

Finding the Roots of a Technical Evolution of Architecture at the Beginning of the Modern Period in Iran: Examining the Late Latif Abolghasemi's Hypothesis about the Technique of Iranian Jack Arch

Masoud Nari Ghomi¹ iD, Mehdi Momtahan² iD

¹ Assistant Professor, Department of Construction and Architectural Engineering, School of Qom Boys Technical and Vocational Training, Mahart National University, Qom, Iran.

² Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Art, University of Kashan, Kashan, Iran.

(Received: 26 Jul 2023; Received in revised form: 6 Sep 2023; Accepted: 27 Sep 2023)

The roofing technique known as Jack Arch which features a brick-arched roof on top of steel I-beams, is one of the earliest specialized building techniques from Iran's modernization period that has not been thoroughly researched. While contemporary structural engineers in Iran often regard it as an indignant method, architects have shown increasing interest in it. Many years ago, the late Latif Abolghasemi, a professor of the University of Tehran, advocated for this technique as an indigenous Iranian technology, though his claims were not well-documented. This research investigates his hypothesis using a historical interpretation approach. The findings reveal that the Jack Arch technique has three different origins in early modern Europe during the nineteenth century: England (Jack Arch), Germany (Prussian arch) and Spain (Catalan roof). The Jack Arch was initially used for fire proofing textile factories, the Prussian vault originated from traditional waterproofing methods for wooden structures at the basement level, and the Catalan vault continued a traditional system possibly rooted in Islamic Spain or Mexican indigenous practices. In Iran, the adoption of this technique has two main sources: a popular origin: continuing from Iran's advanced vaulting systems, and an engineering origin, in the early Pahlavi period by German and Anglo-American engineers in factories and governmental buildings. Prior to the arrival of foreign engineers, this method was common with wooden beams, creating a historical link to steel usage. Compared to the Jack Arch, the Iranian counterpart is unique due to its construction without form-working. In comparison to the Prussian vault, the Iranian type exhibits more elaborated brickwork, whereas the German type seldom uses formwork. The Catalan Vault shares many similarities with the Iranian vault, not only in form-

working but also in the technique's purpose. However, it has no historical connection with contemporary Iran, and its brickwork is much simpler than that of Iranian vault. In addition, the thin brick layering technique called 'LaPoush' in Iran, seen in some Catalan vault, does not rely on the brick's inherent resistance as the Iranian vault does. As a result, Abolghasemi's hypothesis is partially confirmed: the technique is not unique to Iran, but the Iranian variant does not have a foreign origin. Western engineering significantly catalyzed its development, particularly evident in factory constructions where the brickwork is exposed without plastering, unlike in residential buildings where it is flattened and plastered. The technical superiority of Iranian works, especially in popular buildings such as local mosques and trading centers, showcases fine brickwork and sophisticated methods for concealing steel beams, meriting recognition as cultural heritage from Iran's early modern era.

Keywords

Vaulted Roof on I-Beam, Latif Abolghasemi, Early Modern Era, Jack Arch, Catalan Vault, Prussian Vault

Citation: Nari Ghomi, Masoud; Momtahan, Mehdi (2023). Finding the roots of a technical evolution of architecture at the beginning of the modern period in Iran: examining the late Latif Abolghasemi's hypothesis about the technique of Iranian Jack Arch, *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 28(3), 7-22. (in Persian) DOI: <https://doi.org/10.22059/jfaup.2024.370124.672934>



تحول فنی معماری دوره نوگرایی ایران: فرضیه مرحوم لطیف ابوالقاسمی در مورد تیرآهن و طاق ضربی

مسعود ناری قمی^۱، مهدی ممتحن^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی ساختمان و معماری، آموزشکده فنی پسران قم، دانشگاه ملی مهارت، قم، ایران.

^۲ استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵)

چکیده

سقف تیرآهن به همراه طاق ضربی از اولین تکنیک‌های خاص دوره مدرن‌سازی ایران است که تاکنون پژوهش تاریخی مناسبی در مورد آن انجام نشده است؛ مرحوم لطیف ابوالقاسمی (استاد فقید دانشگاه تهران) در دفاع از این تکنیک، آن را به‌عنوان یک فناوری ایرانی، معرفی کرده است. پژوهش حاضر با رویکرد تفسیری تاریخی، به بررسی فرضیه مطرح شده از سوی ایشان، براساس متون پژوهشی معاصر به همراه اسناد دست‌اول تاریخی از جمله تعدادی نشریات قرن نوزدهمی معماری و ساختمان، پرداخته است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که این تکنیک در قرن نوزده میلادی سه خاستگاه متفاوت در اروپای اوایل مدرن دارد: انگلیس (جک آرک)، آلمان (طاق پروسی) و اسپانیا (سقف کاتالان) که به ترتیب براساس مسأله آتش‌بندی، بهداشت و انطباق با تکنیک‌های سنتی، رشد یافته است. ورود آن به سیستم ایرانی، با منشأ آلمانی در کارخانجات دوره پهلوی اول و با منشأ انگلیسی-آمریکایی در بناهای دولتی بوده است؛ اما قبل از ورود مهندسان خارجی، این شیوه با تیر چوبی رایج بوده و عملاً یک تقاطع تاریخی، آن را به آهن پیوند داده است؛ لذا در قیاس با سه منشأ پیشین، ایرانی بودن این تکنیک در فرضیه ابوالقاسمی تأیید می‌شود و علاوه بر برتری در عدم نیاز به قالب‌بندی، نوع کار هنری انجام شده ایرانی بر روی آن در بناهای مردمی، این تکنیک را به یک میراث ارزشمند ابتدای مدرن‌سازی ایران بدل کرده است که مستقل از نمونه‌های غربی است.

واژه‌های کلیدی

سقف تیرآهن و طاق ضربی، لطیف ابوالقاسمی، ابتدای نوگرایی، جک آرک، سقف کاتالان، طاق پروسی

استناد: ناری قمی، مسعود؛ ممتحن، مهدی (۱۴۰۲)، تحول فنی معماری دوره نوگرایی ایران: فرضیه مرحوم لطیف ابوالقاسمی در مورد تیرآهن و طاق ضربی، نشریه

هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۸(۳)، ۷-۲۲. DOI: <https://doi.org/10.22059/jfaup.2024.370124.672934>

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۵۳-۷۷۳۷۶۳۶، E-mail: msnarighomi@ut.ac.ir



مقدمه

در معماری داخلی است همچنین بازیابی اصول فنی و تحلیل سازه‌ای این سقف به‌عنوان یک پوسته فشاری نازک، مورد نظر محققان قرار گرفته است. حتی در مورد خود طاق ضربی سبک ایرانی، در حیطه سازه‌ای، تحقیقات معاصر برای استفاده مجدد از این سیستم (البته به تعداد کم) انجام شده است. این رجعت به داشته‌های فرهنگ مهندسی معماری خودی (ایرانی)، در میان برندگان جایزه معمار و در معماری داخلی با این سیستم نیز باز نمود دارد.

