

گونه‌شناسی و تحلیل پایداری لرزه‌ای طاق‌های شهر تاریخی ماسوله*

سعید حسن پور لمر^۱ - احد نژاد ابراهیمی^۲ - حسن ستاری ساربانقلی^{۳*} - علی وندشعاری^۴

۱. دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
۲. استاد گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
۳. دانشیار گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول).
۴. دانشیار گروه فرش، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۹/۰۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

چکیده

طاق‌ها از کارآمدترین ابداعاتی هستند که معماران برای پوشش سقف‌ها، دهانه‌های وسیع و همچنین به‌عنوان عناصر تزئیناتی در بناهای مختلف از آن‌ها بهره برده‌اند. هدف پژوهش، گونه‌شناسی و نحوه عملکرد طاق‌های شهر تاریخی ماسوله در هنگام وقوع زلزله است. سؤالات پژوهش بدین شرح است: در معماری شهر تاریخی ماسوله از چندین گونه مختلف طاق استفاده شده است؟ کدام یک از طاق‌های ماسوله در هنگام وقوع زلزله از عملکرد سازه‌ای مناسب‌تری برخوردار هستند؟ روش تحقیق، به‌صورت مطالعات میدانی است و جهت تحلیل مقاومت زلزله‌ای طاق‌های ماسوله از نرم‌افزار المان محدود آباکوس ۲۰۲۲ و اطلاعات زلزله‌های شهرهای؛ بم (سال ۱۳۸۲)، رودبار منجیل (سال ۱۳۶۹) و طبس (سال ۱۳۵۷) استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن است؛ شهر تاریخی ماسوله دارای ۱۹ طاق است و طاق‌های پنج‌او هفت تند و کند رایج‌ترین گونه‌های طاق هستند. روش ساخت طاق به‌صورت رومی رایج‌ترین روشی است که در معماری ماسوله به‌کار گرفته شده است. نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن است؛ ۷۸ درصد از طاق‌های ماسوله دارای ظرفیت مناسب سازه‌ای در برابر زلزله هستند و محله‌های کشته‌سر با ۳۷ درصد و محله خانه‌بر با ۲۱ درصد دارای بیش‌ترین طاق‌ها و محله ریحانه‌بر با ۱۰ درصد دارای کم‌ترین میزان به‌کارگیری طاق در ماسوله هستند. همچنین نتایج تحلیل‌های زلزله‌ای طاق‌های ۱۹ گانه ماسوله نشان‌دهنده آن است؛ قوس هفت‌او پنج کند که به‌صورت روش آجرچینی رومی واقع در محله اسدمحله است، دارای ضعیف‌ترین عملکرد سازه‌ای در برابر زلزله بوده است و طاق چهل‌وپنج درجه‌ای با روش ساخت رومی واقع در محله مسجدبر، دارای مناسب‌ترین عملکرد سازه‌ای در شبیه زلزله‌ای بوده است.

واژگان کلیدی: شهر تاریخی ماسوله، طاق، زلزله، معماری سنتی.

۱. مقدمه

طاق (چَفْتَه، چَفْد، چَفْت، دور یا خمیده) همواره یکی از ارزشمندترین راهکارهای هنرمندان ایران بوده است که از آن برای پوشش دهانه‌ها و ایجاد مفاهیم عرفانی در ابنیه از آن بهره جسته‌اند (Rasouli 2014, 160; Bozorgmehri) (Pirniya 1990, 202, 2006, 17; Pirniya 1973, 146; Pirniya 1990, 202). شهر تاریخی ماسوله واقع در استان گیلان دارای قدمتی بیش از ۱۰ قرن است که در سال ۱۳۵۴ در فهرست آثار ملی ایران ثبت گردیده و اکنون در مراحل ثبت سازمان جهانی یونسکو است (Hasanpour Loumer et al. 2023, 59). با توجه به آن که در ساخت ابنیه شهر تاریخی ماسوله از مصالح بوم‌آورد استفاده شده و ابنیه ماسوله در وضعیت مناسب عملکردی قرار دارند اما بیم آن می‌رود که این میراث ارزشمند در هنگام وقوع حوادث طبیعی و غیرطبیعی مورد آسیب جدی قرار گیرند، مستندنگاری و انجام پذیرفتن چنین پژوهش‌هایی می‌توانند، نحوه عملکرد عناصر معماری همچون طاق‌ها در هنگام وقوع زلزله و حفاظت مؤثر از ابنیه را در شهر تاریخی ماسوله میسر سازند.

سؤالات پژوهش بدین شرح است: در معماری شهر تاریخی ماسوله از چندین گونه مختلف طاق استفاده شده است؟ کدام‌یک از طاق‌های ماسوله در هنگام وقوع زلزله از عملکرد سازه‌ای مناسب‌تری برخوردار است؟

۲. پیشینه‌ی پژوهش

در مورد طاق‌های ایرانی تاکنون تحقیقات متنوعی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از نتایج پژوهش‌های اشاره خواهد گردید: پیرنیا ۱۳۷۳ در مقاله‌ای تحت عنوان «چفدها و طاق‌ها- چفدها» به شناسایی و معرفی طاق‌ها پرداخته است، از منظر استاد پیرنیا، چفد در تعریف هندسی خط یا شکل منحنی است و در اصطلاح معماری به باریکه طاقی که روی سر در یک درگاه قرار می‌گیرد اطلاق می‌شود. طاق به‌طور کلی به مفهوم پوشش فضای بین دیوار است و طاق‌ها بر مبنای پوشش بر دو نوع تخت و منحنی هستند. غیاث‌الدین جمشید کاشانی ۱۳۸۷ در کتاب «رساله طاق و ازج» به ترسیمات متعدد از طاق‌ها و اشکال هندسی پرداخته است. آندره گدار و یدا گدار ۱۳۹۰ در کتاب «طاق و قوس در معماری ایرانی» به مطالعه انواع طاق‌ها در معماری نقاط مختلف ایران پرداخته‌اند؛ از منظر گدار انواع طاق و قوس در معماری اسلامی و ایرانی عبارت‌اند از طاق آهنگ، طاق ترکین، طاق چهاربخش، طاق و تویزه، طاق کجاوه، طاق کاربندی. طاق در معماری اسلامی علاوه بر این که عنصری کاربردی و سازه‌ای بوده است یک عامل مهم زیبایی‌شناسی محسوب می‌گردد. نوع طاق به‌کاررفته در بنا معمولاً بر اساس اقلیم منطقه و کاربری بنا و زیبایی‌شناسی انتخاب می‌گردند. پورامینیان و همکاران ۱۳۹۱ در «بررسی پایداری لرزه‌ای

قوس‌های آجری ایرانی» (یادداشت پژوهشی) نتایج ذیل به‌دست‌آمده نشان‌دهنده آن است؛ قوس‌ها و طاق‌های سهمی باربری مناسبی نسبت به دیگر قوس‌ها و طاق‌ها دارند. مؤمنیان و تحقیقی ۱۳۹۶ در مقاله «بررسی ایمنی لرزه‌ای متداول طاق و چشمه بازار تاریخی کاشان به روش اجزای محدود» به نتایج ذیل دست‌یافته است: نتایج تحلیل استاتیکی نشان می‌دهد که طاق و چشمه مورد مطالعه در برابر بارهای ثقلی مقاوم است؛ اما نتایج تحلیل تاریخچه زمانی نشان می‌دهد که طاق و چشمه تاب مقاومت در برابر بارهای لرزه‌ای را نداشته و مقاوم‌سازی در برابر زلزله باید در طرح مرمت‌های آتی این بنای تاریخی مدنظر قرار گیرد. منصورى ۱۳۹۷ در کتاب «بررسی و شناخت انواع طاق‌ها در معماری ایران» رجبی ۱۳۹۸ در کتاب «طاق و قوس در معماری ایران (رشته معماری)» و ربیعی و همکاران ۱۳۹۹ در کتاب «کلنبو» به شناخت انواع طاق‌ها، روش‌های ترسیم و چگونگی اجزاء طاق‌ها در معماری ایرانی پرداخته‌اند. مهدی‌نژاد جمال‌الدین و همکاران ۱۴۰۰ در مقاله «یکپارچگی فرم معماری و سازه در شکل‌گیری ساختار کالبدی بناهای تاریخی با استفاده از قوس ایرانی» به نتایج ذیل دست‌یافته‌اند: درواقع معماران سنتی بدین‌صورت ماهرانه جنبه‌های سازه‌ای و فنی بنا را با استفاده از طاق‌های متشکل از قوس‌های پنج‌او هفت در راه نیل به فضایی زیبا و با کیفیت به‌خدمت گرفته‌اند و توانستند قناسی‌ها و ناموزونی‌هایی که در آرایش جرزها به‌عنوان تهدید قلمداد می‌شد را با بهره‌گیری از این نوع قوس به فرصتی جهت بروز و ظهور جنبه‌های زیبایی‌شناسانه طراحی فضا بدل کنند. فلاحی و همکاران ۱۴۰۱ در مقاله‌ای تحت عنوان «مقایسه تطبیقی طاق و گنبد تیموری با روش‌های محاسباتی در سرمشق‌های کاشانی نمونه موردی: مسجد گوهرشاد مشهد» نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن است که محاسبات و ترسیمات کاشانی فقط یک تمرین عملی نظری نبوده و او به‌درستی عملیات محاسباتی را برای خلق عناصر معماری به‌کار بسته است. همچنین رابطه میان قواعد محاسباتی سرمشق‌های کاشانی و نظام هندسی طاق و گنبد مسجد گوهرشاد تأیید می‌شود. آینه‌چی و همکاران ۱۳۹۸ در مقاله‌ای تحت عنوان «مقایسه هندسه و روش ترسیم طاق کاربندی نمونه‌های مطالعاتی کاربندی‌های زمینه ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶» به تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود در روش ترسیم کاربندی‌ها پرداخته است. نتایج نشان‌دهنده آن است تاکنون پژوهش‌های متعددی درباره انواع طاق‌های به‌کار گرفته‌شده در نقاط مختلف ایران صورت گرفته است، اما تاکنون پژوهشی درباره طاق‌های ماسوله و نحوه عملکرد طاق‌های آن در شرایط زلزله‌های مخرب ایران صورت‌نگرفته است، و انجام پذیرفتن این پژوهش می‌تواند گونه‌های متعدد طاق‌های موجود در ماسوله و نقش مهم طاق‌ها را در ایجاد پایداری سازه‌ای در ابنیه ماسوله را آشکار گرداند.

