear state of the structure. In this table, $\dot{\alpha}$ represents Is (the seismic safety index).

Results Comparison

The findings of the seismic evaluation for the first and third evaluation levels were compared for each house

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

(Table 4). Based on the results, even after calculating the nonlinear behavior and displacement capacity, the weak direction of each building remains the same in both methods. Considering the capacity/demand relationship in relation to the PGA associated with achieving the SLU, it is observed that for all buildings, the seismic safety index calculated at the first evaluation level is smaller than the value obtained through the third level.

Tab 3. Results related to the worst load conditions deriving from LV3 analysis level

House	Dir.	Load distribution	q_u	α
Behnam	**-X**	Static forces	6.56	0.373
	+Y	Uniform	0.14	18.59
Ganjehizade	**-X**	Uniform	2.86	0.742
	+Y	Static forces	3.68	0.738
Nafisi	**+X**	Static forces	3.61	0.821
	-Y	Static forces	5.11	0.693
Kalantar	**+X**	Static forces	5.1	0.758
	+Y	Static forces	8.07	0.582
Sharbat Oghli	+X	Static forces	5.88	0.637
	+Y	Static forces	3.14	0.828
Ali Monsieur	**-X**	Static forces	2.62	0.958
	+Y	Uniform	4.71	0.733

Tab 4. Comparison between LV1 and LV3 analysis results

House		ά	I_s	F_{SLU} (kN)
Behnam	LV1	–	0.240	1872
	LV3	0.373	–	1880.2
Ganjehizade	LV1	–	0.278	2454
	LV3	0.738	–	5960.41
Nafisi	LV1	–	0.576	405
	LV3	0.693	–	924.76
Kalantar	LV1	–	0.476	1370
	LV3	0.582	–	1387.45
Sharbat Oghli	LV1	–	0.538	2661
	LV3	0.637	–	2829.8
Ali Monsieur	LV1	–	0.633	524
	LV3	0.733	–	621.51

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

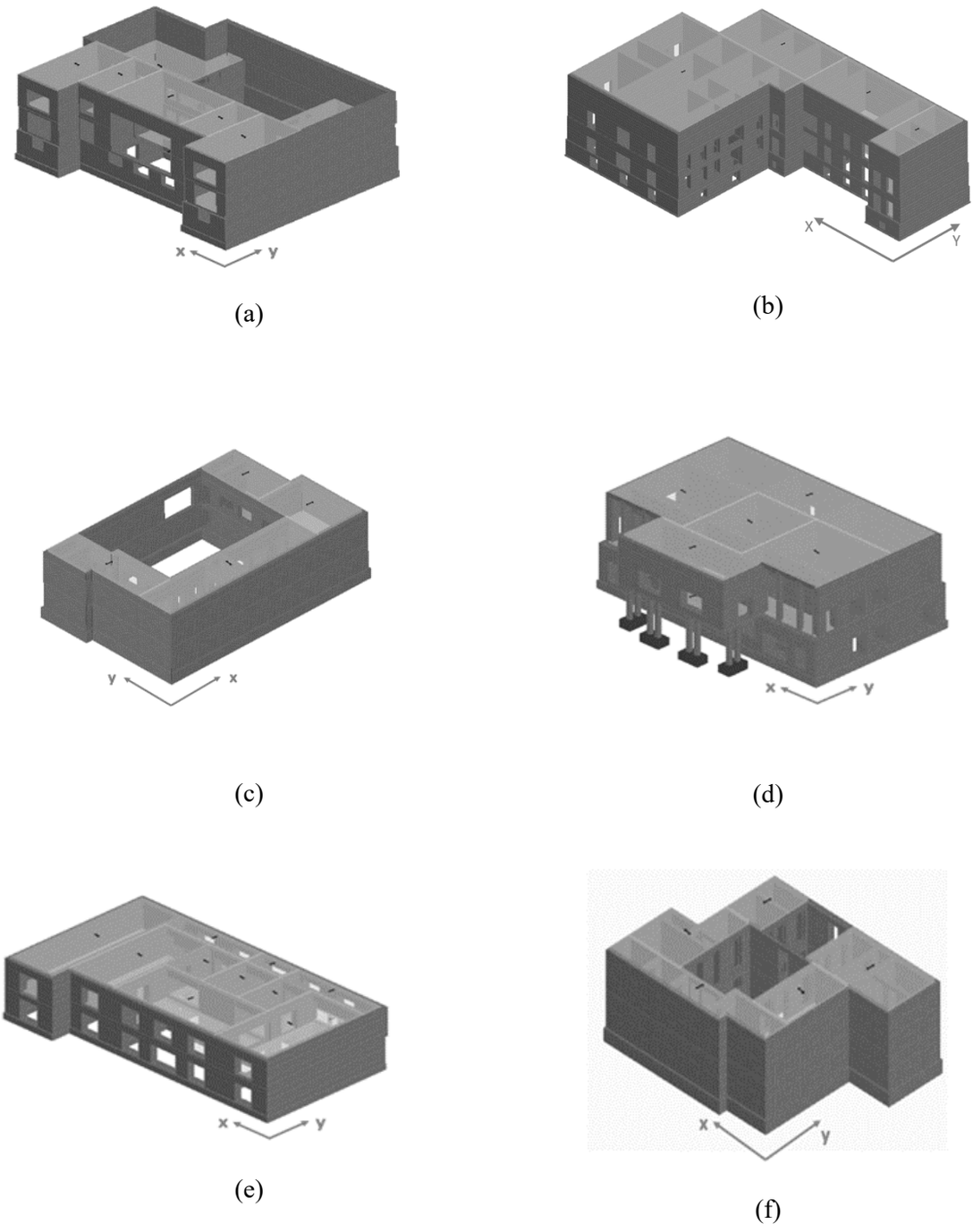


Fig. 2. Three-dimensional view of the structural-element model. (a) Behnam house, (b) Ganjehizade house, (c) Nafisi house, (d) Kalantar house, (e) Sharbat Oghli house, (f) Ali Monsieur house.

