

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Revising the Problem of the Transverse Vault of the Arch of Alishah in Tabriz
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

مقاله پژوهشی

بازاندیشی مسئله طاق عرضی ارگ علی شاه تبریز*

پدرام سفیری**، فرهاد آخوندی^۱، بهرام آجورلو^۲

۱. گروه فناوری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران
۲. گروه باستان‌شناسی، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۵

چکیده

بیان مسئله: ارگ علی‌شاه تنها بازمانده مجموعه مسجد تاج‌الدین علی‌شاه تبریزی است. اگرچه مشاهدات حمدا... مستوفی و نقاشی‌های مطراقچی و گرلو از مسجد علی‌شاه بر وجود طاق عرضی آجری دلالت دارند اما رهیافت غیرتاریخی به معماری، آن را یک سازه صفوی بدون طاق معرفی کرده که از نظر محاسبات فنی، دیوارهای صندوقه‌چینی شده طرفین آن هرگز نمی‌توانند بار طاق را تحمل کنند؛ اما این ادعا در حالی طرح شده است که در کاوش سال ۱۳۵۰ش آوار طاق آجری که حمدا... مستوفی آن را گزارش کرده است و در نقاشی‌های مطراقچی و گرلو دیده می‌شود، شناسایی و مستند شده است.

هدف پژوهش: از نتایج تحلیل فنی نوع و ابعاد طاق عرضی ارگ علی‌شاه در طرح حفاظت-مرمت آن استفاده می‌شود. **روش پژوهش:** این پژوهش دارای سه روش مطالعه منابع تاریخی، برداشت میدانی و محاسبات فنی سازه است که در سه مرحله انجام گرفت. در مرحله میدانی با دستگاه لیزر اسکنر ۳بعدی، سازه ارگ تبریز برداشت فنی شد و در مرحله سوم، داده‌های حاصل از دو مرحله قبلی با نرم‌افزارهای Revit و Diana FEA با دو روش آنالیز استاتیکی خطی و غیرخطی مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل شدند.

نتیجه‌گیری: دیوارهای شرقی و غربی ارگ علی‌شاه واقعا قدرت تحمل وزن طاقی بزرگ و بلند با دهانه ۲۸/۴ متر در پاکار قوس و مهار تنش‌های کششی و فشاری آن را داشته‌اند و این تنش‌ها علت اصلی ریزش طاق نبوده‌اند و یقیناً ارگ تبریز تا سال ۱۷۲۱م هنوز طاق داشته است که علی‌الاصول این طاق باید از نوع جناغی باشد که در این حالت، طاق جناغی ارگ تبریز با ۵۸/۲۵ متر ارتفاع از کف بنا و ۲۸/۲۵ متر ارتفاع نسبت به پاکار قوس، بلندترین و بزرگ‌ترین طاق تاریخ معماری ایران و عالم اسلام و جهان باستان بوده است.

واژگان کلیدی: ارگ علی‌شاه تبریز، طاق جناغی، طاق آهنگ، آنالیز استاتیکی خطی، آنالیز استاتیکی غیرخطی.

بیان مسئله

بنای تاریخی که امروزه به نام ارگ علی‌شاه تبریز معروف است، تنها بازمانده مجموعه مسجد تاج‌الدین علی‌شاه تبریزی است که کاربری آن در دور دوم جنگ‌های ایران و روس به قلعه یا ارگ تبریز تغییر یافت (Ayorloo & Nemati-Babaylou, 2014). این مجموعه دینی که با سفارش و سرمایه‌خواه تاج‌الدین علی‌شاه وزیر در سال‌های ۷۱۸ تا ۷۲۴ق احداث شد، هم ردیف غازانیه و رشیدیه، سلطانیه و رصدخانه مراغه یکی از پنج

ابواب البرّ ایلخانی بود؛ هر چند که گویا با مرگ خواجه ناتمام ماند (Ayorloo & Mazhari, 2023). کاوش‌های باستان‌شناختی نشان داده است که ایوان امروزی ارگ تبریز بازمانده سازه‌ای بزرگتر است که از الحاق دو سازه شمالی متقدم و جنوبی متأخر شکل می‌گرفت که سازه الحاقی جنوبی همان عمارت طاووس‌خانه یا آرامگاه تاج‌الدین علی‌شاه است که در پشت مجموعه مسجد علی‌شاه قرار داشت (Ayorloo & Mansouri, 2006; Ayorloo & Mazhari, 2023). اگر چه مشاهدات سال ۷۴۰ق حمدا... مستوفی در کتاب نزهت‌القلوب (Mustawfi, 1919) و نقاشی‌های سال ۹۴۴ق نصوص سلاخی بوسنوی مطراقچی در سفرنامه بیان منازل سفر عراقین (Matrakçi, 1976) و ۱۶۷۳م گرلو از مسجد علی‌شاه در

*این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد «پدرام سفیری» با عنوان «بررسی فنی (محاسباتی) پرسمان طاق بند ارگ علی‌شاه تبریز» است که به راهنمایی دکتر «فرهاد آخوندی» و مشاوره دکتر «بهرام آجورلو» در سال ۱۴۰۳ در دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز به انجام رسیده است.
**نویسنده مسئول: ۰۹۹۱۰۹۹۸۹۷۰، Pedramsafiri.a@gmail.com

است. در دهه ۱۳۹۰ش، با رهیافتی غیر تاریخی، مطالعاتی درباره قدمت و سازه ارگ تبریز انجام شد که آن را یک اثر صفوی بدون سقف و طاق معرفی کرد (Kamali & Moradi, 2021; Mizāb et al., 2021; Moradi & Mizāb, 2019; Moradi et al., 2021; Moradi & Omrani, 2019).

مبانی نظری و روش پژوهش

مبانی نظری این پژوهش، برای نقد و بازاندیشی رهیافت غیر تاریخی (Ahistorical approach) به مطالعات معماری ارگ علی‌شاه، از رهیافت تاریخی (Historical approach) مبتنی بر همخوانی یافته‌های باستان‌شناختی و روایت‌های تاریخی بهره گرفته است که در این جا بار دیگر اصالت و اعتبار آن‌ها با روش‌های محاسبات فنی به آزمون گذاشته می‌شود؛ این در حالی است که رهیافت غیر تاریخی به نوعی از تاریخ‌زدایی (De-historization) می‌انجامد که مرمتگران را در مرمت روشمند بنای تاریخی گمراه می‌کند (Ayorloo & Mazhari, 2023). بنابراین، این پژوهش دارای سه روش مطالعه منابع تاریخی، برداشت میدانی و محاسبات فنی سازه است که در سه مرحله انجام گرفت: در مرحله مطالعات تاریخی، بار دیگر گزارش‌های تاریخی اولیه درباره مسجد علی‌شاه و کاوش‌های باستان‌شناختی سال‌های ۱۳۵۰ش و ۱۳۹۵ش بررسی و در ادامه، در مرحله میدانی، با دستگاه لیزر اسکنر ۳ بعدی (Stonex X 300) سازه ایوان ارگ تبریز یا همان بازمانده طاووس‌خانه برداشت فنی شد (تصویر ۲) و در مرحله سوم، داده‌های حاصل از دو مرحله قبلی با نرم‌افزارهای Revit و Diana FEA مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل شدند که تجزیه و تحلیل‌های انجام گرفته در این مدل‌سازی از نوع آنالیز استاتیکی خطی و آنالیز استاتیکی غیرخطی (تحت تأثیر وزن بنا) بودند؛ هم‌چنین در این مدل‌سازی، تکیه‌گاه سازه به صورت ثابت و یکپارچه در کف بنا و نیروی بار نیز از نوع مرده - یعنی وزن مرده، وزن خود بنا - در نظر گرفته شد. شبکه‌بندی (مش‌بندی) به صورت چهارضلعی با ابعاد ۵۰ سانتی‌متری انجام گرفت.