می‌نامند.

شکرگاه یا شکن‌گاه: فاصله بین پاکار و شانه طاق را

می‌نامند.

آوارگاه: به فاصله بین شانه تا محلی که طاق در اثر بار زیاد فرومی‌ریزد گفته می‌شود که تقریباً زاویه‌ای ۴۷.۵۰ درجه‌ای است (Pimiya 1993, 7).

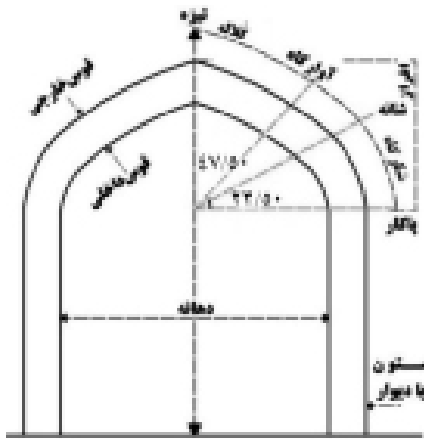
دهانه: فاصله داخلی دو ستون طرفین طاق را دهانه می‌نامند.

افراز: به فاصله قائم پاکار تا تیزه گفته می‌شود.

کلاله: فاصله بین تیزه تا محل تمام شدن آوارگاه را کلاله می‌نامند.

خیز طاق: نسبت افراز به دهانه را خیز طاق می‌نامند.

شکل ۱: اجزاء سازه‌ای طاق



(Nazar Mohammadi and Rezvan 2012, 331)

۵. معرفی طاق‌های شهر تاریخی ماسوله

شهر تاریخی ماسوله متشکل از پنج محله؛ خانه‌بر، مسجدبر، اسدمحله، کشه‌سر علیا سفلا و با مساحت تقریبی ۱۶۰۰۰ مترمربع است (Hasanpour Loumer et al. 2023b, 2; Kakouei et al. 2012, 48; Zamani-Farahani and Musa 2008, 36; Mansouri 2018, 767; Musai et al. 2013, 196; Zamani-Farahani and Musa 2008, 36; Mansouri 2018, 767; Zamani-Farahani and Musa 2008, 1234; Nasehi, Allahyari, and Zebardašt 2017, 15; Memariyan 2012, 219; Ghaffari and Mostoli Zadeh 2013, 113). ماسوله دارای ۱۹ طاق در بخش بازشوهای ورودی است که قدمت دیرینگی ساخت آن‌ها به دوره زندیه و قاجاریه بازمی‌گردد. طاق‌های ماسوله غالباً به صورت رومی و با مصالح بوم‌آورد؛ خشت خام، سنگ‌های کوه‌پایه‌ای ساخته شده‌اند. در ادامه ابتدا، مشخصات کالبدی ۱۹ طاق موجود در ماسوله که شامل تصاویر، ابعاد، اندازه، نحوه ترسیم هندسی تاق، موقعیت جغرافیایی طاق در محلات ماسوله، نوع و نام طاق در جدول ۱ ارائه می‌گردند و در گام بعدی تحلیل‌های

۳. روش پژوهش

در گام نخست، تمامی مشخصات کالبدی ۱۹ طاق موجود در ماسوله به صورت میدانی برداشت و توسط نرم‌افزار اتوکد ۲۰۲۳ ترسیم گردید. در گام بعدی، جهت مشخص شدن عملکرد سازه‌ای طاق‌ها، تمامی طاق‌های ۱۹ گانه توسط نرم‌افزار المان محدود آباکوس ۲۰۲۲ مورد ترسیم سه‌بعدی قرار گرفته است. در این نرم‌افزار جهت شبیه‌سازی عملکرد طاق‌ها از مشخصات زلزله‌های به وقوع پیوسته در ایران که شامل: زلزله بم با شدت ۶.۶ ریشتر در سال ۱۳۸۲، زلزله رودبار منجیل با شدت ۷.۴ ریشتر در سال ۱۳۶۹ و زلزله طبرس با شدت ۷.۸ ریشتر در سال ۱۳۵۷ خسارت‌های مالی و جانی بسیار فراوانی برای کشور ایران به وجود آورد، استفاده شده است و در گام آخر، نتایج تحلیل‌های آماری در غالب جداول ارائه می‌گردند.

۴. شناخت انواع طاق و عناصر تشکیل‌دهنده طاق

طاق‌ها از عناصر مهم هندسی در معماری ایرانی هستند که برای پوشش درگاه‌ها، گنبد‌ها، ایوان‌ها و رواق‌ها استفاده می‌شوند (Makki Nejad 2005, 11). ابتدایی‌ترین اشکال طاق‌ها در بناهای مصر باستان به کار گرفته شد و در دوران رم باستان و همچنین در معماری ایران به اوج خویش رسیده است (Rastegarpour 2014, 52). طاق‌ها یکی از قوی‌ترین ساختارهای هندسی هستند (Fuller 1998, 63) که برای پوشاندن سقف‌ها و سر درگاه‌ها که دارای تحمل بار فراوان را دارند به کار می‌روند، طاق علاوه بر ساختار کاربردی جنبه‌های تزئینی را دارا می‌باشند (Raeis Zadeh and Mofid 2006, 3).

۴-۱- انواع دسته‌بندی طاق‌ها


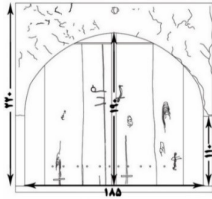
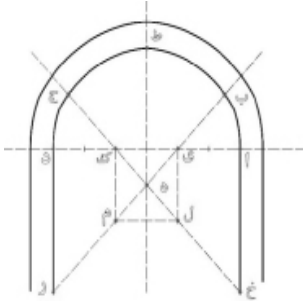

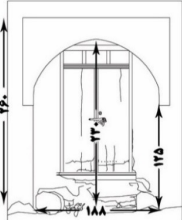
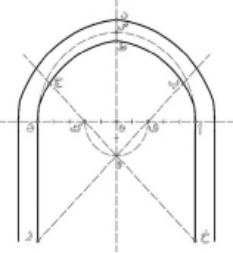
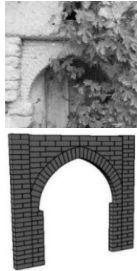
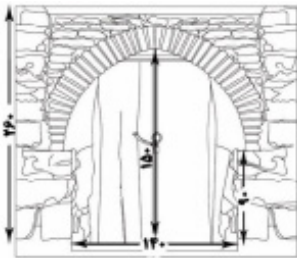
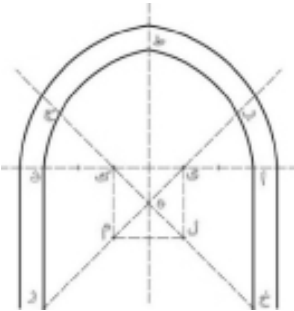
طاق‌هایی که در آثار ایران به کار رفته، بر سه دسته می‌باشند:

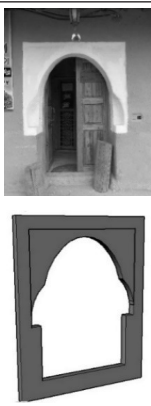
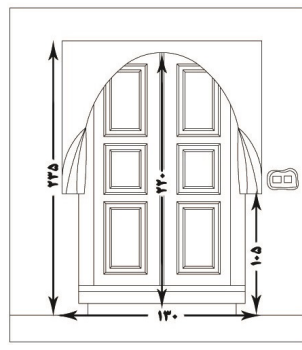
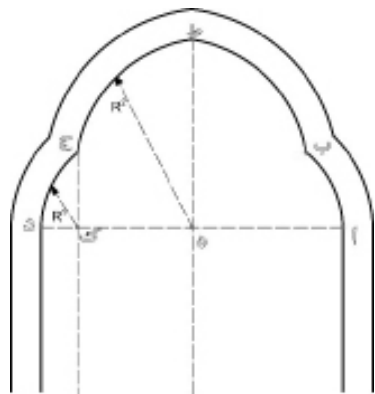
۱. طاق‌های باربر: این دسته از طاق‌ها به شکل مدور و با ارتفاع بیش‌تر از شعاع نیم‌دایره به نام انواع طاق‌های مازهدار، بیز و یا به شکل تیز که اصطلاحاً شاخ بزی گفته می‌شود مورد استفاده بوده؛ این طاق‌ها چندان زیبا نیستند، اما کاملاً باربر هستند.
 ۲. طاق‌های تیز: این طاق‌ها را اصطلاحاً شاه‌عباسی می‌گویند و در ساختمان‌های آجری کاربرد فراوانی دارند.
 ۳. طاق‌های تزئینی: این دسته از طاق‌ها فاقد باربری بوده و اغلب به شکل زینتی در نماسازی به کار گرفته می‌شود (Zomarshidi 2010, 28) و در دهانه‌های کوچک اجرا می‌گردند (Kiyani 2012, 398).
- پاکار:** محلی از ستون که طاق از آن‌جا آغاز می‌شود، پاکار می‌نامند.