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

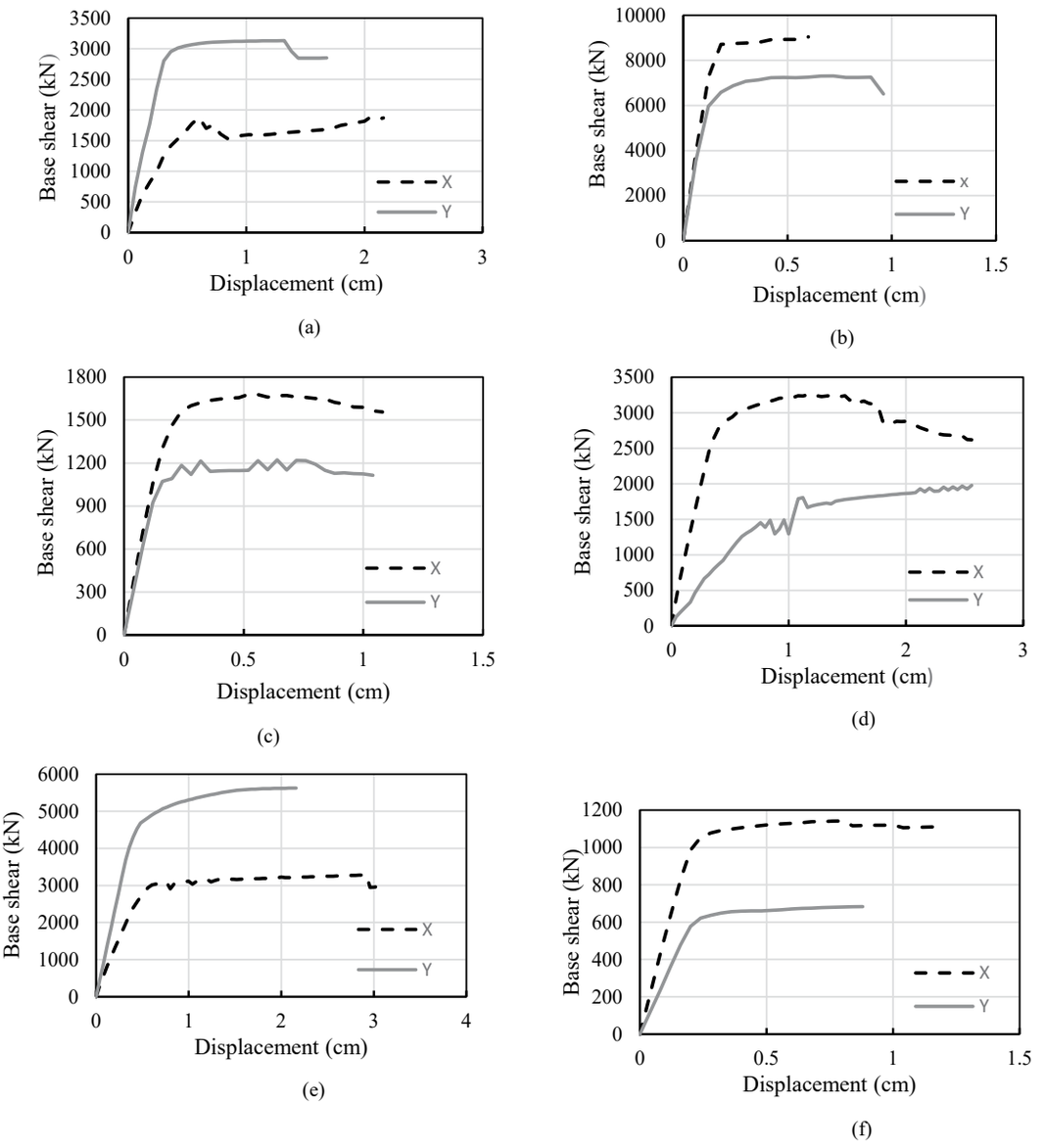


Fig3. Comparison of nonlinear responses of the case studies: (a)Behnam house, (b) Ganjehizade house, (c) Nafisi house, (d) Kalantar house, (e) Sharbat Oghli house, (f) Ali Monsieur house

Conclusion

Six historical houses from the Qajar era in Tabriz were analyzed to emphasize the need for seismic safety guidelines for historical buildings. The buildings were evaluated using Italian seismic guidelines. Initially, the first-level mechanical equations revealed that all buildings had a seismic safety index below one, indicating they were unsafe. A third-level analysis using Muri3 software confirmed that the houses lacked sufficient seismic safety. The stiffness of the buildings, except for one house, remained nearly linear until collapse. The Ganjehizade House exhibited the highest lateral resistance, while the Ali Mousier House exhibited the lowest. Based on these results, interventions such as soil mechanics studies, continuous maintenance, and wall reinforcement are recommended. The third-level results validated the first-level analysis but showed that the third-level safety index is higher, confirming the conservativeness of the first-level method. However, the two methods are not interchangeable.