بررسی آثار دوران پهلوی و ساخت و سازهای عامیانه این دوران نمایانگر هنرنمایی‌های بسیاری از سوی معماران تجربی با این فن آوری است. این مقاله در پی آن است که بار دیگر به منشأ این تکنیک در جهان برگردد و مفروضات طرح شده در مورد آن را به چالش بکشد. آیا این نوع طاق زنی، یک فن آوری عوامانه است؟ آیا این طاق واقعا دستاورد معماران تجربی ایران است؟ آیا در نقاط دیگر جهان چنین طاق زنی رواج داشته یا دارد و اگر بوده، چه زمینه‌هایی برای آن وجود داشته است؟ نحوه ورود این سیستم طاق زنی به عرصه ساختمان سازی ایران چه بوده است و در برخورد با محیط حرفه‌ای عام ایران چه تحولاتی در آن رخ داده است؟ این پژوهش با روش تحقیق تفسیری تاریخی و با تکیه بر اسناد تعیین‌گر و زمینه‌ای تاریخی می‌کوشد، درک بهتری از یک فن آوری عوامانه را در اختیار بگذارد و از این رهگذر، نگاه نوینی را در نسبت فن آوری با فضای عمومی حرفه برقرار کند؛ نخبه‌گرایی موجود در تحقیقات تاریخی یا فنی پیشین، مانع از برخورد منصفانه با این تکنیک شده است و ویژگی‌های هنری و فرهنگی آن، تحت الشعاع این نگرش‌ها، نادیده انگاشته شده است.

سقف تیرآهن و طاق ضربی به‌عنوان یک تکنیک دم‌دستی و عوامانه در میان مهندسان عمران و معماری ایران شناخته شده است. نقدهای متعددی در مورد این روبه وجود دارد که بعضاً هم غیرمستند و برخاسته از فضای ذهنی حاکم بر جامعه مهندسی است؛ سالیانی پیش مرحوم لطیف ابوالقاسمی در دفاعیه‌ای از این تکنیک، آن را حاصل کار معماران تجربی ایران و تداومی از معماری ایرانی در برخورد با تکنولوژی مدرن قلمداد کرد (ابوالقاسمی، ۱۳۷۶)؛ اما این مدافعه، چندان مورد استقبال واقع نشد؛ برخی همچون زند پیرنیا، تا حدی تحت تأثیر راسیونالیسمی که از قرن نوزدهم و متعاقب اظهارات ویوله‌لودوک در معماری مدرن جا باز کرد، معتقد به نمایش منطق سازه به‌عنوان یک اصل ایرانی بودند و قوس‌های کاذب بر روی اسکلت فلزی یا بتنی را نوعی فریب و مغایر با فرهنگ معماری ایران برشمرده‌اند؛ از این رو سیستم تیرآهن و طاق ضربی نمایان، برای اینان، نوعی مزیت امروزی را به همراه داشت (زند پیرنیا، ۱۳۴۸، ۹۳-۹۴) اما صریحاً از آن دفاع نکرده‌اند برخلاف جو حاکم در ایران، برخی از استادان رشته عمران دانشگاه‌های ایران در مقالات بین‌المللی خود، به تحلیل و بررسی طاق ضربی پرداختند و با آن به‌عنوان یک تکنیک مهندسی برخورد کردند (Maheri, 2004; Zahrai, 2015; Kazemi, Ghafory-Ashtia-ny& Tehranizadeh, 1998).

وضعیت طاق ضربی و تیرآهن چه از نظر فنی و چه زیبایی‌شناسی در جهان معاصر، اصلاً به آن تاریکی که در ذهنیت جامعه مهندسی نقش بسته، نیست. در آمریکا و ناحیه اسپانیولی زبان، بازگشت به معماری داخلی مبتنی بر تیرآهن و طاق ضربی نمایان، یکی از گزینه‌های مقبول

روش پژوهش

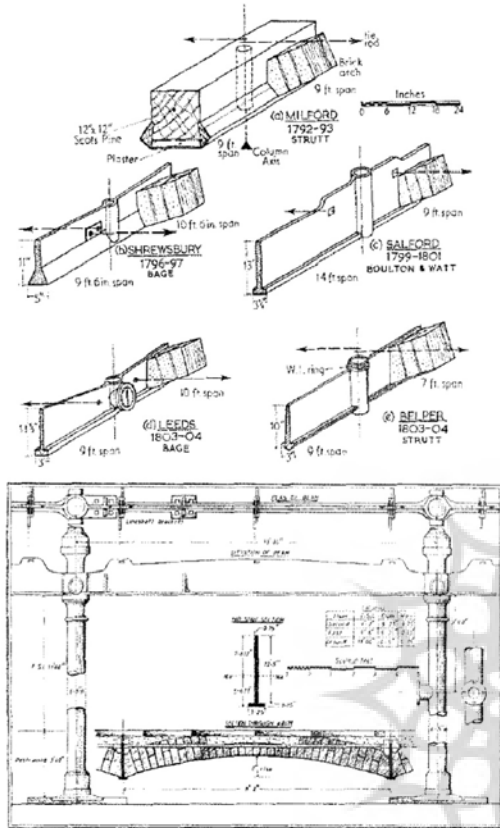
پژوهش حاضر به لحاظ موضوع خود، یک تحقیق تفسیری - تاریخی است که از میان رویکردهای تحلیل تاریخ (گروت و وانگ، ۱۳۸۴)، رویکرد تاریخ‌نگاری علی را برگزیده است. در این رویکرد، توالی علت و معلولی وقایع برای یافتن منشأ اصلی پدیده‌های تاریخی، پیگیری می‌شود؛ در مورد پیشینه این تکنیک در غرب، متون پژوهشی معاصر به همراه اسناد دست اول تاریخی از جمله تعدادی نشریات قرن نوزدهمی معماری و ساختمان که آرشیو آنها به صورت آنلاین در دسترس است، بررسی شد؛ از میان این موارد، نشریه تاریخی آلمانی هفته‌نامه مشتریان ساختمان که نسخه آرشیوی شماره‌های مرتبط از ۱۸۵۰ تا ۱۹۰۰ و حتی بعد از آن مورد بازبینی قرار گرفت، نشریه مجله اتریشی انجمن مهندسان و معماران و نشریه موسوم به روزنامه ساخت‌وساز آلمانی نیز بررسی شد؛ همچنین مجله مشهور ابتدای قرن بیستم بین دهه ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ فرانکفورت جدید مرور گردید؛ اما در مورد ایران، دو نشریه معماری اصلی در قبل از انقلاب یعنی مجله آرشیوتکت (مربوط به دهه ۱۳۲۰) و هنر و معماری (مربوط به دهه ۱۳۴۰ و ۱۳۵۰)، صفحه به صفحه بررسی و هر نوع اشاره به این تکنیک مورد توجه قرار گرفت؛ ضمن آنکه پرونده‌های ثبتی کارخانجات اوایل مدرن در میراث فرهنگی (بازیافت شده از سایت تاریخ معماری ایران شهر) نیز مطالعه شد؛ مصاحبه‌های نشر شده از استادکاران، اسناد تعیین‌گر دیگر برای ریشه‌یابی موضوع بود که مشخصاً خاطرات