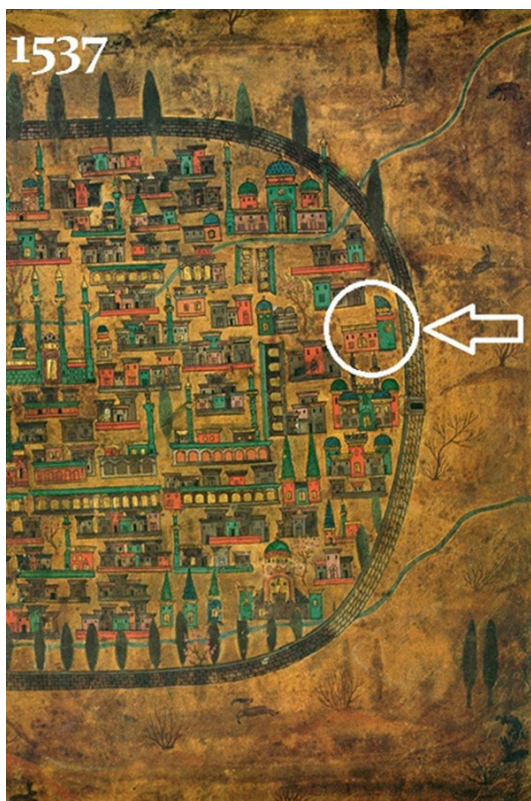
بحث

ایوان معروف به ارگ علی‌شاه سازه‌ای است آجری که پلانی U شکل دارد (تصویر ۱). طول سازه تا پیش از سال ۱۳۶۰ش، ۶۵/۵ متر بود (Ayorloo & Mazhari, 2023) که امروزه بر مبنای سنجش با لیزر اسکنر ۳ بعدی - تنها ۲۰/۳۰ متر آن باقی مانده است. خروجی سنجش با لیزر اسکنر ۳ بعدی، عرض سازه از سوی نمای جنوبی را ۵۲/۲۰ متر و قطر هر یک از دیوارهای شرقی و غربی را ۱۰/۴ متر، عمق ایوان را ۱۳ متر و عمق دیوار محراب را ۷/۳۰ متر و عرض و ارتفاع

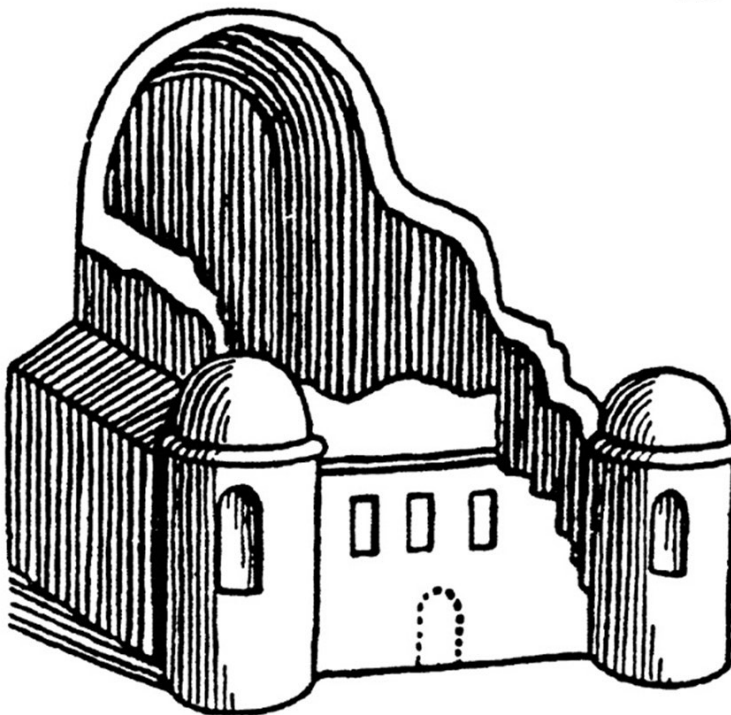
سفرنامه «Voyage en Perse» به قلم شاردن (Chardin, 1711) جمله‌گی بر وجود طاقی آجری دلالت دارند (تصویر ۱) اما شماری از مطالعات اواخر دهه ۱۳۹۰ش مبتنی بر رهیافت غیر تاریخی، آن را یک سازه صفوی بدون طاق و بی‌پوشش معرفی کرده‌اند که از نظر محاسبات فنی، دیوارهای شرقی و غربی آن که با فن صندوق‌چینی ساخته شده‌اند، هرگز نمی‌توانستند بار طاق را تحمل کنند و البته سلامتی و استواری امروزی همین دیوارها را نیز شاهدی دال بر عدم وجود طاق اقامه کرده‌اند (Kamali & Moradi, 2021; Mizāb et al., 2021; Moradi & Mizāb, 2019; Moradi et al., 2021; Moradi & Omrani, 2019). اما این ادعا در حالی طرح شده است که در کاوش‌های باستان‌شناختی سال ۱۳۵۰ش آوار همان طاق آجری که حمدا... مستوفی قزوینی آن را دیده و گزارش کرده است و در نقاشی گریلو دیده می‌شود، شناسایی و خاکبرداری شده است (تصویر ۱) و البته استنباط نویسندگان این است که زلزله مهیب ۲۶ آوریل ۱۷۲۱م تبریز که هشتاد هزار کشته بر جای گذاشت (Melville, 1981) آخرین ضربه مهلک بر طاق بلند علی‌شاه بوده است. شرح این زلزله در کتاب مستطاب ریاض‌الجنت به قلم میرزا محمدحسن زنوزی (۱۸۰۱م) آمده است. بنابراین پرسش از چگونگی و تصویر و ایستایی طاق ارگ علی‌شاه مبتنی بر فرضیه وجود طاقی که از گونه جنای بوده است، مسئله این پژوهش را شکل داده‌اند؛ زیرا بر مبنای سنجش با لیزر اسکنر ۳ بعدی - کاهش اندازه دهانه ۳۱/۴۰ متر این ایوان به ۲۸/۴۰ متر در نقطه پاکارقوس (ارتفاع ۳۶ متری) که با روش کاهش ۵۰ سانتی‌متر به ازای هر ۱۲ متر افزایش ارتفاع دیوارهای شرقی و غربی اجرا شده است، فرضیه وجود طاق را معقول و دارای منطق معماری می‌داند.

پیشینه پژوهش

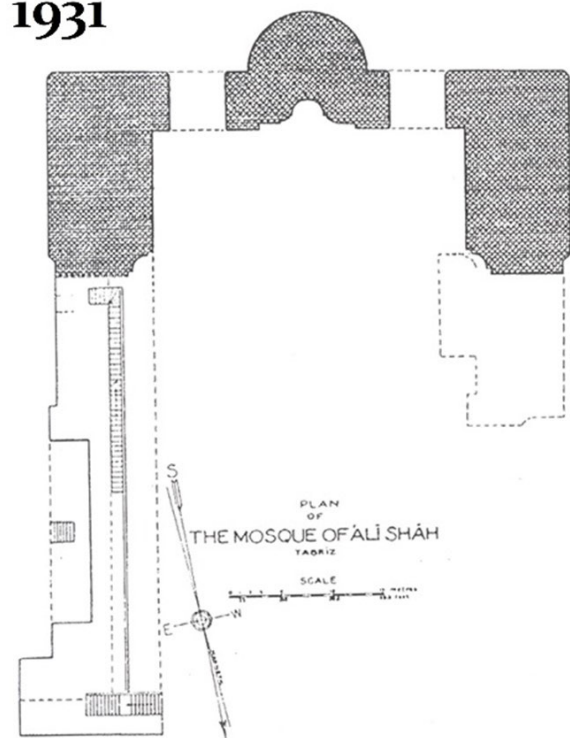
سوابق مطالعاتی مسجد علی‌شاه در دو گروه باستان‌شناسی و معماری قابل طبقه‌بندی است که گروه باستان‌شناسی همان کاوش‌های ۱۳۵۰ش علی‌اکبر سرفراز و ۱۳۹۵ش بهرام آجورلو است که ایشان ایوان جنوبی را باقی مانده عمارت طاووس‌خانه و بخش شمالی را همان مسجد علی‌شاه معرفی کردند که البته از بنای شمالی قدیمی تنها پلان آن باقی مانده است (آجورلو، ۱۳۹۶; Ajorloo & Mansouri, 2006; Ajorloo & Mazhari, 2023; Ajorloo & Nemati-Babaylou, 2014). در سوابق مطالعات معماری ارگ تبریز نیز به ترتیب کارهای آرتور پوپ (Pope, 1939) دونالد نیوتن ویلبر (Wilber, 1955) و لفرام کلایس (Kleiss, 1981; 2015) جعفر قیاسی (Qiyasi, 1997) و برنار اوکین (O'kane, 2021) و آجورلو و مظهری (Ayorloo & Mazhari, 2023) به لحاظ کوشش ایشان برای بازآفرینی مجموعه مسجد علی‌شاه قابل توجه