شانه: محلی از طاق را که در اثر بار زیاد ترک برمی‌دارد، شانه طاق می‌گویند و زاویه آن تقریباً ۲۲.۵۰ درجه است. **تیزه:** محل برخورد دو نیمه‌طاق به یکدیگر را تیزه

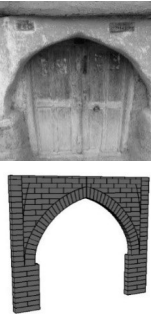
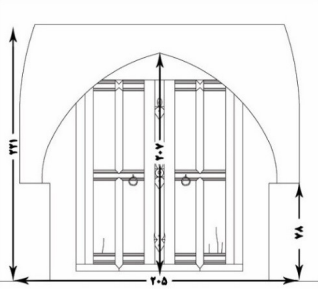
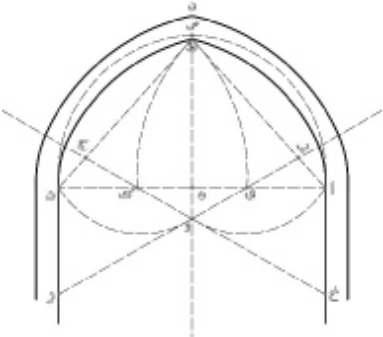
شبیه‌سازی عملکرد طاق‌های ماسوله با مشخصات زلزله‌ای شهرهای رودبار منجیل، بم و طبس ارائه خواهند گردید.

جدول ۱: مشخصات کالبدی طاق‌های شهر تاریخی ماسوله

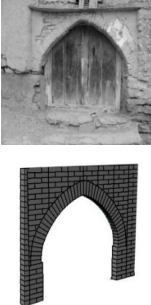
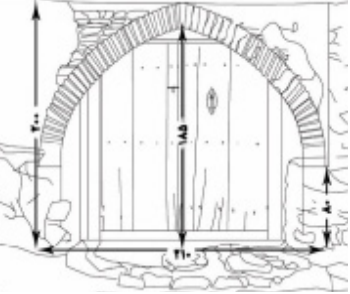
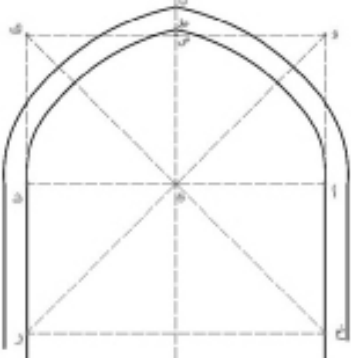
ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱			
<p>نام محله، وضعیت بنا</p> <p>اسدمحله <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب شده</p>			
<p>نام طاق و روش اجرای طاق</p> <p>طاق سه‌قسمتی کند <input checked="" type="checkbox"/> ضربی <input type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی</p>			
<p>نوع طاق</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....</p>			
۲			
<p>نام محله، وضعیت بنا</p> <p>اسدمحله <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب شده</p>			
<p>نام طاق و روش اجرای طاق</p> <p>هفت او پنج کند <input checked="" type="checkbox"/> ضربی <input type="checkbox"/> رومی <input checked="" type="checkbox"/> بتنی</p>			
<p>نوع طاق</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....</p>			
۳			
<p>نام محله، وضعیت بنا</p> <p>اسدمحله، <input type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input checked="" type="checkbox"/> تخریب شده</p>			
<p>نام طاق و روش اجرای طاق</p> <p>سه‌قسمتی کند <input type="checkbox"/> ضربی <input type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی</p>			
<p>نوع طاق</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....</p>			

ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۴			
نام محله، وضعیت بنا		نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق

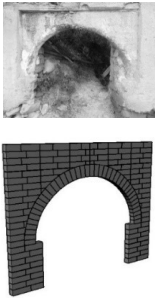
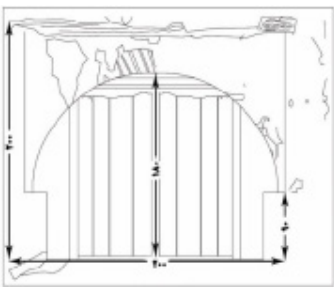
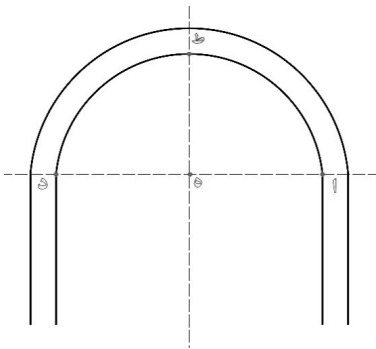
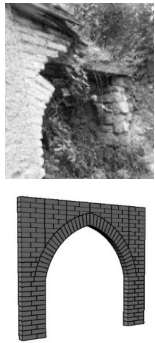
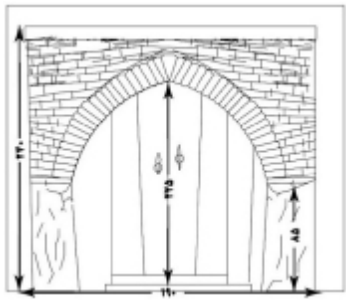
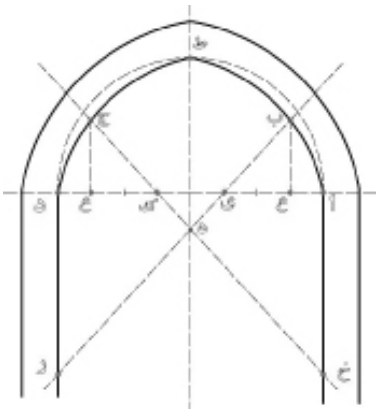
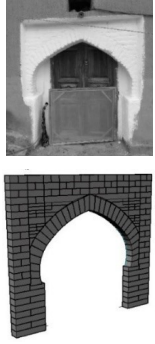
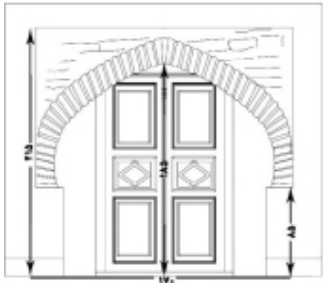
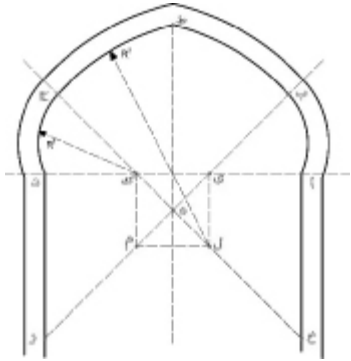
- ریحانه‌بر،
 سالم در معرض خطر جدی
 تخریب تخریب‌شده
- سه کمانه سه‌مرکزی
 رومی بتنی ضربی
- باربر.....
 تزئینی.....