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، ۱۴۰۲؛ ۸ (۲) :۳۶-۱۹

فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی

DOI : https://dx.doi.org/10.61186/ciauj.8.2.19

مقاله پژوهشی

دسترسی آزاد

ارزیابی ایمنی لرزه ای بناهای بنایی تاریخی ایران کاربرد در دوره قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰

سمیه غلامی[۱]، فرهاد آخوندی[۲]*، سید جعفر هاشمی[۳]، پائولو بی لورنسو[۴]

۱. کارشناسی‌ارشد استحکام‌بخشی بناهای تاریخی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۲. دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
۴. استاد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه مینهو، گیماریش، پرتغال

دریافت : ۱۴۰۲/۷/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۹

چکیده

شهر تبریز بر روی یک گسل تکتونیکی بزرگ و فعال واقع شده است که متعلق به سیستم پیچیده‌ای است که گسل آناتولی شمالی در ترکیه را به گسل البرز در ایران متصل می‌کند. امروزه بیش از ۶۰۰ ساختمان تاریخی در تبریز شناسایی شده است که نیاز به تحلیل لرزه ای و حفاظت دارند. با توجه به عدم وجود دستورالعمل‌های مربوط به بناهای تاریخی، ارزیابی ایمنی لرزه‌ای این بناها به تاخیر افتاده است. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه ارزیابی ایمنی لرزه‌ای ساختمان‌های تاریخی با استفاده از دستورالعمل‌های ایتالیایی است و نشان می‌دهد که این رویکرد تایید می‌کند که اساس یک ارزیابی درست براساس روش های علمی و محاسباتی می باشد. شش بنای تاریخی مربوط به دوره قاجار، به عنوان نمونه موردی انتخاب شدند. آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های مذکور با استفاده از دو سطح ارزیابی مختلف معرفی شده در دستورالعمل‌های ایتالیایی در مورد میراث فرهنگی شامل محاسبات دستی که با استفاده از روش‌های مکانیکی انجام می‌شوند و تحلیل عددی بناها که با استفاده از نرم افزار انجام می‌شوند، مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این، کارایی و دقت روش مکانیکی ارائه شده در سطح یک در ارزیابی ایمنی لرزه‌ای در مقایسه با نتایج تحلیل عددی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمان های مورد بررسی به عنوان نمونه های انتخاب شده از میان خانه های تاریخی تبریز است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که روش‌های ارزیابی بکار گرفته شده جایگزین یکدیگر نیستند، بلکه متعلق به دو سطح مختلف ارزیابی هستند، که قابل مقایسه هستند و سطح اول رویکرد محافظه کارانه ای را در نظر میگیرد.

واژگان کلیدی

ارزیابی ایمنی، خانه تاریخی، گایدلاین ایتالیا، تحلیل غیر خطی.

* – نویسنده مسئول مکاتبات: f.akhoundi@tabriziau.ac.ir

©2024 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

۱. مقدمه

ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ–هیمالیا در طول تاریخ در معرض زلزله‌های شدید و ویرانگر بوده‌است (Biglari, D'Amato, & Formisano, 2021). این کشور یک تمدن باستانی است که آثار و بناهای تاریخی زیادی دارد. تبریز چهارمین شهر بزرگ ایران است و حدود ۱٫۴ میلیون نفر جمعیت دارد. این شهر بر روی یک گسل زمین ساختی بزرگ و فعال قرار دارد که متعلق به سیستم پیچیده‌ای است که گسل آناتولی شمالی در ترکیه را به البرز در ایران متصل می‌کند. سوابق لرزه نگاری تاریخی تبریز نشان می‌دهد این شهر تاکنون چندین زلزله ویرانگر را تجربه کرده است.

خطر لرزه‌ای بالا در تبریز لزوم ارزیابی لرزه‌ای بناهای تاریخی را توجیه می‌کند. یتالیا تنها کشوری است که تاکنون توانسته‌است دستورالعملی جهت ارزیابی ایمنی بناهای تاریخی تنظیم نماید (DPCM, 2005, 2011). این دستورالعمل رویکرد جدیدی را برای ارزیابی ایمنی لرزه‌ای از طریق یک روش چند سطحی معرفی می‌کند. DPCM فرآیند ارزیابی را بسته به اهداف انجام می‌دهد و شامل سه سطح ارزیابی است که به شرح زیر تعریف می شود:

• سطح ۱ (LV1): تجزیه و تحلیل کیفی و ارزیابی با مدل های مکانیکی ساده شده،

• سطح ۲ (LV2): ارزیابی لرزه‌ای به منظور انجام مداخلات محلی در ساختمان،

• سطح ۳ (LV3): ارزیابی کلی پاسخ لرزه‌ای ساختمان.