1673



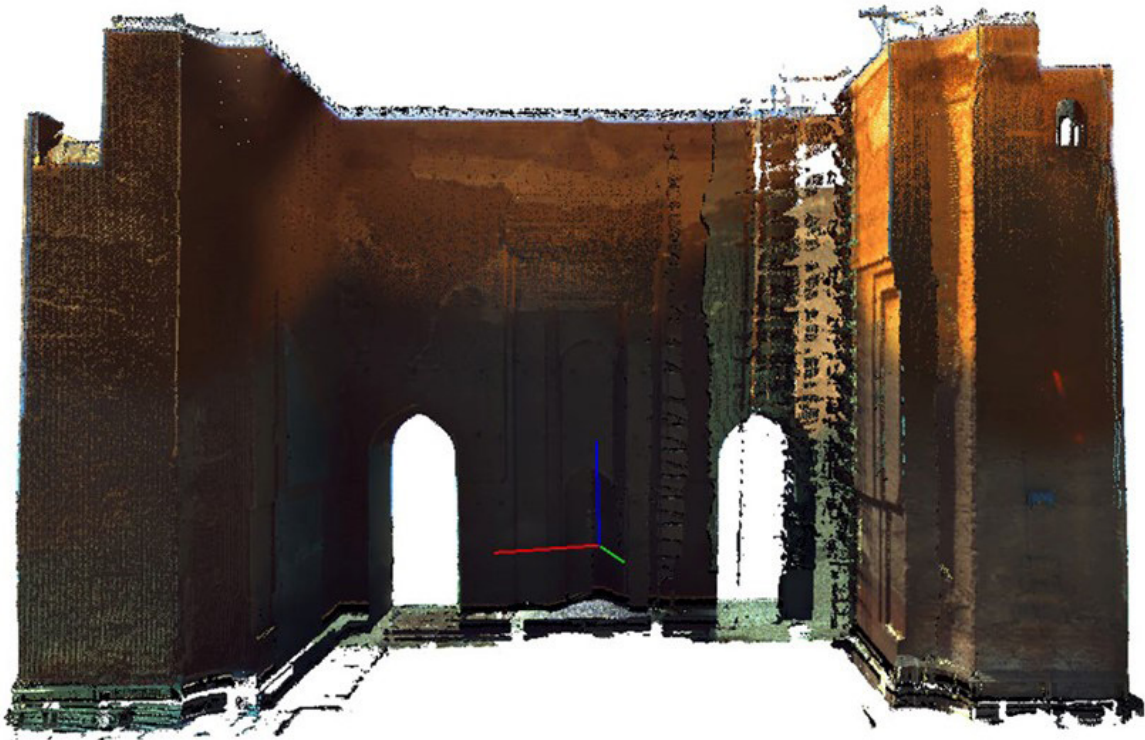
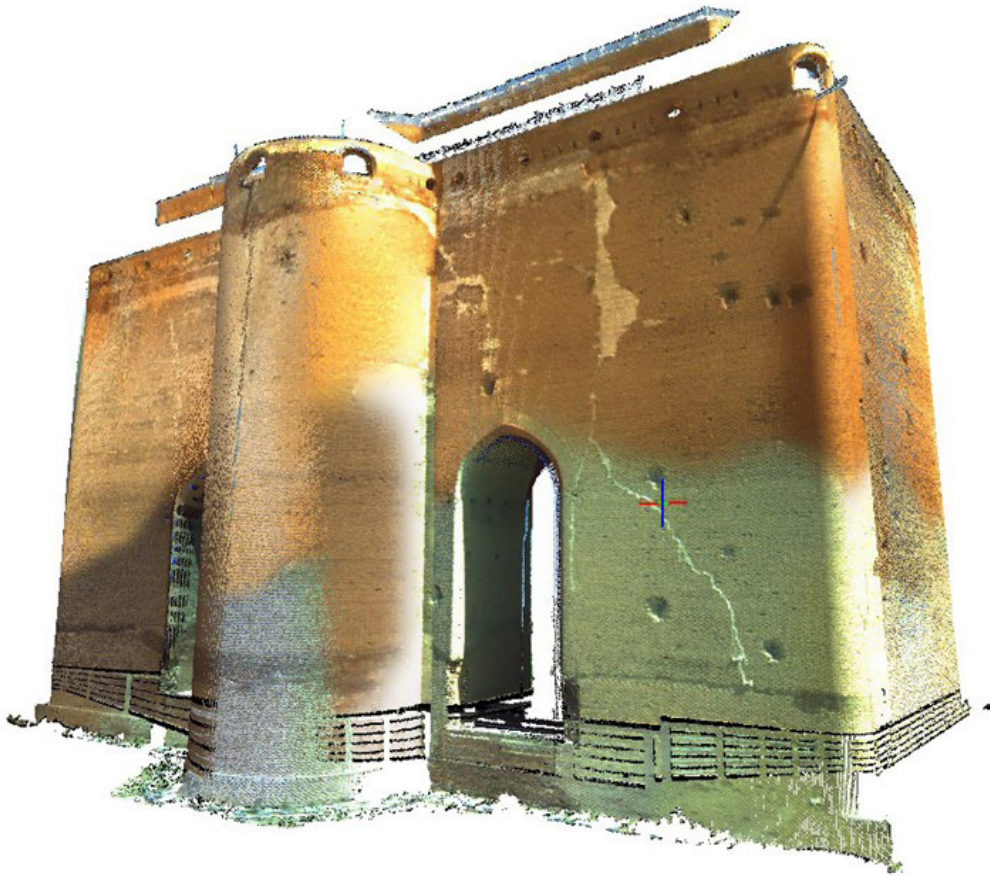
1931



1971



تصویر ۱. شواهد باستان‌شناختی و اسناد تاریخی کالبد، پلان و آوار طاق ارگ علی‌شاه: مطراقچی ۹۴۴ق، گرلو ۱۶۷۳م، پیتر بگز ۱۹۳۱م و سرفراز ۱۳۵۰ش. مأخذ: آجورلو، ۱۳۹۶؛ Ajourloo & Mazhari, 2023



تصویر ۲. دو نمونه برداشت از جبهه‌های جنوبی و شمالی سازه ارگ علی‌شاه با دستگاه لیزر اسکنر ۳ بعدی. مأخذ: نگارندگان.