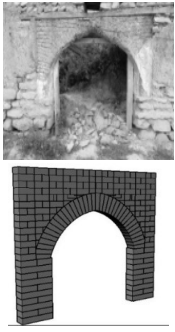
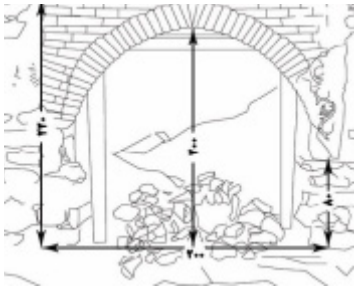
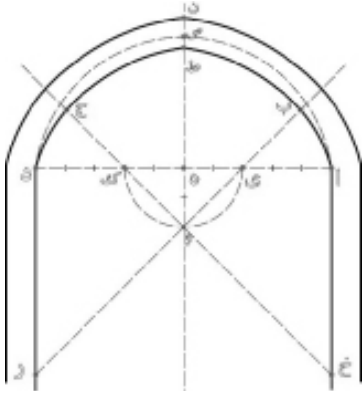
ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۵			
نام محله، وضعیت بنا		نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق

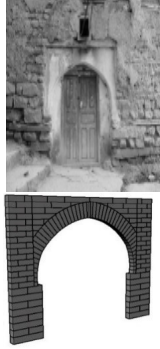
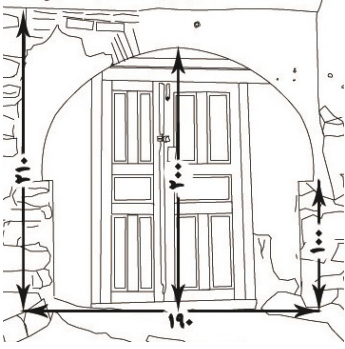
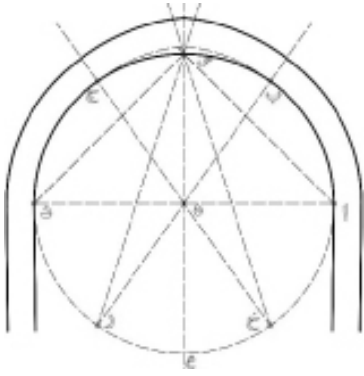
- ریحانه‌بر،
 سالم در معرض خطر جدی
 تخریب تخریب‌شده
- پنج او هفت تند
 رومی بتنی ضربی
- باربر.....
 تزئینی.....

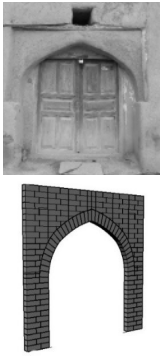
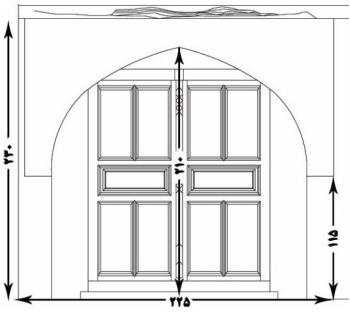
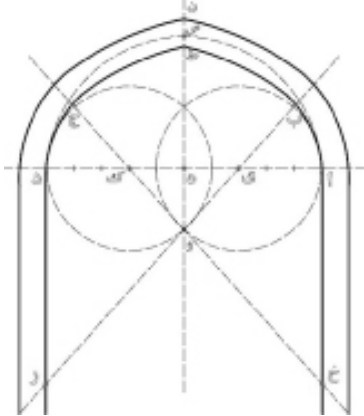
ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۶			
نام محله، وضعیت بنا		نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق

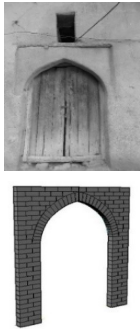
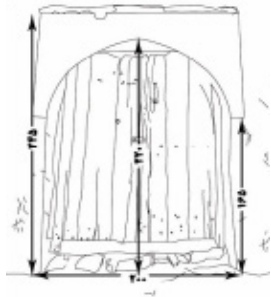
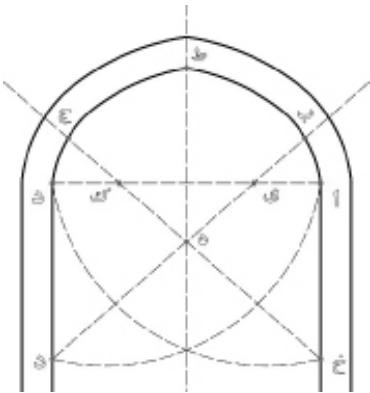
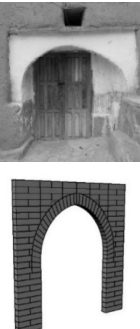
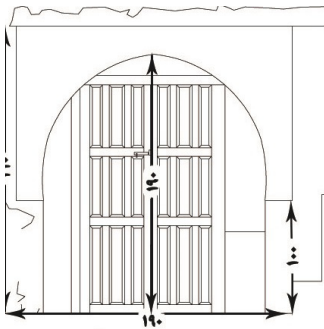
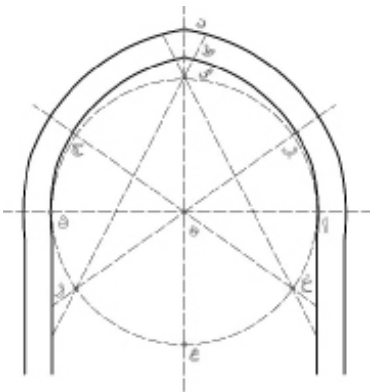
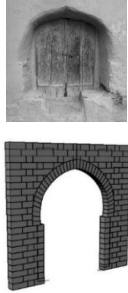
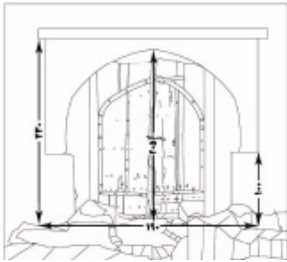
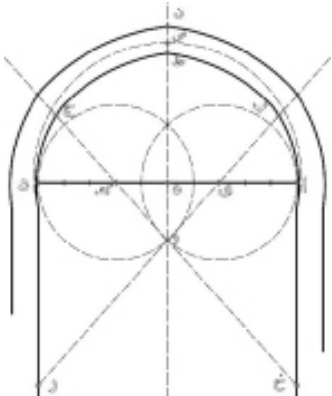
- مسجدبر،
 سالم در معرض خطر جدی
 تخریب تخریب‌شده
- چهل و پنج درجه‌ای
 رومی بتنی ضربی
- باربر.....
 تزئینی.....




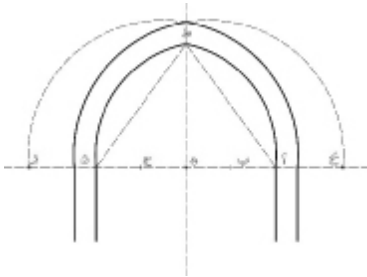


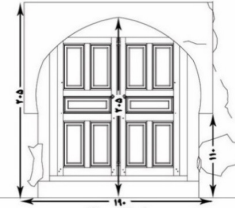
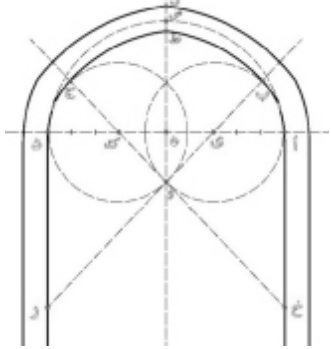



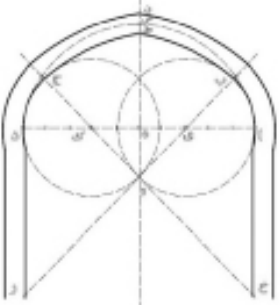
ردیف	شکل سه بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۷			
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
مسجدبر، <input type="checkbox"/> سالم <input checked="" type="checkbox"/> در معرض خطر جدی <input checked="" type="checkbox"/> تخریب شده	دور تمام <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر <input checked="" type="checkbox"/> تزئینی	
۸			
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
مسجدبر، <input type="checkbox"/> سالم <input checked="" type="checkbox"/> در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input checked="" type="checkbox"/> تخریب شده	چهار قسمتی تند <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر <input type="checkbox"/> تزئینی	
۹			
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
خانه بر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم <input type="checkbox"/> در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input type="checkbox"/> تخریب شده	سه قسمتی تند <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر <input checked="" type="checkbox"/> تزئینی	

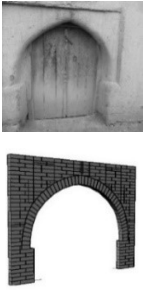
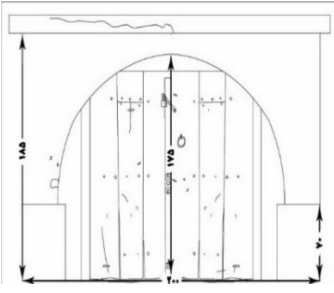
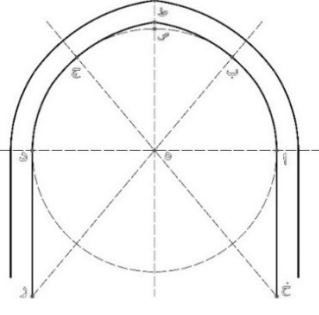
ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱۰			
نام محله، وضعیت بنا		نام طاق و روش اجرای طاق	
خانہبر، سالم <input type="checkbox"/> در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input checked="" type="checkbox"/> تخریب شده <input type="checkbox"/>		هفت او پنج کند <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input checked="" type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی <input type="checkbox"/> باربر <input checked="" type="checkbox"/> تزیینی <input type="checkbox"/>	

ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱۱			
نام محله، وضعیت بنا		نام طاق و روش اجرای طاق	
خانہبر، سالم <input checked="" type="checkbox"/> در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input type="checkbox"/> تخریب شده <input type="checkbox"/>		شبدری ساده <input type="checkbox"/> رومی <input checked="" type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی <input type="checkbox"/> باربر <input checked="" type="checkbox"/> تزیینی <input type="checkbox"/>	

ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱۲			
نام محله، وضعیت بنا		نام طاق و روش اجرای طاق	
خانہبر، سالم <input checked="" type="checkbox"/> در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input type="checkbox"/> تخریب شده <input type="checkbox"/>		پنج او هفت تند <input type="checkbox"/> رومی <input checked="" type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی <input type="checkbox"/> باربر <input checked="" type="checkbox"/> تزیینی <input type="checkbox"/>	

ردیف	شکل سه بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱۳			
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
کشه سر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input type="checkbox"/> تخریب شده	سه قسمتی تند <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input checked="" type="checkbox"/> بتنی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....	
۱۴			
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
کشه سر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input type="checkbox"/> تخریب شده	شبدری تند <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....	
۱۵			
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
کشه سر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب <input checked="" type="checkbox"/> تخریب شده	پنج او هفت تند <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....	