ایمنی لرزه‌ای برای هر سطح توسط شاخصی که مقایسه بین تقاضای لرزه ای مورد انتظار و ظرفیت لرزه ای را خلاصه می‌کند، ارزیابی می‌شود. شایان ذکر است که LV1 و LV3 به ترتیب مبتنی بر مدل‌های کلی ساده و دقیق هستند که هر دو با اثر ترکیبی دیافراگم‌های کف و پاسخ درون صفحه دیوارهای سازه نشان داده می‌شوند، بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آنها قابل مقایسه هستند.

در پژوهش حاضر، شش خانه تاریخی ساخته شده در دوره قاجاریه (۱۳۰۴–۱۱۷۵) در تبریز برای بحث در مورد خطر لرزه‌ای انتخاب شده است که شامل بهنام، گنجه‌ای زاده، نفیسی، علی مسیو، شربت اوغلی و کلانتر می‌شود. این ساختمان‌ها بر اساس دستورالعمل‌های ایتالیایی در مورد میراث فرهنگی (DPCM, 2005, 2011)(DPCM) برای وضعیت حد نهایی، یعنی زلزله‌هایی با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله (یا احتمال ۱۰ درصد تجاوز در ۵۰ سال) ارزیابی شده‌اند. همچنین میزان اعتبار رویکرد استفاده شده در سطح یک این ارزیابی نیز مورد بحث قرار گرفته است.

۲. نمونه های مورد مطالعه

در حال حاضر تعداد زیادی ساختمان بنایی تاریخی در بخش مرکزی تبریز شناسایی شده‌است. دیوارهای باربر اغلب این خانه ها از آجر سفالی ۲۰×۲۰×۴ سانتی متر و ملات آهک ساخته شده‌است. شش خانه بنایی تاریخی شهر تبریز شامل خانه‌های بهنام، گنجه‌ای زاده، نفیسی، علی مسیو، شربت اوغلی و کلانتر انتخاب شده (شکل ۱و۲) و در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.اطلاعات مربوط به خصوصیات مکانیکی این بناها از مطالعات پیشین (Aminifar, Akhoundi, & Lourenço, 2022) و همچنین کد (code360, 2013)۳۶۰ استخراج شده است (جدول۱).

جدول۱ خصوصیات مکانیکی مصالح بنایی دیوارهای باربر و ستون های بناهای مورد مطالعه

Buildings	Material	f_m N/) (mm²	τ_0 N/) (mm²	E N/) (mm²
بهنام	آجری	۲/۳	۰/۰۹	920
گنجه ای زاده	آجری	۱/۷۲	۰/۰۹	1966
نفیسی	آجری	۰/۸۱	۰/۰۹	1179
کلانتر	آجری	۱/۳۶	۰/۰۹	1276
شربت اوغلی	آجری	۲/۳	۰/۰۹	920
علی مسیو	آجری	۲/۳	۰/۰۹	920

توجه

f_m : مقاومت فشاری

τ_0 : مقاومت برشی

E : مدول الاستیسیته

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

(الف)

(ب)

(پ)

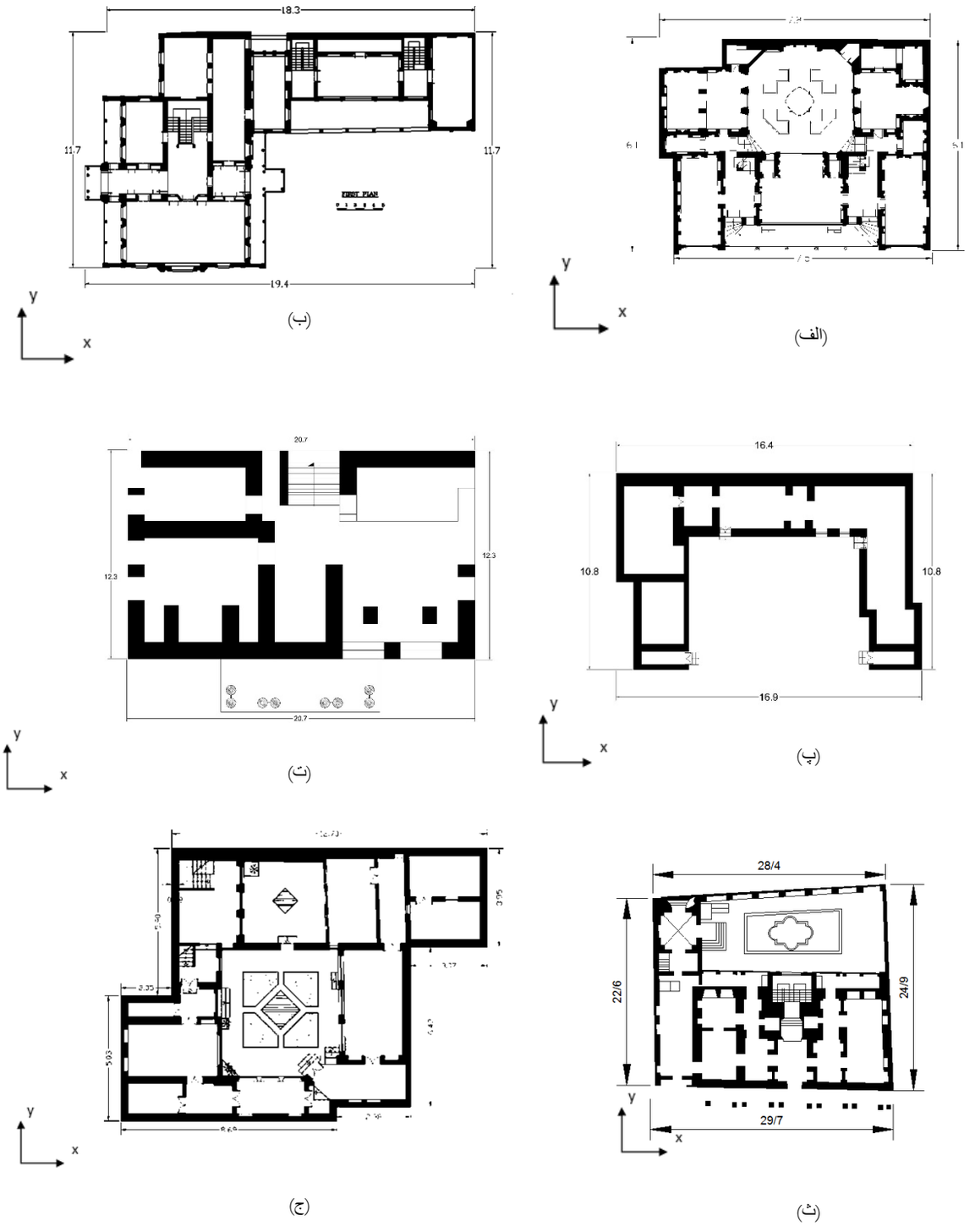
(ت)