مرحوم لرزاده و پیشوایزدی، مورد استناد بوده است. در بخش نهایی برای رسیدن به کیفیات ایرانی تر این طاق، از اسناد پژوهشی دو تحقیق پیشین از نگارندگان در مورد معماری دوران پهلوی (در قالب دو مقاله و یک طرح پژوهشی) در مورد مساجد و تجاری‌های مردمی ساز دوره گذار مدرنیته، استفاده شد که به‌عنوان شواهد استنباطی مورد نظر بوده است.

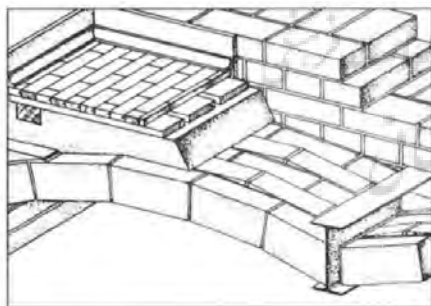
پیشینه پژوهش

برخی دیگر در دهه اخیر، این سقف را گران، سنگین و غیرمقرن به صرفه دانسته‌اند (سلاجقه، صیفوری و محمدی، ۱-۲)؛ چنین نقدی در دهه ۱۳۲۰ نیز عیناً تکرار شده بود؛ در این مقاله راجع به سقف متشکل از تیرآهن و طاق ضربی که «متأسفانه» در کشور رواج دارد به علت مردود بودن از نظر فنی و حتی به‌صرفه نبودن آن به سبب افزایش قیمت تیرآهن سخنی به میان نمی‌آید (دومان، ۱۳۴۸، ۱۱۴). گنجی نیز در سال ۱۳۲۵ ضمن انتقاد به اسکلت فلزی، بتن را به سبب یکپارچگی و انعطاف‌پذیری فرمی، جایگزین مناسب می‌داند (گنجی، ۱۳۲۵، ۹۳). عملاً دیده می‌شود که درس‌خوانده‌های اروپا، با ظهور بتن، نوعی خوشبینی بی حد و حصر نسبت به آن دارند که هر موضوع مقابل آن را غیراصولی تلقی می‌کنند؛ موضوعی که قبل تر از زبان ابوالقاسمی در رواج سقف «ایتال» و ضدیت آن با طاق ضربی، نیز دیده می‌شد (ابوالقاسمی، ۱۳۷۶). در دفاع مرحوم ابوالقاسمی دورویکرد متفاوت وجود دارد؛ نخست اینکه این تکنیک منشأ ایرانی دارد و دوم اینکه، خصوصیات ایرانی بر آن بار می‌شود که حتی اگر

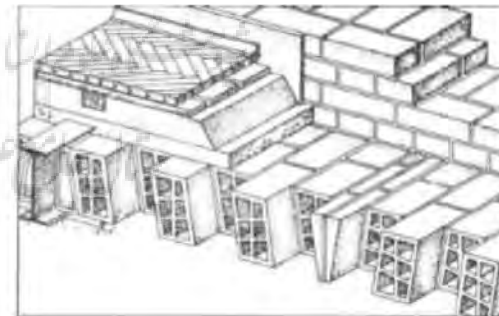
از آهن ساختمانی، در ابتدا به صورت کف‌های چوبی رایج در اروپاست که تیرآهن جایگزین تیرهای اصلی و فرعی آن شده است؛ استفاده از مصالح بنایی در ترکیب با تیرآهن (چه در حالت بتن، یا سنگ یا آجر) بخشی از تحولات بعدی است.



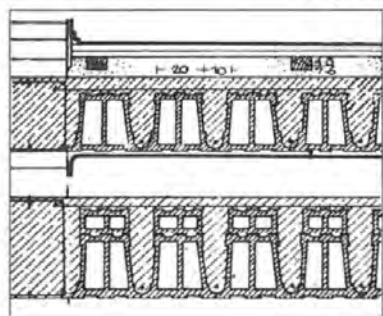
تصویر ۲. چپ: تحولات تیر نگهدارنده طاق ضربی در سیستم انگلیسی از تیر چوبی تا تیر I. شکل (۱۷۹۲-۱۸۰۳) - نقل شده در (Kemp, 2003) راست: جزئیات طاق ضربی در کارخانه آرملی (۱۸۰۴-۱۸۰۵ نقل شده در (Kemp, 2003).



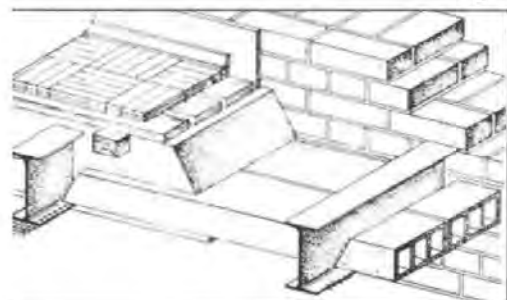
سقف پروسی



سقف کلاین



سقف آکرمن



سقف هاردیس

تصویر ۱. برخی طاق‌های رایج روی تیرآهن در نیمه دوم قرن ۱۹ اروپا است. مأخذ: (Jovanovic-Popovic & , Radivojevic, 2000)

منشأ آن هم‌فرنگی باشد، این خصوصیات، قابل تأمل و واجد ارزش است، از جمله، عدم نیاز به قالب و زیبایی‌شناسی خاص ایرانی در مورد کاربرد آن. در ادامه نخست به فرضیه منشأ این طاق پرداخته می‌شود.