ردیف	شکل سه‌بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱۶	 		
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
کشه‌سر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب شده <input type="checkbox"/> تخریب	چمانه <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....	
۱۷	 		
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
کشه‌سر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب شده <input type="checkbox"/> تخریب	پنج او هفت تند <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....	
۱۸	 		
نام محله، وضعیت بنا	نام طاق و روش اجرای طاق	نوع طاق	
کشه‌سر، <input type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input checked="" type="checkbox"/> تخریب شده <input type="checkbox"/> تخریب	پنج او هفت تند <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> رومی <input type="checkbox"/> بتنی	<input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input type="checkbox"/> تزئینی.....	

ردیف	شکل سه بعدی طاق	ابعاد و اندازه طاق	تحلیل هندسی طاق
۱۹			
نام محله، وضعیت بنا			
نام طاق و روش اجرای طاق			
نوع طاق			
کشه سر، <input checked="" type="checkbox"/> سالم در معرض خطر جدی <input type="checkbox"/> تخریب شده <input checked="" type="checkbox"/> پاتوپا <input type="checkbox"/> رومی <input checked="" type="checkbox"/> بتنی <input type="checkbox"/> ضربی <input checked="" type="checkbox"/> باربر..... <input checked="" type="checkbox"/> تزئینی.....			

طیس و شهر بم، استحکامات پایداری و زلزله ای طاق های ۱۹ گانه موجود در شهر تاریخی ماسوله مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۵-۱- پارامترهای به کار گرفته شده و نتایج تحلیل زلزله ای طاق های شهر تاریخی ماسوله

در ادامه بر مبنای نرم افزار تحلیلی اجزای محدود آباکوس ۲۰۲۲ و مشخصات زلزله ای شهرهای رودبار، منجیل،

جدول ۲: توضیح علائم معیارهای به کار رفته در مدل سازی اجزای محدود طاق های ۱۹ گانه ماسوله

ردیف	واحد معیار سنجش به انگلیسی	واحد معیار سنجش به فارسی
۱	C	چسبندگی
۲	f	زاویه اصطکاک داخلی
۳	η	زاویه انبساط حجمی
۴	E	مدول الاستیسیته
۵	ρ	چگالی جرمی
۶	ν	ضریب پوواسون
۷	Load	میزان سربار ثقلی که با توجه به عرض بارگیر برای طاق ها به یک میزان فرض شده است.
۸	σ_t	مقاومت کششی مجاز مصالح
۹	σ_c	مقاومت فشاری مجاز مصالح

جدول ۳: معیارهای به کار رفته در مدل سازی اجزای محدود طاق های ۱۹ گانه ماسوله

ردیف	معیار سنجش	واحد	واحد به انگلیسی	اطلاعات
۱	C	پاسکال	Pa	1.00×10^5
۲	f	درجه	Degree	۲۰
۳	η	درجه	Degree	۱۵
۴	E	پاسکال	Pa	7.00×10^9
۵	ρ	کیلوگرم بر مترمکعب	Kg/m ³	۱۸۵۰
۶	ν	-	-	۰.۲
۷	Load	کیلو نیوتن	KN	۶۰
۸	σ_t	مگا پاسکال	Mpa	۰.۲
۹	σ_c	مگا پاسکال	Mpa	۲.۵

جدول ۴: فرضیات به کار رفته در مدل‌سازی اجزای محدود

ردیف	فرضیات در تحلیل استاتیکی
۱	طاق در پای طاق گیردار است.
۲	برای المان‌ها رفتار الاستیک خطی در نظر گرفته شده است.
۳	مصالح ایزوتوپ هستند.
۴	علاوه بر وزن خود طاق، سرباره معادل ۶۰ کیلو نیوتن به طاق وارد می‌شود.
۵	کرنش مجاز مصالح بنایی ۰.۰۰۲ در نظر گرفته شده است.

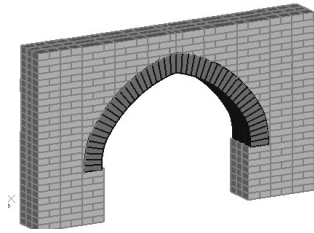
جدول ۵: نتایج خواسته شده در مدل‌سازی اجزای محدود

ردیف	نتایج خواسته شده
۱	بررسی میزان خیز کلیه طاق‌ها در شرایط بارگذاری استاتیکی یکسان
۲	بررسی میزان تنش فشاری حداکثر و مقایسه با تنش فشاری مجاز در شرایط بارگذاری استاتیکی یکسان
۳	بررسی میزان تنش کششی حداکثر و مقایسه با تنش کششی مجاز در شرایط بارگذاری استاتیکی یکسان

جدول ۶: ترتیب عملکرد طاق‌های ماسوله از منظر تغییر شکل حداکثری در زلزله (رنگ زرد: بدترین عملکرد، رنگ آبی: مناسب‌ترین طاق در برابر زلزله)

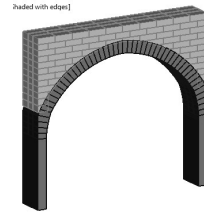
شماره طاق	بیش‌ترین تغییرات بر حسب متر	بیش‌ترین تغییرات بر حسب میلی‌متر
S۱	۵.۱۷E-۰۴	۰.۵۱۷
S۲	۵.۰۸E-۰۴	۰.۵۰۸
S۵	۳.۹۸E-۰۴	۰.۳۹۸
S۱۷	۳.۹۴E-۰۴	۰.۳۹۴
S۱۰	۳.۸۲E-۰۴	۰.۳۸۲
S۴	۳.۷۸E-۰۴	۰.۳۷۸
S۱۸	۳.۴۱E-۰۴	۰.۳۴۱
S۳	۳.۲۴E-۰۴	۰.۳۲۴
S۱۶	۳.۲۱E-۰۴	۰.۳۲۱
S۹	۳.۱۹E-۰۴	۰.۳۱۹
S۷	۲.۸۲E-۰۴	۰.۲۸۲
S۱۵	۲.۶۵E-۰۴	۰.۲۶۵
S۱۱	۲.۶۰E-۰۴	۰.۲۶۰
S۱۳	۲.۵۸E-۰۴	۰.۲۵۸
S۱۹	۲.۳۰E-۰۴	۰.۲۳۰
S۸	۲.۱۷E-۰۴	۰.۲۱۷
S۱۴	۱.۸۵E-۰۴	۰.۱۸۵
S۱۲	۱.۸۳E-۰۴	۰.۱۸۳
S۶	۱.۷۷E-۰۴	۰.۱۷۷

حداقل تغییر شکل تحت بارهای استاتیکی



طاق S۶

حداکثر تغییر شکل تحت بارهای استاتیکی

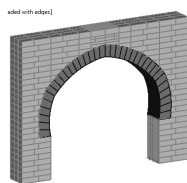


طاق S۱

جدول ۷: نحوه عملکرد طاق‌های ماسوله از منظر تنش‌های کششی در زلزله (رنگ زرد: بدترین عملکرد، رنگ آبی: مناسب‌ترین طاق در برابر زلزله)

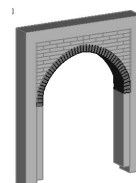
شماره طاق	Pa	MPa
	تنش (T) Stress (T)	تنش (T) Stress (T)
S۲	۱۹۴۷۰۰۰۰۰	۰.۱۹۵
S۱۷	۱۲۶۱۰۰۰۰۰	۰.۱۲۶
S۵	۱۲۱۹۰۰۰۰۰	۰.۱۲۲
S۱	۱۱۸۲۰۰۰۰۰	۰.۱۱۸
S۷	۱۰۹۴۰۰۰۰۰	۰.۱۰۹
S۴	۹۲۶۰۰۰۰۰	۰.۰۹۳
S۱۰	۸۸۸۷۰۰۰۰	۰.۰۸۹
S۳	۸۷۷۸۰۰۰۰	۰.۰۸۸
S۱۸	۸۷۴۷۰۰۰۰	۰.۰۸۷
S۱۶	۸۶۶۰۰۰۰۰	۰.۰۸۷
S۱۹	۸۰۸۹۰۰۰۰	۰.۰۸۱
S۱۵	۷۹۶۹۰۰۰۰	۰.۰۸۰
S۹	۷۱۷۹۰۰۰۰	۰.۰۷۲
S۱۱	۶۸۳۷۰۰۰۰	۰.۰۶۸
S۱۳	۶۷۹۷۰۰۰۰	۰.۰۶۸
S۸	۶۳۹۷۰۰۰۰	۰.۰۶۴
S۶	۵۲۲۱۰۰۰۰	۰.۰۵۲
S۱۲	۴۹۱۱۰۰۰۰	۰.۰۴۹
S۱۴	۴۰۹۹۰۰۰۰	۰.۰۴۱