(ث)

(ج)

شکل۱: تصایر خانه های مورد مطالعه:آلف) بهنام، ب)گنجه ای زاده، پ) نفیسی، ت) کلانتر، ث)شربت‌اوغلی، ج)علی‌مسیو

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]



شکل۱:پلان خانه های مورد مطالعه:آلف) بهنام، ب)گنجه ای زاده، پ) نفیسی، ت) کلانتر، ث)شربت‌اوغلی، ج)علی‌مسیو

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

۳. پارامترهای لرزه‌ای

آیین نامه زلزله ایران–استاندارد۲۸۰۰ (IRSt2800) کشور را به چهار ناحیه لرزه خیز طبقه بندی می‌کند که با سطوح خطر متفاوت مشخص می‌شود. مناطق ۱ تا ۴ به ترتیب با خطرات لرزه‌ای بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم مطابقت دارند. طبق این پهنه بندی، تبریز متعلق به منطقه ۴ با خطر بسیار بالایی از خطر لرزه‌ای است. و شتاب اوج زمین در حالت حد نهایی (PGA) 0.35g می‌باشد.

٤. روش کار

هدف روش ساده شده سطح یک ارائه شده توسط DPCM (DPCM2005،2011) ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سرزمینی ساختمان‌ها است. این رویکرد جهت ارزیابی نیروهای جانبی سازه‌ها با استفاده از مجموعه کوچکی از ویژگی‌های هندسی و مکانیکی (و همچنین ابزارهای کیفی مانند آزمایش‌های بصری، ویژگی‌های ساخت و بررسی چینه‌شناسی) طراحی شده‌است. در نتیجه، هدف اصلی این روش ارائه رتبه بندی وضعیت ایمنی بناهای مورد بررسی به منظور تأکید بر ضرورت تحلیل‌های عمیق‌تر با استفاده از روش های ارائه شده در سطح دو و سه است.

جدول ۲ نتایج بررسی‌های حاصل از سطح اول را ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که ساختمان‌های مورد مطالعه در شرایط بحرانی هستند. همانطور که مشاهده می‌شود، شاخص ایمنی لرزه‌ای (Is) ساختمان‌ها کمتر از ۱ است.

تحلیل عددی ساختمان بر اساس سطح سوم دستورالعمل ایتالیایی توسط نرم‌افزار (Muri3.S.T.A.2018) انجام شده‌است(شکل ۳). Muri ۳نرم افزاری برای تحلیل لرزه‌ای سازه‌های بنایی وکامپوزیت است که در ایتالیا توسعه یافته‌است، که از رویکرد تحلیل مبتنی بر جابجایی استفاده می‌کند و کل نیروی افقی مورد نیاز برای حرکت ساختمان به سمت جابجایی هدف را تعیین می‌کند. جدول۳و شکل۴ نتایج بدترین شرایط بارگذاری را در دو جهت x و y نشان می‌دهند، دو توزیع بار مختلف در نظر گرفته‌شده‌است. بار یکنواخت متناسب با توده‌های کف توزیع می‌شود و نیروی استاتیکی متناسب با حالت اول خطی سازه است، در این جدول α معادل Is (شاخص ایمنی لرزه‌ای) است.

۵. مقایسه نتایج دو سطح ارزیابی

نتایج حاصل از ارزیابی لرزه‌ای سطوح ارزیابی اول و سوم برای هر خانه مقایسه شد(جدول۴). بر اساس نتایج حتی پس از محاسبه رفتار غیرخطی و ظرفیت جابجایی، جهت ضعیف هر ساختمان در هرو روش یکسان است. با توجه به رابطه ظرفیت/تقاضا در رابطه با PGA مرتبط با دستیابی به SLU، مشاهده می‌شود که برای همه بناها، مقدار شاخص ایمنی لرزه ای محاسبه‌شده توسط سطح اول ارزیابی کوچک‌تر از مقدار بدست‌آمده از طریق سطح سوم است.