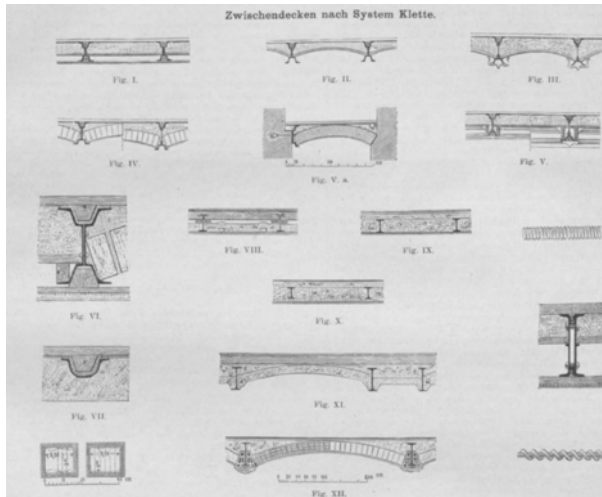
مبانی نظری پژوهش

۱. خاستگاه فناوری

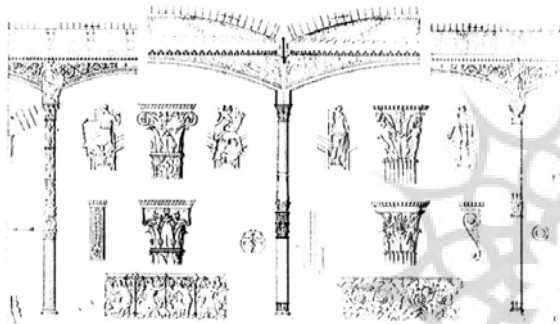
پیشینه‌های ادعا شده در مورد این طاق در مقالاتی چند در حوزه رشته عمران عمدتاً به ساخت و سازهای صنعتی در انگلستان در حوزه پارچه‌بافی اشاره دارد؛ دال طاق ضربی در اواسط قرن ۱۹ میلادی در کشور انگلستان ابداع گردید از این سیستم دال بیشتر برای پوشش فضاهای گسترده در کارگاه‌ها و کارخانه‌ها استفاده گردید. (سلاجقه، صیفوری و محمدی، ۱۳۸۹، ۳). اما بررسی موشکافانه، نشان‌دهنده گستردگی بیشتر بحث این طاق و وجود منشأهای متفاوتی برای آن در اروپا و آمریکا است؛ این نقاط آغاز، هر یک با انگیزه و بستر متفاوتی مطرح شده‌اند و ضرورتاً با هم مرتبط نیستند. تحلیل نمونه‌های مسکن در یوگسلاوی سابق، نشانگر وجود تکنیک‌های سقف‌زنی متفاوت روی تیرآهن است که برخی از آنها همانند طاق پروسی، مشابه طاق ضربی است، برخی مانند سقف کلاین، نیز سازه غیر مسلح متکی به قوس مسطح (لنتو) می‌باشد و مابقی با استفاده از آجر سفالی مسلح ایجاد شده است (تصویر ۱).

۲. طاق ضربی آتش‌بند

تاریخچه‌های رسمی انگلستان، این سقف را تحت عنوان جک‌آرک^۱ یک ابداع برای آتش‌بندی از زیر می‌داند؛ مشهور آن است که پس از آتش‌سوزی ۱۷۹۱ در کارخانه آرد بزرگ در انگلیس، مهندس و صنعتگری به نام استورت سقف مشابه طاق ضربی (البته با تیر چوبی مطابق تصویر ۲) پیشنهاد داد. آهن نورد شده به صورت پروفیل I در انگلستان تولید شد و از ابتدا مقطع آن به این شکل نبود؛ طاق‌های پیشنهادی برای استفاده



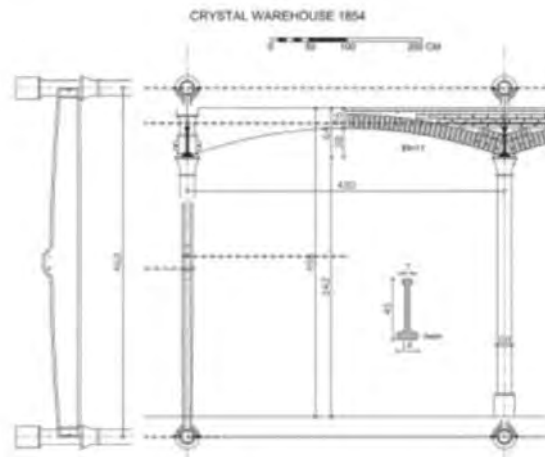
تصویر ۴. انواع سیستم طاق دپوش رایج در آلمان نیمه دوم قرن ۱۹. مأخذ: (Wagner, 1886)



تصویر ۵. جزئیات سازه فلزی ترسیم ده توسط معمار موزه برلین، ۱۸۴۳. مأخذ: (Lorenz, 1999)

در ساختمان موزه جدید برلین در سال‌های ۱۸۴۱ تا ۱۸۵۹، تکنیک‌های مختلف طاق آجری بر روی تیرآهن‌ها به‌عنوان تکنیک‌های مدرن (و نه برخاسته از سنت) به کار گرفته شد. در موزه نخست برلین که توسط شینکل طراحی شده بود، تکنیک‌های سنگ و چوب که سنتی اروپا محسوب می‌شدند به کار رفت، اما در این موزه که تنها ۱۷ سال بعد، ساخته شد، مهندسان، خواستار تکنیک‌های برتر روز بودند و بنابراین بود که این ساختمان نماد فرهنگ برتر ساخت‌وساز پروس می‌باشد که حاصل آن همین قوس‌های آجری بود (Lorenz, 1999) (تصویر ۵).