حداقل تنش‌های کششی تحت بارهای استاتیکی



طاق S۱۴

حداکثر تنش‌های کششی تحت بارهای استاتیکی



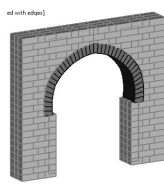
طاق S۲

جدول ۸: نحوه عملکرد طاق‌های ماسوله تحت تنش‌های فشاری در زلزله (رنگ زرد: بدترین عملکرد، رنگ آبی: مناسب‌ترین طاق در برابر زلزله)

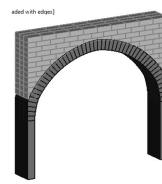
شماره طاق	Pa	MPa
	Stress (C)	Stress (C)
S1	۲۳۶۲۰۰۰۰۰	۰.۲۳۶
S2	۲۲۶۵۰۰۰۰۰	۰.۲۲۷
S4	۲۱۳۹۰۰۰۰۰	۰.۲۱۴
S18	۲۱۳۲۰۰۰۰۰	۰.۲۱۳
S5	۲۱۱۵۰۰۰۰۰	۰.۲۱۲
S17	۱۹۵۱۰۰۰۰۰	۰.۱۹۵
S8	۱۸۳۹۰۰۰۰۰	۰.۱۸۴
S16	۱۸۱۵۰۰۰۰۰	۰.۱۸۲
S7	۱۷۳۹۰۰۰۰۰	۰.۱۷۴
S13	۱۷۰۸۰۰۰۰۰	۰.۱۷۱
S19	۱۶۹۹۰۰۰۰۰	۰.۱۷۰
S10	۱۶۷۹۰۰۰۰۰	۰.۱۶۸
S3	۱۶۴۸۰۰۰۰۰	۰.۱۶۵
S9	۱۶۳۷۰۰۰۰۰	۰.۱۶۴
S15	۱۶۲۶۰۰۰۰۰	۰.۱۶۳
S11	۱۵۲۶۰۰۰۰۰	۰.۱۵۳
S6	۱۳۸۵۰۰۰۰۰	۰.۱۳۹
S14	۱۲۲۴۰۰۰۰۰	۰.۱۲۲
S12	۱۱۵۴۰۰۰۰۰	۰.۱۱۵

حداقل تنش‌های فشاری تحت بارهای استاتیکی

حداکثر تنش‌های فشاری تحت بارهای استاتیکی



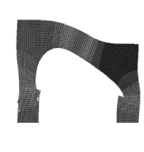
طاق S12



طاق S1





جدول ۹: بررسی میزان نوسانات افقی، عمودی طاق‌ها در دوره نوسانی تحت اثر ارتعاش آزاد

شماره طاق	زمان	تغییر در راستای محور افقی	تغییر در راستای محور عمودی	شماره طاق	زمان	تغییر در راستای محور افقی	تغییر در راستای محور عمودی
S1	دوره افقی قالب	۰.۰۹۹۶		S2	دوره افقی قالب	۰.۰۱۸۵	
	دوره عمودی قالب	۰.۰۱۷۸			دوره عمودی قالب	۰.۰۱۶۰	

شماره طاق	تغییر در راستای محور افقی	تغییر در راستای محور عمودی	شماره طاق	تغییر در راستای محور عمودی	تغییر در راستای محور افقی	زمان	شماره طاق	تغییر در راستای محور عمودی	تغییر در راستای محور افقی	زمان
S۳			S۴			دوره افقی قالب ۰.۰۸۲۱ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۷۶	S۴			دوره افقی قالب ۰.۱۱۱۰ دوره عمودی قالب ۰.۰۲۰۳
S۵			S۶			دوره افقی قالب ۰.۰۸۵۷ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۸۱	S۶			دوره افقی قالب ۰.۰۴۵۶ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۲۴
S۷			S۸			دوره افقی قالب ۰.۰۷۰۴ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۵۲	S۸			دوره افقی قالب ۰.۰۶۳۲ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۹
S۹			S۱۰			دوره افقی قالب ۰.۰۶۳۲ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۹	S۱۰			دوره افقی قالب ۰.۰۹۶۷ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۷۷
S۱۱			S۱۲			دوره افقی قالب ۰.۰۷۵۸ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۶۵	S۱۲			دوره افقی قالب ۰.۰۴۹۷ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۳۱
S۱۳			S۱۴			دوره افقی قالب ۰.۰۹۶۷ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۷۷	S۱۴			دوره افقی قالب ۰.۰۵۵۹ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۱
S۱۵			S۱۶			دوره افقی قالب ۰.۰۶۴۳ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۵	S۱۶			دوره افقی قالب ۰.۰۸۰۳ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۶۲
S۱۷			S۱۸			دوره افقی قالب ۰.۰۶۶۶ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۰	S۱۸			دوره افقی قالب ۰.۰۶۶۱ دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۸

شماره طاق	زمان	تغییر در راستای محور افقی	تغییر در راستای محور عمودی
S۱۹	دوره افقی قالب ۰.۰۶۴۳		
	دوره عمودی قالب ۰.۰۱۴۷		

جدول ۱۰: معرفی مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین طاق ماسوله در شبیه‌سازی حرکات افقی، قائم و عملکرد طاق در نوسانات تحت اثر ارتعاش آزاد زلزله

شماره طاق	زمان	تغییر در راستای محور افقی	تغییر در راستای محور عمودی	شماره طاق	بدترین زمان	تغییر در راستای محور افقی	تغییر در راستای محور عمودی
طاق S۲	دوره افقی قالب ۰.۰۱۸۵			طاق S۱	دوره افقی قالب ۰.۰۹۹۶		
مناسب‌ترین طاق از منظر مقاومت در برابر ارتعاش آزاد	دوره عمودی قالب ۰.۰۱۶۰			نامناسب‌ترین طاق از منظر مقاومت در برابر ارتعاش آزاد	دوره عمودی قالب ۰.۰۱۷۸		

جدول ۱۱: تحلیل عملکرد طاق‌های شهر تاریخی ماسوله تحت آزمایش زلزله‌های شهرهای: بم، رودبار منجیل و طبس (رنگ زرد: بدترین عملکرد، رنگ آبی: مناسب‌ترین طاق در برابر زلزله)

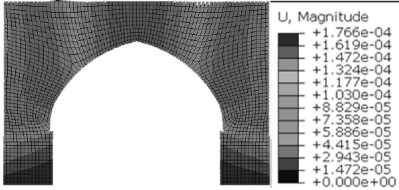

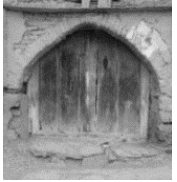
شماره طاق	زلزله بم			زلزله رودبار و منجیل		زلزله طبس
	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق
۱	۲۳.۱۷	۲۳.۱۷	۲۳.۱۷	۵.۸	۲.۶۴	۲.۶۴
۲	۲۳.۵۶	۲۳.۵۶	۲۳.۵۶	۲.۰۶	۱.۵۱	۱.۵۱
۳	۲۳.۴۲	۲۳.۴۲	۲۳.۴۲	۶.۴۱	۷.۱۲	۷.۱۲
۴	۲۳.۲۲	۲۳.۲۲	۲۳.۲۲	۲.۰۶	۲.۵۸	۲.۵۸
۵	۲۳.۳	۲۳.۳	۲۳.۳	۵.۸۳	۶.۶۵	۶.۶۵
۶	۲۴.۶۵	۲۴.۶۵	۲۴.۶۵	۶.۴۶	-	-
۷	۲۳.۴۱	۲۳.۴۱	۲۳.۴۱	۶.۴۶	۶.۶۵	۶.۶۵
۸	۲۳.۵۷	۲۳.۵۷	۲۳.۵۷	۶.۴۵	۸.۶۴	۸.۶۴
۹	۲۳.۵۷	۲۳.۵۷	۲۳.۵۷	۶.۵۶	۱۵.۹۲	۱۵.۹۲
۱۰	۲۳.۵۳	۲۳.۵۳	۲۳.۵۳	۲.۰۶	۸.۱۸	۸.۱۸
۱۱	۲۴.۲۲	۲۴.۲۲	۲۴.۲۲	۶.۴۷	۸.۳۸	۸.۳۸
۱۲	۲۴.۸۲	۲۴.۸۲	۲۴.۸۲	۶.۴۶	۱۳.۱۸	۱۳.۱۸
۱۳	۲۳.۶	۲۳.۶	۲۳.۶	۹.۸۵	-	-
۱۴	۲۴.۳۴	۲۴.۳۴	۲۴.۳۴	۱۰.۰۵	۱۱.۷	۱۱.۷
۱۵	۲۳.۵۷	۲۳.۵۷	۲۳.۵۷	۶.۴۶	۸.۶۴	۸.۶۴