٦. نتیجه گیری

شش خانه تاریخی مربوط به دوره قاجار به منظور تاکید بر نیاز به توسعه دستورالعمل در مورد ساختمان های تاریخی مورد بررسی قرار گرفتند. بناها از بافت تاریخی شهر تبریز انتخاب شدند و بر اساس دستورالعمل‌های ایتالیا مورد تحلیل لرزه‌ای قرار گرفتند. ابتدا شاخص ایمنی لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس معادلات مکانیکی سطح اول محاسبه شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های ایمنی لرزه‌ای تمام بناهای کمتر از یک بود و وضعیت ناایمن داشتند. برای تعیین شاخص ایمنی لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس سطح سوم تحلیل بار افزون در نرم افزار Muri3 انجام شد. بر اساس نتایج، خانه‌های مذکور دارای ایمنی لرزه‌ای ناکافی بودند. همچنین، مشخص شد که سختی در نمودارهای بارافزون تمام بناها بجز جهت y خانه کلانتر تقریبا تا زمان فروپاشی خطی بوده‌است. بر اساس نتایج نمودار بارافزون، حداکثر مقاومت جانبی در هر دو راستای x و y، مربوط به خانه تاریخی گنجه‌ای‌زاده و حداقل مقاومت جانبی در جهات x و y مربوط به خانه تاریخی علی موسیو می‌باشد. بنابراین، مداخلات تقویتی پیشگیرانه، از طریق مطالعات کامل مکانیک خاک، حفاظت و نگهداری مستمر و مداوم، و افزایش طول دیوارها در راستای ضعیف باید مورد توجه قرارگیرد. به‌طورکلی، نتایج سطح سوم شاخص‌های ایمنی لرزه‌ای سطح اول را تایید می‌کند که سازگاری دو روش را نشان میدهد. شاخص‌های ایمنی سطح سوم بیشتر از شاخص‌های ایمنی سطح اول هستند که نشان دهنده محافظه کار بودن سطح اول است. با این حال، لازم به تاکید است که این دو روش قابل جایگزینی با یکدیگر نیستند.

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

جدول۲. پارامترهای حاصل از سطح اول ارزیابی

خانه	وزن موثر لرزه‌ای (kg)	پریود سازه T	درصد جرم مشارکت کننده *e	ضریب رفتار سازه q	ضریب تقویت سازه C_T	شاخص ایمنی لرزه ای I_s	مقاومت برشی بنا F_{SLU} (KN)	
							x	y
بهنام	۱۷۰۴۷۰۰	۰/۲۸۱	۰/۸۵	۳	**۲/۵**	۰/۲۴۰	۱۸۷۲	۳۴۹۵
گنجه‌ای زاده	۲۵۷۷۶۰۰	۰/۳۱۰	۰/۸۵	۳	**۲/۵**	۰/۲۷۸	۲۹۱۹	۲۴۵۴
نفیسی	۱۹۷۱۰۰	۰/۱۵۴	۰/۸۹	۳	**۲/۵**	۰/۵۷۶	۶۳۳	۴۰۵
کلانتر	۷۷۴۲۰۰	۰/۲۳۵	۰/۸۹	۳	**۲/۵**	۰/۴۷۴	۱۹۵۰	۱۳۷۰
شربت اوغلی	۱۳۸۴۱۰۰	۰/۲۱۷	۰/۸۹	۳	**۲/۵**	۰/۵۳۸	۲۶۶۱	۴۱۰۲
علی مسیو	۲۳۱۵۰۰	۰/۱۵۹	۰/۸۹	۳	**۲/۵**	۰/۶۳۳	۹۳۴	۵۲۴

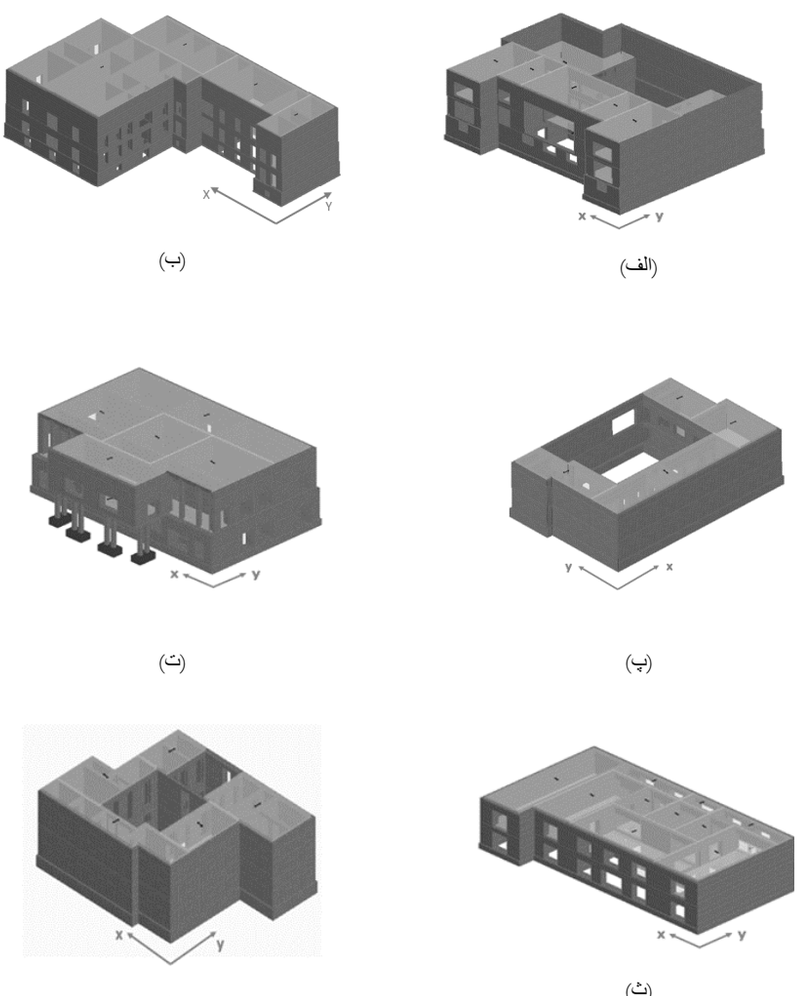
جدول ۳نتایج مربوط به بدترین شرایط بارگذاری ناشی از تحلیل LV3