کیانوری در تحلیلی از تکنیک‌های معماری شوروی، بحث می‌کند که در نتیجه نبودن چوب در نقاط استپ اوکرائی مجبور شدند که از مصالح محلی استفاده کنند و در نتیجه به‌جای سقف‌های چوبی طاق‌های آجری بنا کنند. از این راه‌مندی‌های جدید در استفاده از طاق آجری برای ساختن خانه‌های مسکونی به وجود آمد. از طرف دیگر در جستجوی مصالح جدید نوع جدیدی از گچ بسیار سخت به دست آمد که برای ساختن طاق می‌تواند مصرف شود و امروز بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نقاط پر چوب و کم آهن موضوع استفاده از چوب به‌جای آهن برای آرماتور بتون که از سال‌های ۱۹۳۷ و ۳۸ در شوروی مورد آزمایش قرار گرفته بود دوباره رونق گرفت. (کیانوری، ۱۳۲۵، ۶۲)؛ این موضوعی که کیانوری به آن اشاره دارد، در بررسی تکنیک‌های معماری اوایل قرن بیستم به‌ویژه در بناهای مردمی‌ساز، با نام طاق پروس یا آلمانی در کشورهای آسیای میانه و حتی لبنان و یونان دیده می‌شود. مثلاً تحقیق روتر بلاگوبویچ و



تصویر ۳. جزئیات کارخانه کریستال ویرهاوس بلژیک مربوط به ۱۸۵۴. مأخذ: (Wouters & De Bouw, 2006)

تحلیل هادکینسون (که در اصل یک ریاضیدان بود) در مورد خمش تیرها به تدریج منتهی به تیر I شکل شد؛ گرچه تاریخچه ظهور این فرم، افرادی همچون ترنر (کارخانه‌دار آهن و پیمانکار بناهای فولادی در قرن نوزده) و معماری به نام بارتن را نیز یادآوری می‌کند (Peterson, 1980). آنچه مسلم است، ضدحریق بودن، مهم‌ترین انگیزه انگلیسی‌ها و سپس آمریکایی‌ها برای حرکت از سمت سازه چوبی به سمت فولاد و مقاطع نورد شده بوده است (Wermiel, 2020) و همین امر سرنوشت این دو موضوع (تیرآهن و طاق ضربی) را در این ممالک در قرن نوزدهم به هم پیوند داده است.

این امر در مورد طبقات میانی ساختمان‌های صنعتی موضوعیت دارد و ممکن بود در طبقات فوقانی بخاطر کاهش وزن، بازهم چوب به کار رود (Urban & Goldyn, 2020). این تکنیک انگلیسی در کشورهای دارای ارتباط قوی‌تر با ناحیه انگلوساکسون مانند بلژیک، از همان‌ها اخذ شده است. ووترز و دی‌بو، در بررسی کارخانه‌های ساخته‌شده در بلژیک در سه دهه ۱۸۴۰ تا ۱۸۷۰، استفاده از این تکنیک را در دهانه‌های مختلف با تیرهای چدنی قالب‌ریزی‌شده در محل و نوردشده، مورد بررسی قرار داده‌اند که در این موارد، باربری قوس آجری (علاوه بر آتش‌بندی)، مورد تأکید بوده است. به بیان ایشان، این تکنیک پس از کاربرد در کارخانه‌های اولیه، در بناهای غیرصنعتی بروکسل نیز مورد تقلید قرار گرفت (Wouters & De Bouw, 2006) (تصویر ۳).

۳. طاق ضربی به‌عنوان سقف دپوش

مقاله‌ای در نشریه آلمانی هفته‌نامه مشتریان ساختمان^۲ سال ۱۸۶۷ به تکنیک‌های جدید ساخت سقف پرداخته است و طاق ضربی روی تیرآهن را به‌عنوان یکی از انواع سقف‌های دپوش مطرح نموده است؛ در این مقاله، در توجیه علت کاربرد این نوع سقف‌ها، علاوه بر جنبه اقتصادی و دوام، یک‌علت بهداشتی مهم یعنی ممانعت از رشد قارچ‌ها در زیر سقف‌های چوبی نیز ذکر شده است (Wagner, 1886). نمونه‌های این سقف‌ها که در ترسیم این مجله دیده می‌شود، گونه‌های متفاوتی از طاق آجری روی پروفیل‌های با فرم قدیمی‌تر از I ارائه شده است (تصویر ۴). در کارخانه‌های صنعتی ایران که طراحی آلمانی‌هاست، این امر می‌تواند تأثیرگذار بوده باشد که در بررسی نمونه‌های ایرانی به آن پرداخته شده است.

۴. طاق ضربی به عنوان سازه اصلی

در سال ۱۹۶۶ دانشگاه رایس در هیوستون نگراس گزارشی پژوهشی در مورد سیستم تیرآهن و طاق ضربی، منتشر کرده است؛ این پژوهش با هدف کاربرد این تکنیک برای ساخت بناهای جدید دانشگاهی در شهر گوادلآجارا مکزیک انجام شده است؛ در این پژوهش این سیستم به عنوان یک سیستم رایج در آن دوران در این شهر مکزیک ذکر می‌شود. تحقیق مورد نظر منشأ این تکنیک را در دو تکنیک پیشین یعنی طاق کاتالان^۵ اسپانیایی‌ها و نیز تکنیک قدیمی در میان سرخپوستان در کلبه‌های تیرپوش، می‌داند و در نهایت هم با تیرچه‌های فولادی و هم بتنی به کار رفته است (Krahl, 1966). همین نگارنده و همکارش در نوشتاری دیگر، منشأ اصلی تکنیک را متعلق به سرخپوستان مکزیک و سیستمی به نام تراو^۶ می‌داند که اسپانیایی‌ها طاق کاتالان را از آن برگرفتند (Krahl and Ransom, 1966) (تصویر ۸). کوماگای و دیگران (۲۰۱۸)، این طاق را از ابداعات نیمه دوم قرن ۱۹، و مقدمه‌ای برای ورود سقف‌های بتون مسلح می‌دانند؛ چرا که از دید آنان، سقف کاتالان در اصل، از دو لایه لاپوش با ملاتی سازه‌ای به عنوان پوسته نازک بتنی در بین دو لایه شکل می‌گیرد و نوعی سقف ضد آتش است؛ اما این شرح که با کروکی‌های کوربوزیه از این سازه هم سازگار است، با نمونه‌های آمریکای لاتین آن دوران، بعضاً همخوانی ندارد. به هر حال، این پژوهش، رواج این نوع طاق را به صورت نمایان را در سبک محلی مابین مدرنیسم و هنر نو، در بارسلون دهه ۱۹۲۰ نشان می‌دهد، در حالی که در مادرید، به‌رغم رواج زیاد کارهای آجری مدرن در نما، این نوع سقف کمتر دیده شده است (Kumagai, Ito & Kimura, 2018).