شماره طاق	زلزله بم	زلزله رودبار و منجیل	زلزله طبس
	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق	لحظه شکست طاق
۱۶	۲۳.۴۲	۶.۲۵	۶.۶۵
۱۷	۲۳.۵۷	۶.۴۶	۱۱.۷
۱۸	۲۳.۶	۶.۴۶	۱۸.۳۶
۱۹	۲۳.۵۷	۶.۴۶	۶.۶۴

جدول ۱۲: معرفی مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین طاق شهر تاریخی ماسوله بر مبنای تحلیل و شبیه‌سازی‌های زلزله‌ای

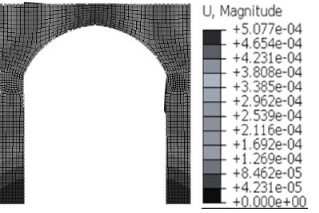
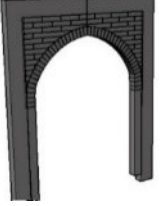

طاق شماره ۶ دارای مناسب‌ترین عملکرد در برابر زلزله‌های، بم، طبس و منجیل

طاق ۶ دارای مناسب‌ترین عملکرد و کم‌ترین میزان تغییرات شکلی در برابر بارهای استاتیکی

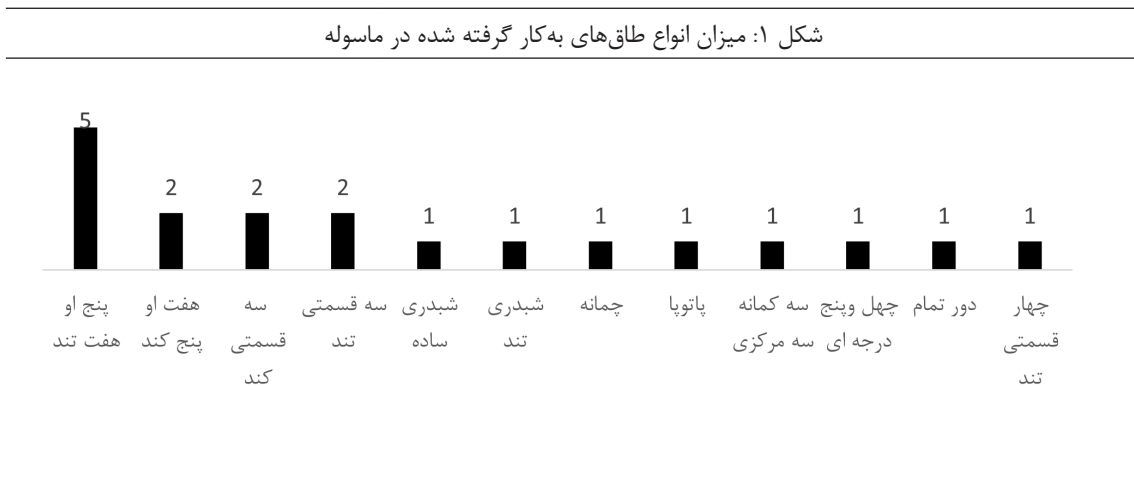
طاق شماره ۲ دارای ضعیف‌ترین عملکرد در برابر زلزله‌های، بم، طبس و منجیل

طاق شماره ۲ دارای نامناسب‌ترین عملکرد و بیش‌ترین تغییرات شکلی در برابر بارهای استاتیکی

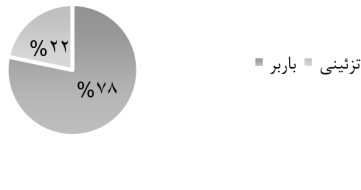




در ادامه در جدول ۱۳ در اشکال ۱ الی ۴ میزان انواع محلات مختلف و میزان طاق‌های برابر و تزئینی به کار طاق‌ها، روش‌های ساخت طاق‌ها، فراوانی طاق‌ها در گرفته شده در شهر تاریخی ماسوله ارائه می‌گردند.

جدول ۱۳: معرفی آماری طاق‌های به‌کار گرفته شده در شهر تاریخی ماسوله



شکل ۴: میزان نوع طاق باربر و تزئینی در ماسوله



شکل ۳: میزان فراوانی و نوع طاق‌ها در محلات ماسوله



شکل ۲: میزان انواع شیوه ساخت طاق در ماسوله



در ماسوله به کار گرفته شده‌اند و از این میان طاق‌های پنج و هفت تند، هفت او پنج کند بیش‌ترین میزان را به خویش اختصاص داده‌اند و طاق‌های شبدری تند و ساده دارای کم‌ترین میزان به‌کارگیری در ابنیه ماسوله هستند. به‌طور کلی در ساخت ۱۸ طاق ماسوله از خشت خام و در یک بنا که در دوران معاصر ساخته شده است از بتن استفاده شده است. غالباً روش ساخت طاق‌های ماسوله به‌صورت رومی است و محلات قدیمی ماسوله همچون کشه‌سر، خانه‌بر، اسد محله و مسجدبر دارای بیش‌ترین طاق‌ها می‌باشند. نتایج عملکردی طاق‌های ماسوله در برابر زلزله شهرهای رودبار منجیل، طیس و زلزله‌ای شهر بم نشان‌دهنده آن است که ۱۷ طاق ماسوله، از میان ۱۹ طاق توانسته‌اند شرایط پایداری و کاملاً سالم را در برابر زلزله‌های مخرب داشته باشند. همچنین تحلیل‌های زلزله‌ای نشان‌دهنده آن است؛ طاق چهل‌وپنج درجه‌ای (شماره ۶) که در محله مسجدبر با روش رومی ساخته شده است دارای بهترین عملکرد در برابر زلزله است و طاق هفت او پنج کند (شماره ۲) که در محله اسد محله قرار گرفته است دارای ضعیف‌ترین عملکرد زلزله‌ای است. در واقع نتایج به‌دست آمده از پژوهش می‌تواند گزینه‌های مناسب و ایمنی را برای ساخت ابنیه جدید در شهر تاریخی ماسوله میسر گرداند. همچنین نتایج پژوهش می‌تواند موجب حفاظت طاق‌ها و زمینه‌ساز پژوهش‌های آتی همچون، مطالعه تطبیقی طاق‌های ماسوله با سایر مناطق تاریخی ایران همچون ابیان اصفهان گردد.

۶. نتیجه‌گیری

طاق نوعی سقف قوسی شکل است که برای انتقال وزن بار عمودی به تکیه‌گاه‌ها بر یک دهانه که فاصله میان دو تکیه‌گاه ساخته می‌شوند. طاق‌ها دارای اشکال گوناگون هستند که از رایج‌ترین اشکال آن‌ها می‌توان به طاق سهمی شکل، نیم‌دایره، بیضی، تیزه‌دار و مازه‌دار اشاره کرد. قدمت به‌کارگیری از طاق در معماری به دو هزار سال پیش از میلاد و به منطقه میان‌رودان بازمی‌گردد و از کهن‌ترین طاق‌های ایرانی که در پرستشگاه چغازنبیل در ۱۳۵۰ پیش از میلاد استفاده شده است، اشاره کرد. از دیرباز معماران ایرانی بر مبنای مصالح موجود در هر اقلیم دست به ابداعات چشمگیری همچون خلق دهانه‌های بزرگ و زیبا به کمک طاق‌ها زده‌اند. معماران گیلانی به جهت اقلیم معتدل و مرطوب و فراوانی درختان؛ ابنیه خویش را از سازه‌های چوبی احداث می‌کردند. استادکاران شهر تاریخی ماسوله به جهت پیروی از اصول معماری ایرانی و بهره‌مندی از مصالح بوم‌آورد و توجه به نیازهای اقلیمی ابنیه ماسوله را با مصالح چوبی، سنگی و خشت خام احداث می‌کردند. تنوع بهره‌مندی از مصالح در ماسوله موجب شکل‌گیری و به‌کارگیری طاق‌های متعدد در این شهر تاریخی گردیده است. در مجموع، شهر ماسوله دارای ۱۹ طاق می‌باشد که از این میان: طاق‌های پنج او هفت تند، هفت او پنج کند، سه‌قسمتی کند و تند، شبدری ساده، شبدری تند، چمانه، پاتوپا، سه کمانه سه‌مرکزی، چهل‌وپنج درجه‌ای دور تمام و طاق چهارقسمتی تند

تشکر و قدردانی

این مقاله هیچ حامی مالی و معنوی نداشته است.

تعارض منافع

این مقاله فاقد هرگونه تعارض منافی است.

تاییدیه اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

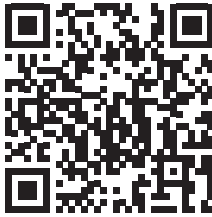
درصد مشارکت

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته‌اند.