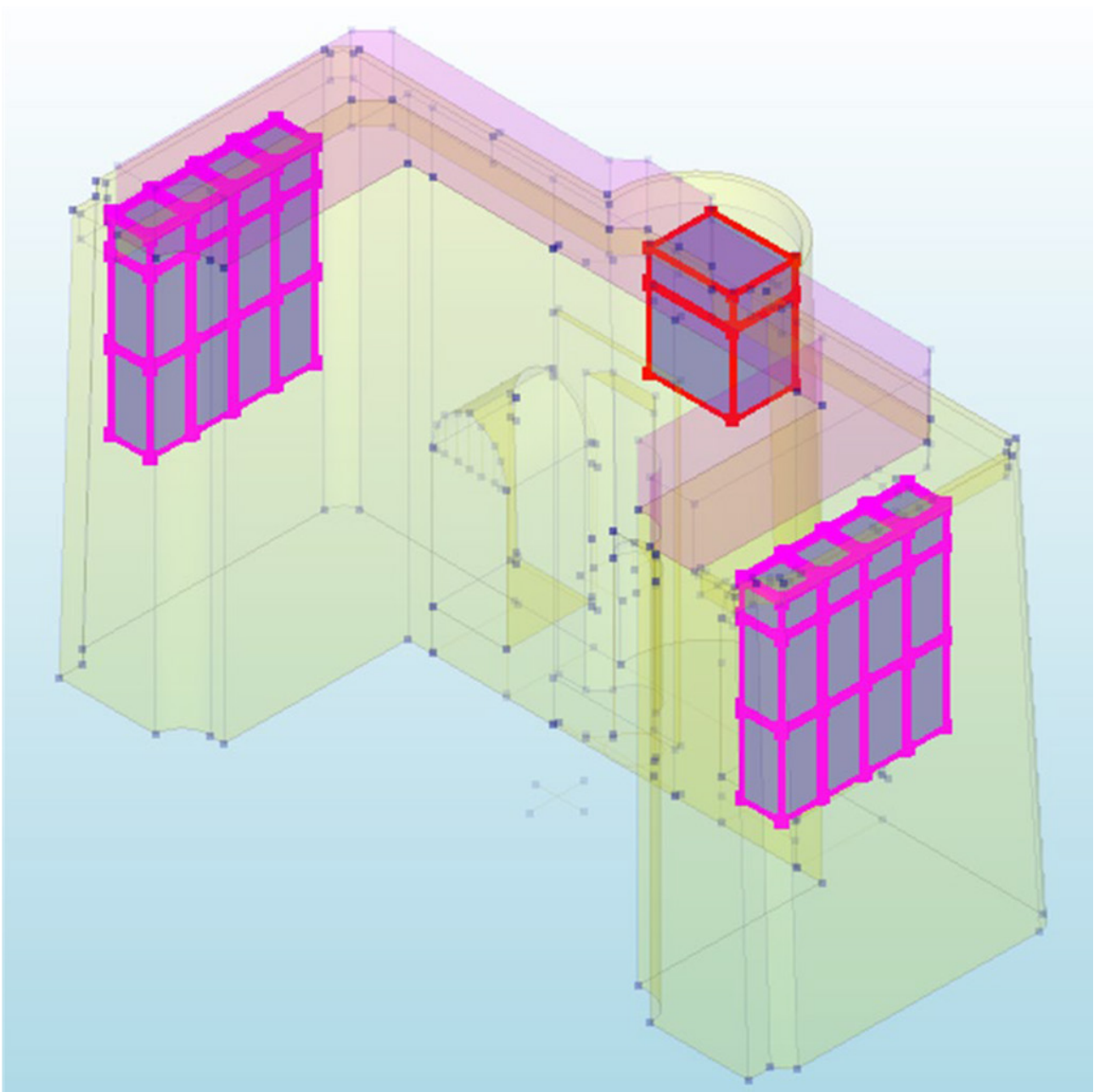
جناغی نیز ۵۸/۲۵ متر ارتفاع از کف بنا و ۲۸/۲۵ متر ارتفاع از نقطه پاکار قوس و ۴ تا ۱/۵ متر ضخامت قوس داشته است که این ارقام و ابعاد در سراسر تاریخ معماری ایران و جهان بی‌بدیل است (تصویر ۷).

داده‌های حاصل از آنالیزهای استاتیک خطی برای حداکثر تنش‌های فشاری و کششی در ارگ علی‌شاه برای طاق آهنگ به ترتیب عبارت‌اند از ($\text{Min:}-0.58\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}1.00\text{N/mm}^2$) و ($\text{Min:}-2.11\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}0.22\text{N/mm}^2$) که بر قابلیت تحمل طاق دلالت دارند؛ کمترین داده‌های حاصل از آنالیزهای استاتیک خطی برای حداکثر تنش‌های فشاری و کششی در همین بنا برای طاق جناغی به ترتیب عبارت‌اند از ($\text{Min:}-0.51\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}2.57\text{N/mm}^2$) و ($\text{Min:}-2.79\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}0.21\text{N/mm}^2$) که بار دیگر قابلیت تحمل طاق را تأیید می‌کند (تصویر ۸) اما داده‌های حاصل از آنالیزهای استاتیک غیرخطی (تحت تأثیر وزن بنا) برای حداکثر تنش‌های فشاری و کششی در ارگ علی‌شاه برای طاق آهنگ به ترتیب عبارت‌اند از ($\text{Min:}-0.61\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}0.78\text{N/mm}^2$) و ($\text{Min:}-2.11\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}0.22\text{N/mm}^2$) که توان دیوارهای طرفین طاق را برای تحمل وزن آن دوباره تأیید می‌کند که همین قابلیت در طاق جناغی نیز دیده می‌شود؛ زیرا داده‌های حاصل از آنالیزهای استاتیک غیرخطی برای حداکثر تنش‌های فشاری و کششی در حالت طاق جناغی به ترتیب عبارت‌اند از ($\text{Min:}-0.51\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}1.70\text{N/mm}^2$) و ($\text{Min:}-2.46\text{N/mm}^2$ & $\text{Max:}0.21\text{N/mm}^2$) که نشان می‌دهد معمار مجموعه مسجد علی‌شاه اطمینان داشته است که دیوارهای صندوق چینی شده طرفین شرقی و غربی طاق قدرت تحمل وزن طاق را دارند (تصویر ۹) و بنابراین از داده‌های همین آنالیزها استنباط می‌شود که حداکثر تنش‌های کششی موجود طاق در بازه صفر تا ۰/۱۵ مگاپاسکال قرار دارد که با توجه به رعایت این نکته که مقاومت کششی بنا ۰/۲۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است (جدول ۱) این استنباط حاصل می‌شود که تنش کششی در قسمت طاق کمتر از مقاومت کششی بنا است که همین دلالت دارد که دیوارهای شرقی و غربی ارگ وزن طاق را تحمل می‌کردند؛ ناگفته نماند که در سراسر سازه مسجد علی‌شاه، تنها در بخش‌های بالایی دیوار حاجب (دیوار محراب بنای شمالی) است که تنش‌های کششی از مقاومت تعریف شده تجاوز می‌کنند؛ زیرا این دیوار عملاً کارکردی کششی داشته است تا بلکه بتواند با رانش طاق مقابله کند که همچنین در این مورد نیز در هر دو حالت از طاق‌های آهنگ و جناغی، خروجی هر دو مدل‌سازی استاتیکی خطی و استاتیکی غیرخطی مسیر انتقال نیروی طاق بر قابلیت تحمل و ایستایی دیوارها دلالت می‌کند (تصاویر ۱۰ و ۱۱) البته با وجود تنش‌های کششی موجود در بخش فوقانی دیوار

درگاه‌های طرفین محراب موسوم به پنجره‌های ارگ را به ترتیب ۵/۵ و ۱۶ متر و حداکثر ارتفاع موجود بنا را از کف سرداب طاووس‌خانه تا رأس محراب ۳۳ متر تعیین کرده است؛ همچنین برج مأذن پشت محراب ۳۰ متری ارگ علی‌شاه که بلندترین محراب عالم اسلام است، ۱۱/۸ متر قطر و از کف سرداب طاووس‌خانه تا کف غلام‌گردش پشت‌بام ۲۷ متر ارتفاع دارد (سفیری، ۱۴۰۳). مشاهدات میدانی نویسندگان - به هنگام برداشت با لیزر اسکنر ۳ بعدی - دوباره تأیید می‌کند که معمار مجموعه دینی علی‌شاه با فن صندوق‌چینی، وزن سازه آجری ایوان را سبک کرده است و به همین منظور، به عرض ۲/۷۵ متر و تا ژرفای ۲۰ متر نسبت به غلام‌گردش بام ارگ از دیوارهای شرقی و غربی بنا را صندوق‌چینی کرده و ۷/۶۵ متر دیگر را از کف تا سقف توپر (Solid) افراشته است (همان) که همین اطلاعات، اساس مدل‌سازی پژوهندگان در نرم‌افزار Diana بوده است (تصویر ۳).