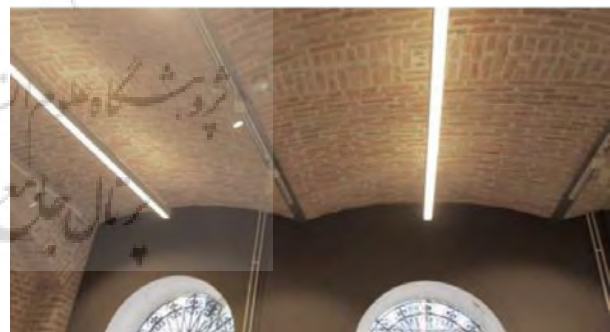


تصویر ۸. تیرآهن و طاق ضربی متداول در مکزیک که همانند ایران، بدون قالب و به حالت پر زده می‌شود. مأخذ: (کراال و رنسام، ۱۹۶۶، ۱۷)

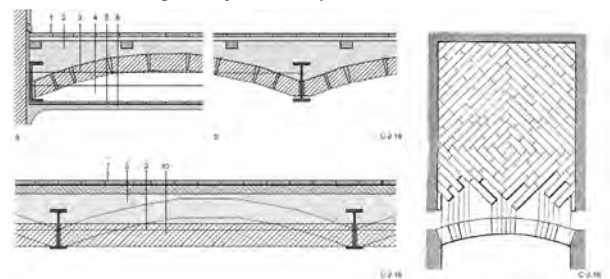
تحقیق گارسبیا، ماگدالنا و مدین (۲۰۱۸) منشأ دیگری را برای طاق‌های خمیده آجری روی آهن به حالت لاپوش در آمریکای مرکزی ذکر می‌کند و آن، دو اثر لوکوربوزیه مربوط به سال ۱۹۵۵ (در اواخر دوران کاری خود) است، دو خانه یکی در احمدآباد هند (سارابهایی) و دیگری همان سال در پاریس (ژائول)؛ در این دو بنا، طاق لاپوش به صورت نمایان به کار رفته است؛ به بیان ایشان، کوربوزیه با این نوع طاق در آثار گائودی و البته معماران مدرن بومی آمریکای لاتین مانند خوزه لوویس سرت آشنا شده بود؛ اما تأثیر اصلی بر وی را سفری گذشت که به بوگوتا در کلمبیا داشت و خانه‌ای طراحی شده توسط معماری به نام پیزانو بریگارد با تکنیک اسپانیایی ساخته شده بود، دید. اسکیس‌های وی در دفترچه‌اش، شمایی مبهم از نحوه اجرای این طاق نشان می‌دهد؛ در حالی که تحقیق ایشان حاکی است که در بناهایی قدیمی‌تر از آثار لوکوربوزیه که توسط معماران مدرن این کشورها طراحی شده، نمونه‌هایی از کاربرد این تکنیک دیده می‌شود. البته بحث این است که آیا آنچه کوربوزیه به کار برده، تکنیک سفال مسلح است یا سقف کاتالان واقعی. زیرا سفال مسلح در ۱۹۴۷

جوکانوویچ (۲۰۲۰) در مورد بناهای مدرن نیمه اول قرن بیستم حاکی از رواج تیرآهن و طاق ضربی تحت عنوان پروسین واولت^۳ در بلگراد است که نگارندگان، آن را تحت تأثیر تحصیل‌کردگان ناحیه آلمانی‌زبان می‌دانند. البته تنوع تکنیک‌های سقف تیرآهنی با پرکننده از جنس آجر، در یوگسلاوی ابتدای قرن بیستم، نسبتاً زیاد است (Jovanovic-Popo- vic & Radivojevic, 2000). در واقع برای اهالی بلگراد، این تکنیک، یکی از مصادیق گسستن از شرق عثمانی و پیوستن به جهان مدرن غربی تلقی می‌شد. در معماری صنعتی صربستان نیز کاربرد این سقف در اوایل دوره مدرن دیده می‌شود (Draganić, 2019). معماری به نام واکوویچ در ۱۸۸۲ این سیستم را وارد ساخت‌وساز مسکونی کرد (Aladžić, Grk- ović, & Dulić, 2019). در بررسی ساختمان کارخانه شکر در صوفیه بلغارستان که در سال‌های ۱۸۹۷ و ۱۸۹۸ بنا شده است، نیز کاربرد وسیع تیرآهن و طاق ضربی با همان عنوان طاق پروسی دیده می‌شود (Trayko- va & Metalkova-Markova, 2015).

طاق پروسی عمدتاً با قالب‌بندی در زیر آن اجرا می‌شده است و موارد معدودی نیز بدون قالب از سوی استادکاران ماهر اجرا شده است که مربوط به نوع آجرچینی دمغازه‌ای است (Siegele, 2014) (تصویر ۶). آن‌طور که گیبلر (۲۰۰۸) در شرح فناوری ساختمان در بازه ۱۸۵۰ تا ۱۹۲۰ آلمان ذکر می‌کند که رواج طاق‌های تیرآهن و ضربی در آلمان مربوط است به دوره موسوم به رونق صنعتی^۴ که از ۱۸۵۰ و پیروزی در جنگ پروس و فرانسه شروع می‌شود؛ طاق‌های ضربی با آجرچینی‌های مختلف تحت عنوان مولر، شوال و کوفمان (که در زیرزمین‌ها برای مقابله با رطوبت به کار می‌رفت)، در این دوره در همکف و طبقات روی تیرآهن به کار رفت که ملات آن از نوع آهکی بود و انعطاف‌پذیری مورد نیاز را نیز ضمانت می‌کرد و زیر آن با لایه گچی تسطیح می‌شد که مطابق سلیقه آلمانی بود (ندیدن قوس در زیرسقف) (تصویر ۷).



تصویر ۶. طاق پروسی بازمانده از اوایل دوره مدرن با آجر نمایان در بلگراد. مأخذ: (روتیر بلاگوویچ، & تjukanović, 2020)



تصویر ۷. آجرچینی دمغازه‌ای در زیرزمین‌های آلمان که بعدها به طاق روی تیرآهن بدل شد و مسطح‌سازی زیر سقف ضربی که از سوی آلمان‌ها برای فضای مسکونی، ترجیح داده می‌شد. مأخذ: (Giebeler, 2008, 136)

فرانسه در ایران برای نشریه گزارش‌های بازرگانی در سال ۱۹۱۲ که در شماره ۱۰۷۹ نشریه در پاریس چاپ شده: «در واردات ایران اثر از مصالح ساختمانی (چوب یا آهن) دیده نمی‌شود، مگر موارد نازک کاری مانند شیشه و آئینه. کشورهای خارجی تازه درصددند که در این کشور راه آهن درست کنند» (دهقان، ۱۳۷۰). این امر نشان می‌دهد که آهن در کارهای ساختمانی مردمی و حتی خاص کاربردی ندارد؛ اما شواهدی مبنی بر کاربرد تیرآهن را می‌توان در قبل از این تاریخ در تکیه دولت دوره ناصری دید؛ مادام کارلاسرنا در سفرنامه‌اش داین‌رباره می‌نویسد:

«ناصرالدین شاه بعد از مراجعت از اروپا، دستور داد تکیه‌ای به سبک تازه و متصل به کاخ بنا کنند... روی چنین بنای عظیمی گنبد یا سقف درست کردن کار بسیار خطیری بود. به خصوص در ایران که آهن و روی و شیشه یافت نمی‌شود. بعد از تحمل هزاران مشقت، بالاخره موفق شدند سه تیر چوبی بسیار بزرگ، که سر آنها را با نوارهای آهنی محکم به هم وصل کرده بودند، از بالای ساختمان گذرانده و طاق چوبی زمختی در آن بالا درست کنند. یکی از وزیران ناصر الدین شاه به فکرش رسیده بود که بالای آن را با چادر پارچه‌ای که روی میله‌های آهنی کشیده می‌شود، بپوشانند» (شهیدی، ۱۳۸۳، ۲۳۵-۲۳۶).

در تصاویر تکیه دولت، آهن‌ها به صورت تیرآهن دیده می‌شود. نخستین نمونه‌های رسمی ساختمان با سقف تیرآهنی را باید کارخانه‌های ساخت آلمان‌ها در ایران دانست؛ کارخانه ریسباف اصفهان و اقبال یزد دو نمونه از این‌ها هستند که طاق ضربی در آنها به صورت نمایان دیده می‌شود؛ البته همان‌طور که در طاق پروسی بحث شده، این امر در مهندسی ساختمان آلمان در قرن نوزدهم به‌عنوان یک شیوه مهندسی در ساختمان‌های صنعتی شناخته شده بود؛ اما در ایران، اجرای این طاق‌ها را استادکاران ایران به عهده گرفتند (Javaherian, 2010). در خاطرات پیشوا یزدی (البته مربوط به ابتدای دوره پهلوی دوم) منشأ دیگری برای ورود طاق ضربی با تیرآهن می‌یابیم که مربوط به آمریکایی‌ها در ایران است؛ در این خاطره نقل شده مهندس آمریکایی، این طاق را همانند یک دال بتنی خمیده، به‌عنوان یک طاق با هندسه دقیق می‌خواهد که ظاهراً باید قوس آن بخشی از فضای داخلی باشد و صاف نشود (پیشوا یزدی، ۱۳۹۰) که او و چند استادکار دیگر، آن فرم را دقیق ایجاد می‌کنند. معرفت (۱۹۸۰) تعدادی از ویلاهای دوره رضاشاهی را دارای سقف تیرآهن و طاق ضربی ذکر می‌کند و در تصویری که از مدرسه انوشیروان دادگر (طراحی مارکف) ارائه کرده است، این نوع طاق با آجر نمایان مشهود است. بنابراین می‌توان گفت که از ابتدای آشنایی با تیرآهن، طاق ضربی زدن روی آن، به‌عنوان یک گزینه نسبتاً عادی در محیط حرفه‌ای ایران دیده شده است و نه یک تکنیک وارداتی خاص.

هم‌زمان با دوره مورد نقل پیشوا یزدی، در اسناد طراحی و ساخت مجتمع چهارصد دستگاه نازی آباد که بانک رهنی در دهه ۱۳۲۰ در دست اجرا دارد و برای قشر کم درآمد، ساخته می‌شود، مهندس علی صادق فارغ التحصیل بلژیک است، سیستم ترکیبی ستون و دیوار باربر به همراه دال طاق ضربی را بدیتیل‌های کامل به‌عنوان یک طاق مهندسی پیشنهاد می‌دهد که البته سقف آن از زیر، صاف دیده می‌شود.

نکته مهم در این نمونه‌ها، تفاوت کاربرد سقف طاق ضربی به‌عنوان یک دال غیرمسطح یعنی حالتی که قوس‌های طاق در زیر فضا دیده می‌شود

ابداع شد و بسیاری بناهایی که ظاهر قوس آجری در آنها دیده می‌شود، عملاً با این نوع مسلح‌سازی احداث شده‌اند. نهایتاً محصول این پژوهش، نشان دادن وجودی بستر مردمی برای تکنیک در این کشورهاست که کاربرد آن توسط لوکوربوزیه، آن را تشدید و تقویت کرده است (تصویر ۹).



تصویر ۹. اسکیس لوکوربوزیه و نمای داخلی سقف کاتالان در پروژه بریگارد که لوکوربوزیه آن را دیده و احتمالاً از آن الهام گرفته بود. مأخذ: (Garcia, Magdalena & Medina, 2018)

آنچه مجموعاً از این پیشینه‌ها در مورد این تکنیک سقف‌سازی به دست می‌آید، این است که:

۱. در نمونه‌های صنعتی انگلستان، آتش‌بندی مهم‌ترین انگیزه برای این نوع طاق‌زنی بوده است و روند آجرکاری عمدتاً با قالب‌بندی و بیوند رومی بوده است و چندان با پیشینه‌های معماری خود آن سرزمین‌ها مرتبط نمی‌باشد؛ این نوع طاق‌زنی در تولید فولاد با مقطع T و I شکل مؤثر بوده است؛
۲. در نمونه‌های آلمانی، آتش‌بندی یک هدف اصلی نیست، بلکه وفور آجر در اثر انقلاب صنعتی، این تکنیک سطوح زیرین بنا و پی‌سازی را به تراز طبقات روی زمین کشانده است و فولاد و چدن به این امر کمک کرده است؛ نمونه‌های آلمانی تنوع کاربری و فرمی گسترده‌تری دارد و در مسکن هم به‌عنوان عامل ایجاد سقف مسطح و بهداشتی (تلاش برای عدم کاربرد چوب در زیر سقف که محل رشد قارچ در اقلیم مرطوب است) مورد نظر بوده است؛
۳. سقف کاتالان در دو سرزمین نضج گرفته است: مکزیک و اسپانیا و البته اینکه کدامیک تحت تأثیر دیگری است، پاسخ مشخصی ندارد؛ تأثیر معماری اسلامی بر اسپانیا مورد قبول همگان است و در حوزه اسلامی، طاق‌آهنگ، یک طاق سازه‌ای متداول است؛ ضمن آنکه سابقه معماری خشتی در مکزیک، شناخته شده است (Minke, 2013, 10). کاربردهای دوره مدرن از این طاق، هم مهارت بیشتر و هم کاربرد سازه‌ای‌تر این نوع سقف را نسبت به دو مورد پیشین نمایش می‌دهد.