خانه	جهت	بارتوزیع شده	q_u	α
بهنام	**X-**	بار استاتیکی	۶/۵۶	۰/۳۷۳
	Y+	یکنواخت	۰/۱۴	۱۸/۵۹
گنجه‌ای‌زاده	**X-**	یکنواخت	۲/۸۶	۰/۷۴۲
	Y+	بار استاتیکی	۳/۶۸	۰/۷۳۸
نفیسی	**X+**	بار استاتیکی	۳/۶۱	۰/۸۲۱
	Y-	بار استاتیکی	۵/۱۱	۰/۶۹۳
کلانتر	**X+**	بار استاتیکی	۵/۱	۰/۷۵۸
	Y+	بار استاتیکی	۸/۰۷	۰/۵۸۲
شربت اوغلی	X+	بار استاتیکی	۵/۸۸	۰/۶۳۷
	Y+	بار استاتیکی	۳/۱۴	۰/۸۲۸
علی مسیو	**X-**	بار استاتیکی	۲/۶۲	۰/۹۵۸
	Y+	یکنواخت	۴/۷۱	۰/۷۳۳

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

جدول۴ مقایسه نتایج دو سطح ارزیابی

خانه		$\dot{\alpha}$	I_S	$(F_{SLU}\,(kN$
بهنام	سطح۱	—	۰/۲۴۰	۱۸۷۲
	سطح۳	۰/۳۷۳	—	۱۸۸۰/۲
گنجه ای زاده	سطح۱	—	۰/۲۷۸	۲۴۵۴
	سطح۳	۰/۷۳۸	—	۵۹۶۰/۴۱
نفیسی	سطح۱	—	۰/۵۷۶	۴۰۵
	سطح۳	۰/۶۹۳	—	۹۲۴/۷۶
کلانتر	سطح۱	—	۰/۴۷۶	۱۳۷۰
	سطح۳	۰/۵۸۲	—	۱۳۸۷/۴۵
شربت اوغلی	سطح۱	—	۰/۵۳۸	۲۶۶۱
	سطح۳	۰/۶۳۷	—	۲۸۲۹/۸
علی مسیو	سطح۱	—	۰/۶۳۳	۵۲۴
	سطح۳	۰/۷۳۳	—	۶۲۱/۵۱