یافته‌های کاوش‌های باستان‌شناختی آجورلو (۱۳۹۶) تأیید کرده است که دیوارهای شرقی و غربی بنای شمالی (متقدم) که بنای جنوبی (متأخر) به آن الحاق شده است. ۸۰ متر طول و ۱۲ متر عرض دارند که ۱/۶۰ متر بیشتر از دیوارهای بنای جنوبی است (تصویر ۴) که این‌ها در بنای شمالی، آثاری از دیواری هم‌عرض دیوارهای شرقی و غربی بنای جنوبی دیده می‌شود که دارای یک فرورفتگی محراب‌مانند و البته هم‌محور محراب بنای جنوبی (طاووس‌خانه) است و همین نشان می‌دهد که این دیوار باید دیوار محراب بنای شمالی یا همان مسجد علی‌شاه باشد که علی‌اکبر سرفراز آن را دیوار حاجب نامیده بود (تصویر ۵).

در مدل‌سازی طاق ارگ تبریز هم‌چنین قوس‌های انتخابی به دو صورت آهنگ تیزه‌ندار (Parabolic) مشابه طاق کسری و جناغی (Pointed) رایج در معماری ایران دوره ایلخانی طراحی شدند زیرا سبک‌شناسی معماری دوره ایلخانی ایجاب می‌کند که طاق از نوع جناغی باشد؛ که این‌ها طاق محراب و درگاه‌های کنونی ارگ تبریز نیز از نوع جناغی‌اند، اما نقاشی گولو آن را شبیه نوع آهنگ تیزه‌ندار و مشابه طاق کسری نشان می‌دهد و البته در منابع تاریخی ایلخانی نیز آمده است که معماری مسجد علی‌شاه از معماری طاق کسری الهام گرفته بود که طاق آهنگ دارد (Ajourloo & Mansouri, 2006) و بنابراین تصمیم گرفته شد که هر دو نوع آهنگ تیزه‌ندار (مشابه طاق کسری) و جناغی مدل‌سازی شوند که در نتیجه، طبق محاسبات نرم‌افزاری مبتنی بر داده‌های میدانی، اطلاعات زیر حاصل می‌شود (تصویر ۶): طاق آهنگ دارای ۶۱ متر ارتفاع از کف بنا و ۳۱ متر ارتفاع از نقطه پاکار قوس و ۴/۵ تا ۲/۵ متر ضخامت قوس بوده است؛ و طاق



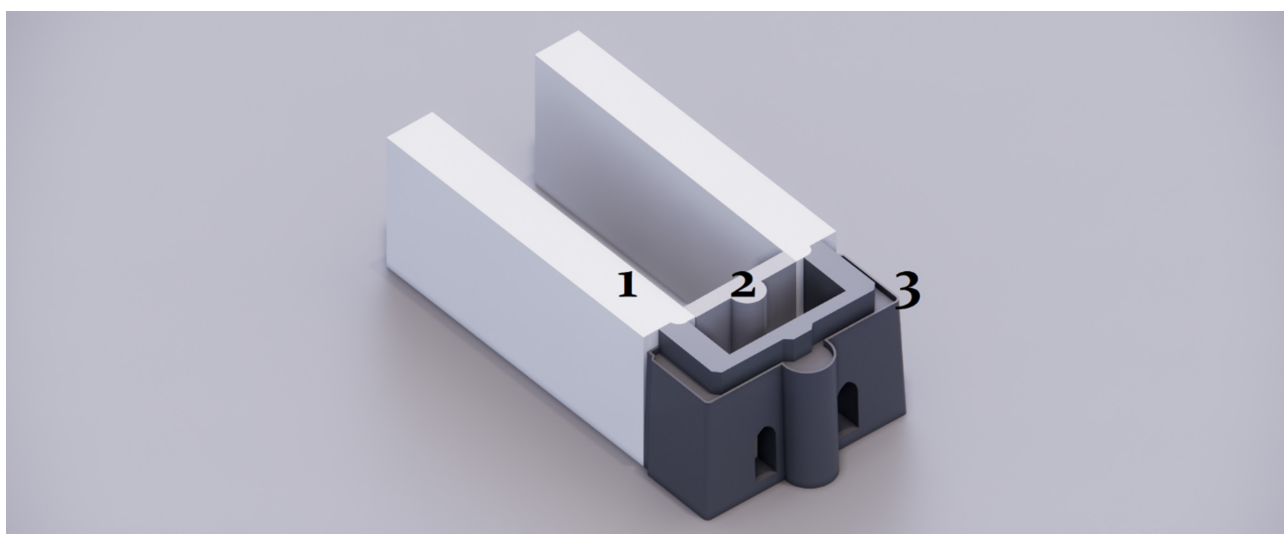
تصویر ۳. مدل سازی دیوارهای شرقی و غربی ارگ علی شاه که وضعیت صندوقه چینی و توپر بودگی (Solid) را نشان می دهد. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۱. مشخصات مکانیکی ارگ علی شاه مستخرج از نظام NTC ۲۰۱۸. مأخذ: نگارندگان.

ضریب پواسون	وزن (Kg/ m ^۳)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	مقاومت فشاری (مگاپاسکال)
۰/۲۵	۱۸۳۵	۱۲۰۰	۰/۲۵	۲/۵



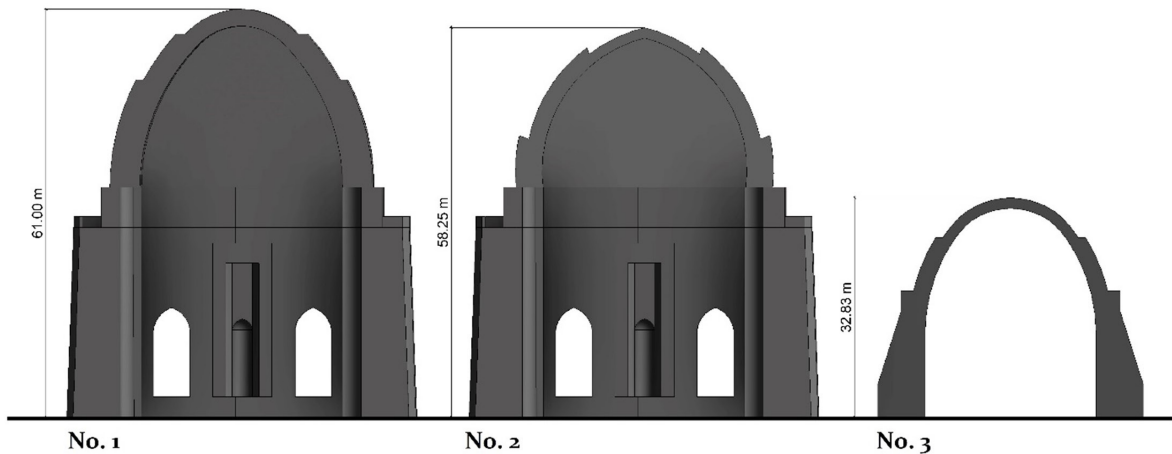
تصویر ۴. تصویری از بقایای پی و دیوار ۸۰ متری مسجد علی شاه که در کاوش باستان‌شناختی ۱۳۹۵ش کشف شد. مأخذ: آجورلو، ۱۳۹۶.