فهرست منابع

- Aine-chi, Shahrzad, Nima Vali-Beig, and Farhad Tehrani. 2019. Comparison of Geometry and Drawing Method of Karbandi Vault Samples 10, 12, 14, 16- sided Karbandis. *Soffeh* 29(1): 73-91. doi: [10.29252/soffeh.29.1.73](https://doi.org/10.29252/soffeh.29.1.73) [in Persian]
- Bahador Nejad, Mehdi, and Alireza Dehghani. 2008. *Windward: Iran's Engineering Masterpiece*. Tehran, Iran: Yazda. [in Persian]
- Bozorgmehri, Zohreh. 2006. *Geometry in Architecture*. Tehran, Iran: Cultural Heritage Organization. [in Persian].
- Fallahi, Fatemeh, Hossein Soltan Zadeh, Saeid Mir Riyahi, and Mohammad Mehdi Raeis Samiei. 2022. Comparison of Timurid Vault and Dome Using Computational Methods of Al'Kashi Models: The Case of Goharshad Mosque, Mashhad. *Journal of Architectural Thought* 6 (12): 101-17. <https://doi.org/10.30479/at.2022.14870.1681>. [in Persian]
- Fuller, Moore. 1998. *Understanding Structures*. Chicago, Canada: McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Ghaffari, Gholam Reza, and Seyyed Ali Mostoli Zadeh. 2013. Administrative-Management System and Sustainable Socio-Cultural Development in Masouleh Tourism Sector. *Tourism Development*, 2(7): 106-25. https://tourismjournals.umz.ac.ir/article_592.html. [in Persian]
- Godar, Andre, and Yeda Godar. 2011. *Arch and Arch in Iranian Architecture*. Translated by Hamid Ghara Gozlo and Saeid Saeimi. Tehran, Iran: Modiran-Emrooz. [in Persian]
- Hasanpour Loumer, Saeid, Ahad Nejad Ebrahimi, Hassan Sattari Sarbangholi, and Ali Vand Shoari. 2023. Recognition of Girih Tiling and Ghavarebari Patterns and Motifs in Fixed Windows and Openings of Asad-Mahaleh in Masouleh. *Negarineh Islamic Art* 9(24): 58-73. <https://doi.org/10.22077/nia.2022.5652.1649>. [in Persian]
- Hasanpour Loumer, Saeid, Ahad Nejad Ebrahimi, Hassan Sattari Sarbangholi, and Ali Vand Shoari. 2023. Rereading the Components of the Desirable City for the Elderly; a Case Study of the Historical City of Masouleh. *MEJDS* 13: 57. <http://jdisabilstud.org/article-1-3144-fa.html>. [in Persian]
- Jamshid Kashani, Ghiyasadin. 2008. *Treatise on Taq and Azaj*. Tehran, Iran: Sorosh. [in Persian].
- Kakouei, Mahshid, Mina Kakouei, Kumaran Suberamanian, Sabzali Musa Kahn, Afshin Jahangirzadeh, and Shatirah Akib. 2012. Masouleh: A City; a History. *International Journal of Humanities and Social Sciences* 6(11): 2843-48. <https://publications.waset.org/11475/masouleh-a-city-a-history>.
- Kiyani, Mohammad Yousef. 2012. *Architecture of Iran during the Islamic Period*. Tehran, Iran: SAMT. [in Persian]
- Mahdi Nejad Jamal Addin, Fezeh, Ali Sharghi, and Faezeh Asad Pour. 2021. The Integration of Architectural Form and Structure in the Formation of the Physical Structure of Historical Buildings Using Iranian Arches. *Architectural Thought* 5(10). <https://doi.org/10.30479/at.2020.11225.1280>. [in Persian]
- Makki Nejad, Mahdi. 2005. *A Selection of Works by Asghar Sherbaf*. Tehran, Iran: Academy of Art. [in Persian]
- Mansouri, Rezvaneh. 2018. *Investigating and Recognizing the Types of Arches in Iranian Architecture*. Tehran, Iran: Nedaye-Kar-Afarin. [in Persian]
- Memariyan, Gholam Reza. 2012. *Acquaintance with Iranian Residential Architecture, Extroverted Typology*. Tehran, Iran: Sorosh-Danesh. [in Persian]
- Momeniyan, Mohammad Hossein, and Hossein Tahghighi. 2017. Seismic Safety Investigation of the Most Common Arch and Fountain of Kashan Historical Bazaar by Finite Element Method. *The 11th International Congress of Civil Engineering, University of Tehran*. Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/979999>. [in Persian]
- Musai, Maysam, Mohsen Mehrara, Hossienali Mahmoudian Ardakani, Fatemeh Nemati, and Marziyh Nekoolal. 2013. Factors of Travel to the Village of Masooleh in Iran. *Academic Research in Business and Social Sciences* 3: 190-200. <http://www.hrmars.com/admin/pics/1686.pdf>.
- Nasehi, Saeedeh, Hadis Allahyari, and Lobat Zebardast. 2017. Assessment of Rural Tourism Using SWOT Analysis (Case Study: Masouleh Village, Gilan, Iran). *Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT)* 3(5): 8-21. https://www.researchgate.net/publication/328492512_Assessment_of_rural_tourism_using_SWOT_analysis_Case_Study_Masouleh_village_Gilan_Iran.
- Nazar Mohammadi, Esmaeil, and Riyaz Rezvan. 2012. *Building Stiffening Workshop*. Tehran, Iran: Danesh-Parvar. [in Persian]
- Pirmiya, Mohammad Karim. 1993. Chafds and Arches - Chafds. *Asar* 24: 5-45. <http://journal.richt.ir/athar/article-1-357-fa.html>. [in Persian]
- Pirmiya, Mohammad Karim. 1973. Iran's Contributions to the Dome Architecture World. *Art and People* 136-137: 2-7. <https://ensani.ir/fa/article/69444> [in Persian]
- Pirmiya, Mohammad Karim. 1990. The Dome in Iranian Architecture, by the Efforts of Zohra Bozorgmehri. *Asar* 12(20): 5-139. <http://journal.richt.ir/athar/article-1-392-fa.html>. [in Persian]
- Pour Aminian, Majid, Arzhang Sadeghi, and Somayeh Pour Bakhshiyani. 2012. Investigating the Seismic Stability

- of Iranian Brick Arches (Research Note). *Civil and Environmental Engineering (Technical College)* 42(1): 49-55. https://journals.tabrizu.ac.ir/article_3431_b7266f50e837d75e21cd91fcc7c01504.pdf. [in Persian]
- Rabiei, Mehrdad, Solmaz Amr Kenargir, and Mohammad Navid Tafvizi. 2020. *Kolonbo*. Mazandaran, Iran: Chashm-Saei. [in Persian]
 - Raeis Zadeh, Mahnaz, and Hossein Mofid. 2006. *Revival of Traditional Architectural Arts in Iran According to Master Hossein Lorzadeh*. Tehran, Iran: Moli. [in Persian]
 - Ramezani Gorabi, Bahman, and Zahra Kazem Nejad. 2011. The Relationship between the Sustainable Development of Environmental Architecture and Climate Design in Mountainous Areas, a Case Study: Masouleh Town. *Geographical Study of the Environment* 4(14): 21-38. <https://www.sid.ir/paper/130731/fa>. [in Persian]
 - Rasouli, Hoshang. 2014. *History and Styles of Architecture in Iran*. Tehran, Iran: Pashotan. [in Persian]
 - Raštegarpour, Hassan. 2014. *English for the Students of Architecture*. 13th ed. Tehran, Iran: SAMT. [in Persian]
 - Rjabi, Fatemeh. 2019. *Architecture of Iran during the Islamic Period*. Tehran, Iran: Payam Noor University. [in Persian]
 - Vaisi, Ako. 2015. View Analysis in the Old Texture of Sanandaj (A Case Study Ahmadzadeh Mansion of Sanandaj. *The First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development*. Tehran, Iran (Islamic Republic of): The first national conference on geography, urban planning and sustainable development. <https://civilica.com/doc/265814/>. [in Persian]
 - Zamani-Farahani, Hamira, and Musa Ghazali. 2008. Residents' Attitudes and Perception towards Tourism Development: A Case Study of Masooleh, Iran. *Tourism Management* 29(6): 1233-36. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.02.008>.
 - Zamani-Farahani, Hamira, and Musa Ghazali. 2012. The Relationship between Islamic Religiosity and Residents' Perceptions of Socio-Cultural Impacts of Tourism in Iran: Case Studies of Sare'in and Masooleh. *Tourism Management* 33(4): 802-14. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.09.003>.
 - Zomarshidi, Hossein. 2010. *Iranian Dome and Arch Elements*. Tehran, Iran: Zaman. [in Persian]

<p style="text-align: center;">نحوه ارجاع به این مقاله</p> <p>حسن پور لمر، سعید، احد نژاد ابراهیمی، حسن ستاری ساربانقلی، و علی وندشعاری. ۱۴۰۲. گونه‌شناسی و تحلیل پایداری لرزه‌ای طاق‌های شهر تاریخی ماسوله. نشریه معماری و شهرسازی آرمانشهر ۱۶(۴۴): ۹۱-۱۱۰.</p> <p>DOI: 10.22034/AAUD.2023.352656.2691 URL: https://www.armanshahrjournal.com/article_183834.html</p>	
<p>COPYRIGHTS</p> <p>Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.</p> <p>http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</p>	