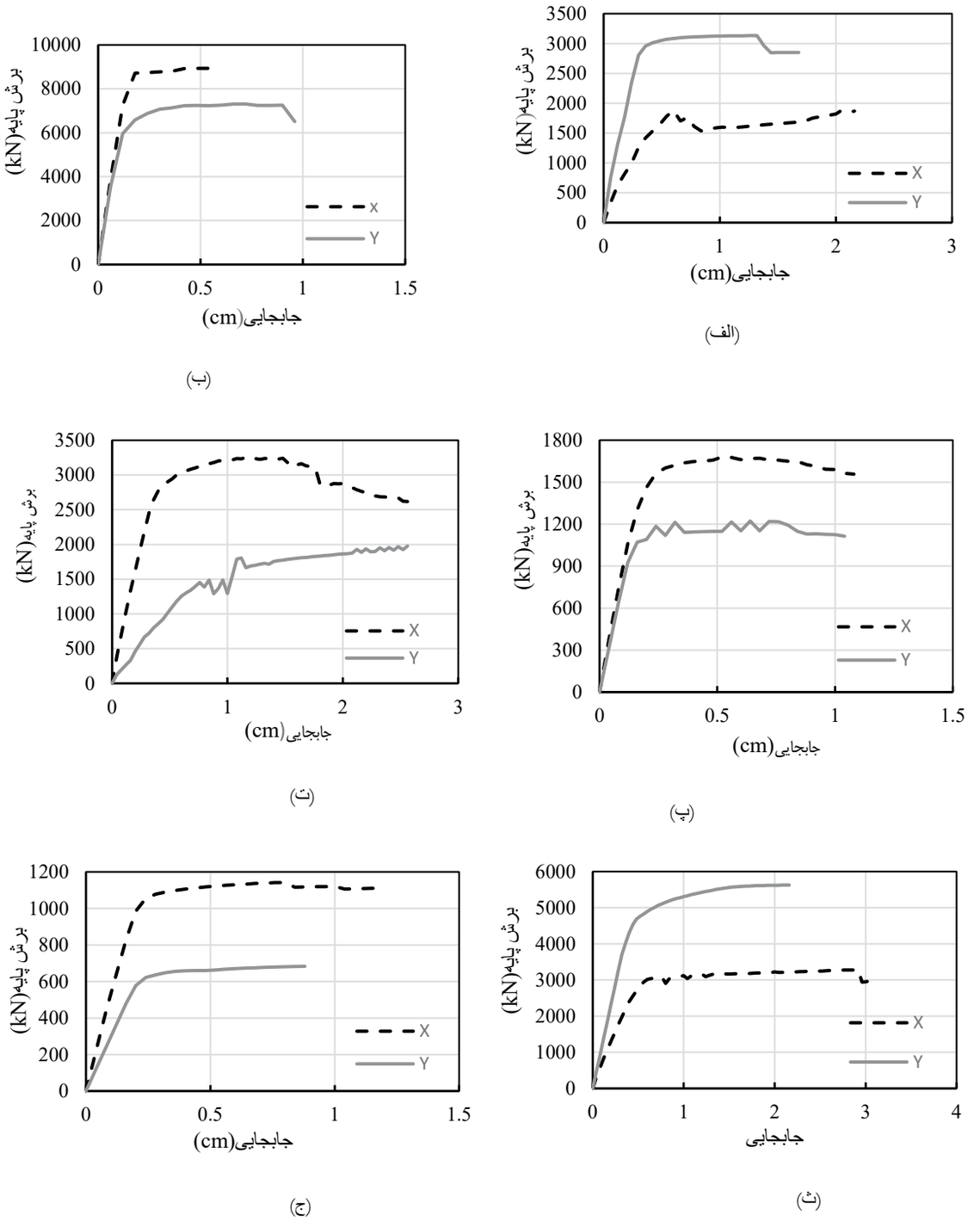
(الف) (ب)

(پ) (ت)

(ث) ج)

شکل۳ مدل سازی سه بعدی بناها:آلف) بهنام، ب)گنجه ای زاده، پ) نفیسی، ت) کلانتر، ث)شربت‌اوغلی، ج)علی‌مسیو

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]



شکل۴ مقایسه تحلیل غیرخطی بناها:آلف) بهنام، ب)گنجه ای زاده، پ) نفیسی، ت) کلانتر، ث)شربت‌اوغلی، ج)علی‌مسیو

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در مفهوم سازی و طراحی مطالعه مشارکت داشتند. مدیریت، گردآوری و تجزیه و تحلیل داده ها توسط سمیه غلامی، فرهاد آخوندی، سید جعفر هاشمی، پائولو بی لورنسو انجام شد. اولین پیش نویس نسخه خطی توسط سمیه غلامی نوشته شده است و همه نویسندگان در مورد آن اظهار نظر کرده اند. همه نویسندگان نسخه نهایی را خوانده و تایید کردند.

تضاد منافع،حمایت مالی

نویسندگان اعلام میدارند هیچگونه تضاد منافع مالی، حرفه‌ای یا شخصی مرتبط با این مقاله وجود ندارد.

دسترسی به داده‌ها و مواد

مجموعه داده‌هایی که در طول این مطالعه تحلیل شده‌اند، در صورت درخواست از نویسنده مسئول قابل دسترسی هستند. علاوه بر این، مواد استفاده شده در این مطالعه تحت توافق‌های استاندارد اشتراک‌گذاری پژوهش در دسترس خواهند بود.

منابع

References

Muri 10.9.0 - User's Manual. (S.T.A.2018). ., S. T. A. D. s. [Mobile application software]

Aminifar, E., Akhoundi, F., & Lourenço, P. B. (2022). Verification of Mechanical Properties of Historical Brick Masonry Walls with Masonry Quality Index Method in Iran. International journal of architectural heritage, 1-11. doi:https://doi.org/10.1080/15583058.2022.2089072

Biglari, M., D'Amato, M., & Formisano, A. (2021). Rapid seismic vulnerability and risk assessment of Kermanshah historic mosques. The Open Civil Engineering Journal, 15(1), 135-148. doi:http://dx.doi.org/10.2174/1874149502115010135

Code360. (2013). the guidelines for improving seismic performance of existing buildings In: Deputy for strategic supervision of technical system affairs.[in persian]

Dpcm. (2005). Evaluation and reduction of seismic risk of cultural heritage with reference to the Technical Standards for Constructions promulgated by the Ministry of Infrastructure and Transport

Dpcm. (2011). Evaluation and reduction of seismic risk of cultural heritage with reference to the Technical Standards for Constructions promulgated by the Ministry of Infrastructure and Transport on 2003.

IRSt2800. Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings,4th Revision, . In Building and Housing Research Center, Tehran, IRAN, 2015.[in persian]

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود نشریه شماره ۳۶۰(۱۳۹۲)، معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی

آیین نامه۲۸۰۰، آیینامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله(ویرایش۴)،مرکز تحقیقات ره مسکن و شهرسازی، تهران، ایران ۱۳۹۳

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]

This page is intentionally rendered without text

این صفحه آگاهانه بدون متن ارائه شده است

[DOI: 10.61186/ciauj.8.2.19]