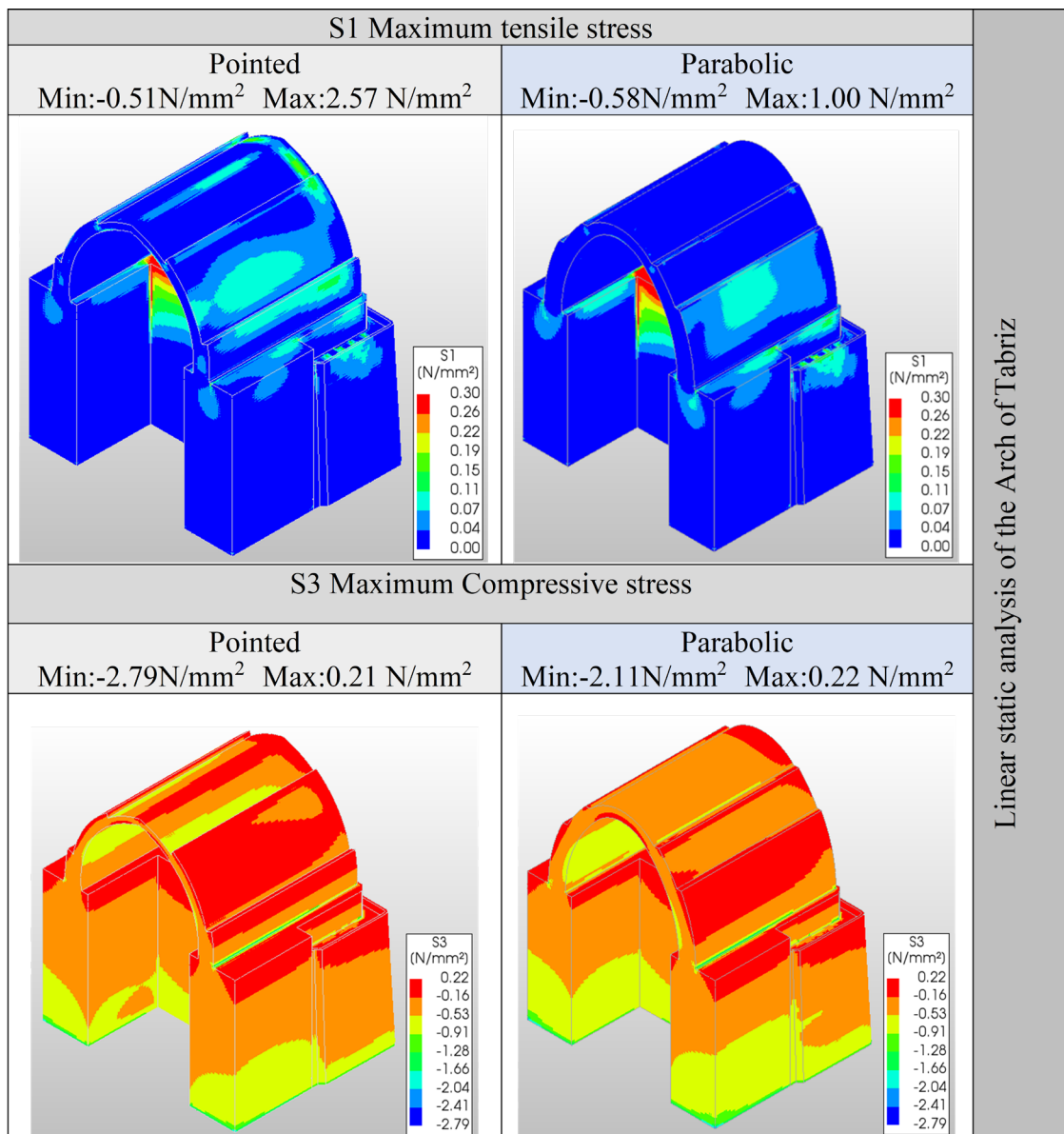
تصویر ۵. مدل‌سازی ۳ بعدی ارگ تبریز با نرم‌افزار Revit که موقعیت دیوار حاجب یا دیوار محراب بنای شمالی متقدم را نسبت به بنای جنوبی متأخر نشان می‌دهد: ۱- دیوار ۸۰ متری شبستان علی شاه که در کاوش ۱۳۹۵ش آشکار شد. ۲- محراب و دیوار حاجب ۳- طاووس‌خانه یا آرامگاه علی شاه. مأخذ: نگارندگان.



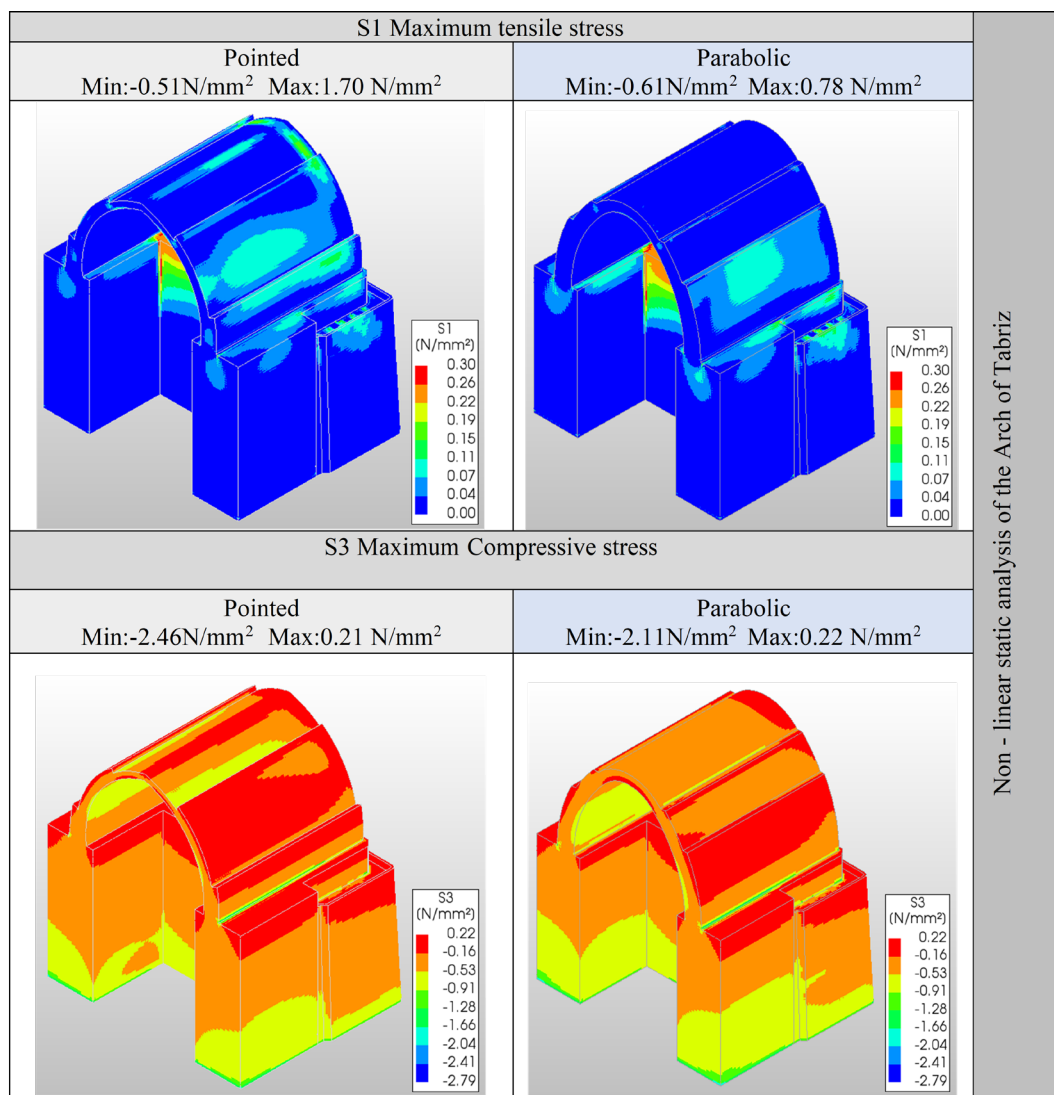
تصویر ۶. ابعاد دهانه، افراز و ضخامت مدل‌سازی شده طاق‌های آهنگ تیزه‌ندار و جناغی ارگ علی شاه. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۷. مقایسه مدل سازی شده ارتفاع ارگ علی شاه با دو طاق مفروض آهنگ تیزه‌ندار و جناغی نسبت به ایوان مدائن دارای طاق آهنگ تیزه‌ندار. ۱- ارگ علی شاه با طاق آهنگ تیزه‌ندار ۶۱ متر. ۲- ارگ علی شاه با طاق جناغی ۵۸/۲۵ متر و ۳- طاق کسری ۳۲/۸۳ متر. مأخذ: نگارندگان.

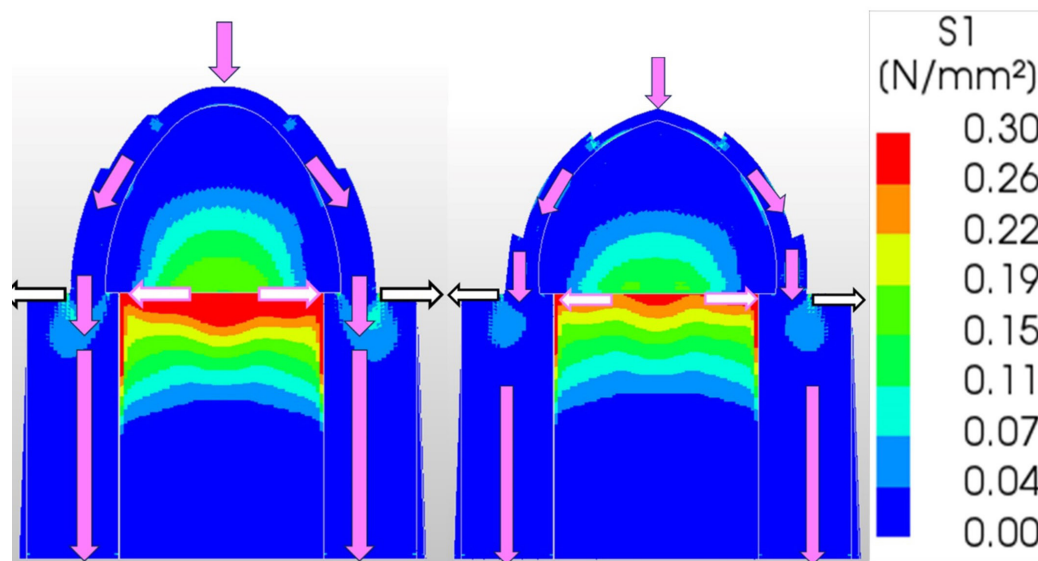


تصویر ۸. مدل سازی آنالیزهای استاتیکی خطی تنش‌های کششی و فشاری طاق ارگ علی شاه با نرم افزار دینا در دو حالت مفروض طاق آهنگ تیزه‌ندار و جناغی. مأخذ: نگارندگان.



Non - linear static analysis of the Arch of Tabriz

تصویر ۹. مدل سازی آنالیزهای استاتیکی غیرخطی (تحت تأثیر وزن بنا) تنش های کششی و فشاری طاق ارگ علی شاه با نرم افزار دینا در دو حالت مفروض طاق آهنک تیزمندار و جناغی. مأخذ: نگارندگان.



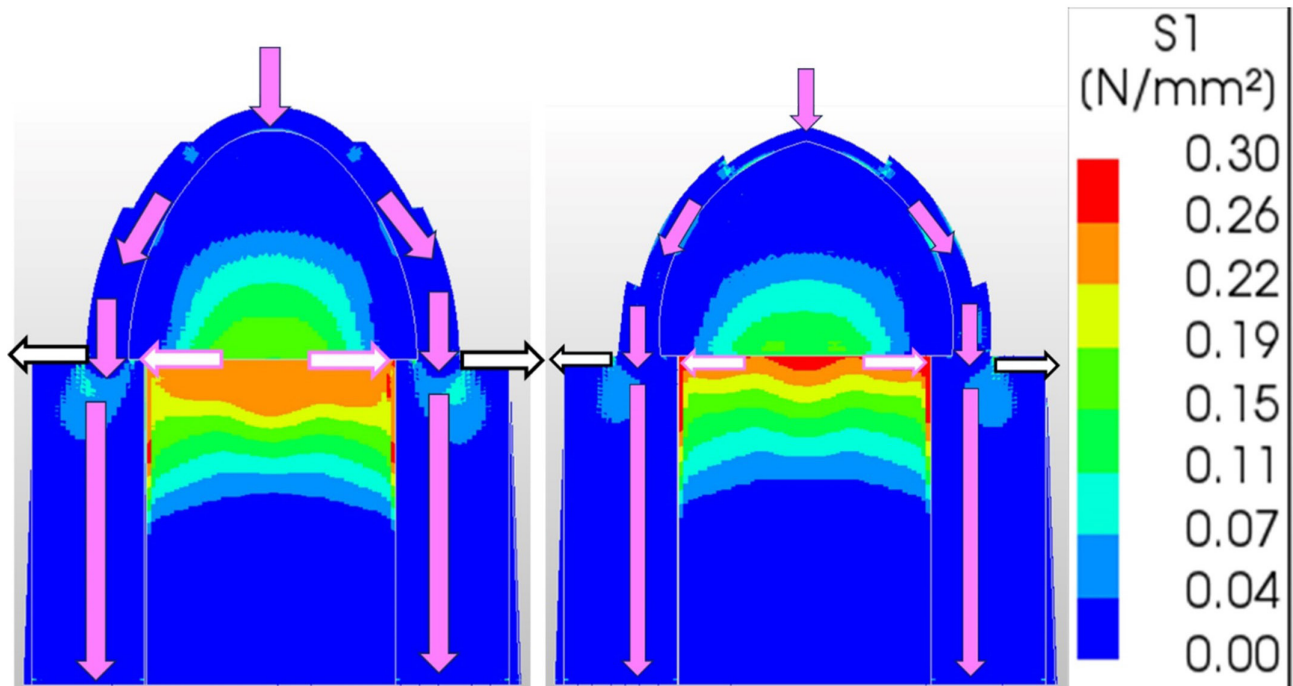
تصویر ۱۰. آنالیز استاتیکی خطی مسیر انتقال نیروی طاق و عملکرد دیوار حاجب بنای شمالی متقدم به عنوان عضوی کششی در هر دو حالت طاق آهنک تیزمندار و جناغی، با نرم افزار دینا. مأخذ: نگارندگان.

نوع جناغی و آهنگ به آزمون گذاشته شد که خروجی این مدل سازی نرم افزاری تأیید می کند که دیوارهای شرقی و غربی ارگ علی شاه واقعا قدرت تحمل وزن طاقی بزرگ و بلند با دهانه ۲۸ / ۴ متر در پاکار قوس و مهار تنش های کششی و فشاری آن را داشته اند و این تنش های کششی و فشاری علت اصلی ریزش طاق نبوده است بلکه علت اصلی

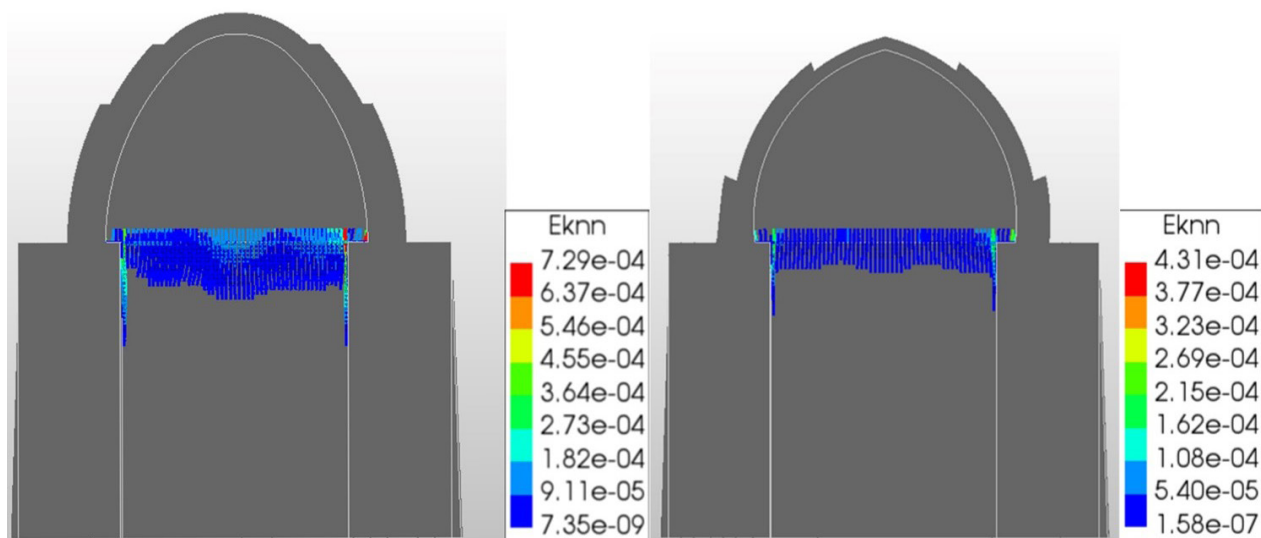
حاجب، انتظار می رفت که ترک هایی در همین بخش ایجاد شود که خروجی آنالیز این استنباط را تأیید کرده است (تصویر ۱۲).

نتیجه گیری

در مدل سازی نرم افزاری مبتنی بر داده های باستان شناسی و لیزر اسکن ۳ بعدی سازه ارگ تبریز، فرضیه طاق بند با دو



تصویر ۱۱. آنالیز استاتیک غیرخطی (تحت تأثیر وزن بنا) مسیر انتقال نیروی طاق و عملکرد دیوار حاجب بنای شمالی متقدم به عنوان عضوی کششی در هر دو حالت طاق آهنگ تیزفندار و جناغی، با نرم افزار دینا. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۲. ترک های بخش فوقانی دیوار حاجب بنای شمالی متقدم، ناشی از وجود تنش های کششی در هر دو حالت طاق آهنگ تیزفندار و جناغی، با نرم افزار دینا. مأخذ: نگارندگان.

- Ajorloo, B., & Nemat-Babaylou, A. (2014). The alienation of Qajarid identity at the Arch of Alishah in Tabriz as the result of stylistic restoration methods. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 10(27), 27-38. https://www.bagh-sj.com/article_3965.html?lang=en
- Chardin, J. B. (1711). *Voyages de Monsieur le chevalier Chardin en Perse et autres lieux de l'orient*. Jean Louis de Lorme.
- Kamali, F. P., & Moradi, A. (2021). Thermoluminescence dating of bricks from the so-called Arch of Ali-Shah. *Journal of Archaeological Studies*, 13(2), 95-105. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.293523.142812>
- Kleiss, W. (1981). Notiz zur Alishah moschee (Ark) in Tabriz. *AMI*, 14, 117-118.
- Kleiss, W. (2015). *Geschichte der Architektur Irans*. Deutsche Archaeologische Institut.
- Matrakçı, N. S. B. (1976). *Beyân-i Menâzil-i Sefer-i Irâkeyn-i Sultân Süleymân Hân, 1537*. In H. G. Yurdaydin (Ed.). Türk Tarih Kurumu.
- Melville, C. (1981). Historical monuments and earthquakes in Tabriz. *IRAN*, 19, 159-177. <https://doi.org/10.2307/4299714>
- Mizâb, M. H., Mohammadzadeh, M., & Moradi, A. (2021). Static review of the so-called Ark-e-Alishah a critical assessment toward the Islamic world's longest span. *Journal of Archaeological Studies*, 13(3), 1-22. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.278863.142698>
- Moradi, et al. (2021). Thermoluminescence analysis of bricks from the so-called Arch of Alishah. *Journal of Islamic Archaeology*, 7(2), 183-198. <https://doi.org/10.1558/jia.19031>
- Moradi, A. et al., (2019). An investigation of the statically presence of an arch in the so-called structure of Ali-Shah Ark in Tabriz. *Quarterly Specialized Journal Analysis Of Structure and Earthquake*, 16(1), 45-53. <https://doi.org/20.1001.1.23456310.1398.16.1.5.0>
- Moradi, A., & Mizâb, M. H. (2019). Was there ever an arch in the so-called Ark-e-Alishah?. *Nexus Network Journal*, 22(2), 329-348. <https://doi.org/10.1007/s00004-019-00460-5>
- Moardi, A., & Omrani, B. (2019). Recognizing the architectural features of Ali Shah Mosque of Tabriz on the basis of archaeological, historical and architectural evidences. *Journal of Archaeological Studies*, 11(1), 201-215. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.71113>
- Mustawfi, H. (1919). *Nuzhat-al-Qulûb* (G. Le Strange, Ed.). Luzac & Brill.
- O'kane, B. (2021). Taj al-Din 'Alishah: The reconstruction of his Mosque Complex at Tabriz. In R. Hillenbrand (Ed.), *The Making of Islamic Art: Studies in Honor of Sheila Blair and Jonathan Bloom* (pp. 207-225). Edinburgh University Press. doi.

آن شاید همان تعجیل در احداثی باشد که حمدا... مستوفی قزوینی به آن اشاره کرده است و البته زلزله سهمگین سال ۱۷۲۱م تبریز نیز مؤثر بوده است؛ زیرا نقاشی سال ۱۶۷۳م گرلو، درسفرنامه شاردن، آخرین گزارش تصویری است که ارگ علی‌شاه را دارای طاقی هر چند نیمه فروریخته نشان می‌دهد و بنابراین تردیدی نیست که ارگ تبریز تا بهار سال ۱۷۲۱ هنوز طاق داشته است. درباره نوع طاق‌های ارگ علی‌شاه، اگر چه هر دو نوع آهنگ تیزه‌ندار و جناغی در مدل‌سازی نرم‌افزاری قابل تأیید و دارای منطق معماری و استناد تاریخی هستند اما به لحاظ سبک‌شناسی معماری و این‌که بالعینه طاق‌های محراب بلند ۳۰ متری ارگ و درگاه‌های طرفین محراب از نوع جناغی‌اند، علی‌الاصول طاقی که تا سال ۱۷۲۱م هنوز وجود داشت باید از نوع جناغی باشد که در این حالت، طاق جناغی ارگ تبریز با ۲۵/۵۸ متر ارتفاع از کف بنا و ۲۵/۲۸ متر ارتفاع نسبت به پاکار قوس، بلندترین و بزرگ‌ترین طاق تاریخ معماری ایران و حتی عالم اسلام و جهان باستان بوده است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان سپاس‌گزار همکاری معاونت میراث فرهنگی آذربایجان شرقی هستند.

اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی برای ایشان وجود نداشته است.

فهرست منابع

- آجورلو، بهرام. (۱۳۹۶). گزارش کاوش در ارگ علی‌شاه تبریز. بایگانی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران و تبریز.
- سفیری، پدram. (۱۴۰۳). بررسی فنی و محاسباتی پرسمان طاق‌بند ارگ علی‌شاه تبریز [پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده]. دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- Ajorloo, B., & Mazhari, R. (2023). A recreation of the Alishah Tabrizi Mosque complex based on the archaeological excavations and the drawings in historical travel accounts. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 20(126), 35-48. <https://doi.org/10.22034/bagh.2023.374695.5299>
- Ajorloo, B., & Mansouri, S. A. (2006). The architecture of Azerbaijan in Ilkhanid era, the case Study: new archeological research on the Arch of Alishah in Tabriz. In A. Panaino et R. Zipoli (Eds.), *Proceedings of the 5th SIE* (Ravenna, October 6-11, 2003), 2, Classical & Contemporary Iranian Studies (pp. 3-14). MIMESIS.

org/10.1515/9781474434300-015

- Pope, A. U. (1939). *Survey of Persian Art from Prehistoric Times to the Present*. American Institute for Iranian Art and Archaeology.
- Qiyasi, C. Ə. (1997). *Me'mar Əlişah Təbrizi: Dövrü və Yaradıcılığı*. Elm.
- Wilber, D. N. (1955). *The Architecture of Islamic Iran: The Ilkhanid Period*. Princeton University Press.
- Zonūzi, M. M. H. (2019). *Riāz-al-Jannat, 1801* (N. Honarvar, Ed.). Ettehad Publishers.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله:

سفیری، پدرام؛ آخوندی، فرهاد و آجورلو، بهرام. (۱۴۰۴). بازاندیشی مسئله طاق عرضی ارگ علی‌شاه تبریز. *باغ نظر*, ۲۲(۱۵۱), ۴۷-۵۸.

DOI: [10.22034/bagh.2025.506793.5765](https://doi.org/10.22034/bagh.2025.506793.5765)

URL: https://www.bagh-sj.com/article_232230.html