هم‌نشینی آهن و آجر در ابتدای مدرن‌سازی در معماری ایران

استدلال ابوالقاسمی در مورد ایرانی بودن طاق ضربی روی تیرآهن، بجز پیشینه قوی طاق‌آهنگ در ایران، تکنیک محلی در شیراز است که در آن طاق ضربی روی تیر چوبی زده می‌شود؛ البته پیشوا یزدی، این امر را روندی رایج در دوره قبل از تیرآهن در ایران می‌داند (وی استادکار سنتی است که در قم رشد کرده است و در نقاط مختلف ایران کار کرده است) (پیشوا یزدی و اندرودی، ۱۳۹۰، ۶۵-۶۶).

ورود تیرآهن به ایران، خود یک موضوع قابل بحث است؛ در اسناد بازرگانی ایران در زمان پهلوی، گزارش مسیو سوگون مترجم اول سفارت

نوگرایی محسوب می‌شده است. حتی در تبلیغات طاق تیرچه‌بلوک در نشریه هنر و معماری، بیش از آنکه بر مدرن بودن این سیستم تأکید شود، بر ارزانتربودن آن نسبت به طاق تیرآهنی تأکید شده است. این موضوع، چیزی است که از دهه ۱۳۴۰ تاکنون بارها در نوسان بوده است و هزینه‌بر بودن این دو سیستم در قیاس با هم کم و زیاد شده است. در دوران جنگ و در جریان بازسازی‌ها، طاق ضربی، با آهن یا حتی بدون آهن، به‌عنوان یک سیستم ارزان و قابل ساخت با مصالح موجود در ایران تشویق می‌شود. در این دسته طاق ضربی، به‌عنوان یک تکنیک سریع و فاقد نیاز به دقت هندسی (برخلاف نمونه‌های اولیه غربی) شناخته می‌شود که می‌توان آن را با نمونه سقف اسپانیایی (کاتالان) و رویه سرخپوستان مکزیک مقایسه کرد که در آن موارد نیز طاق ضربی و تیرآهن یک طاق سهل الوصول شناخته می‌شود که اجرای آن تکنیک یا مهارت بالایی نیاز ندارد.

با اینحال معاصرین، به تبع نگاه جامعه مهندسی، نگاه منفی مزبور به همان وضعیت را نیز دارند؛ از جمله حجت معتقد است: «اصلاحات ارضی آغاز دگرگونی در شکل کالبدی و چهره روستاها بود و پای مظاهر فن آوری جدید ساخت و ساز را با بای پشته‌فنی به روستا باز کرد» (حجت، ۱۳۸۵، ۸۴).

در دو دسته بعد از کارها، یعنی مساجد و تجاری‌هایی که در اواخر دوره رضاشاه و اوایل محمدرضا شاه ساخته شده است، تمایل به نمایش تیرآهن و به تبع آن بافت آجری زیر، مشهود است؛ در نمونه‌های قدیمی‌تر، قوس طاق آجری، آشکارتر است؛ اما به تدریج به سمت پنهان کردن قوس و نمایشی از طاق مسطح، پیش برده می‌شود؛ مهارت معماران سنتی در آجرچینی و تزیین زیر این طاق‌ها، نشان از رشد و نمو یک تکنیک ایرانی‌شده دارد که دیگر راه خود را از سیستم فرنگی جدا کرده است. در نمونه‌های خارجی، کار از این دست تنها به صورت استثنایی دیده می‌شود. نقد ابوالقاسمی از عدم توجه به بستر ایرانی این سیستم را بیشتر باید معطوف به این بخش از زندگی طاق ضربی در فضای مهندسی ایران دانست که عمر زیادی نداشت و زود متوقف شد.

بحث: ظهور ویژگی‌های ایرانی در تکنیک مدرن تیرآهن و طاق ضربی

مجموع بحث فوق نشان می‌دهد که با توجه به فناوری و مهارت در ساخت طاق‌های ایرانی، طاق ضربی روی تیرآهن را به‌نوعی می‌توان یک تطبیق مهارت معمار تجربی ایرانی در برخورد با فن آوری فولاد دانست که در ابتدای امر کاملاً وارداتی است. مهارت و فن ساخت رایج حضور تیرآهن (به‌عنوان یک فناوری تازه‌وارد) در ساختمان‌های دوره پهلوی، امتدای است از مهارت طاق زدن میان دو یا چند تویزه گچی (لنگه گچی) یا طاق ضربی میان دو تیر چوبی که پیش حضور تیرآهن در معماری ایران به سهولت کمال رسیده بود. مهارت طاق زدن میان تویزه‌ها، قوس‌ها و لنگه‌گچی‌ها، توسط استادکاران معمار، با هندسه بعضاً پیچیده، شیوه رایج بود لذا تداوم این مهارت در شیوه طاق زدن میان دو تیرآهن (که نوعی طاق آهنگ با دهانه و خیز کم است) به سهولت قابل انجام بود (تصویر ۱۱).

به‌جز مزیت اساسی این طاق در عدم نیاز به قالب‌بندی (که در میان تکنولوژی‌های رایج طاق زدن، منحصربه‌فرد است)، از لحاظ نوع باربری نیز به دلیل قفل‌وبستی که بین آجرها ایجاد می‌شود، یکپارچگی

که جلال آل احمد برای سیمین بهبهانی که به آمریکا رفته، می‌سازد (طایفه، ۱۳۹۹)، نشانگر آن است که دستکم در این دهه، این سیستم ساختمانی یک سیستم پیشرفته و نماد نوگرایی محسوب می‌شده است؛ بویژه که در این نمونه کاملاً به صورت نمایان کار شده است. البته کاربرد این سیستم مشابه آنچه که در چهارصد دستگاه دیده شد، در دهه‌های ۱۳۴۰ و ۱۳۵۰، به‌عنوان یک فناوری مربوط به انبوه‌سازی در مجتمع‌های مسکونی کارگری و کارمندی متعددی به کار می‌رود؛ و ظاهراً وجهه آوانگارد آن کم‌رنگ می‌شود. عملاً در ساخت و سازهای ارزانتقیمت و حتی مربوط به قشر متوسط مانند شهرآرا در دهه ۱۳۴۰، تیرآهن و طاق ضربی، انتخاب فنی و اقتصادی مناسبی محسوب شده است که نمونه آن در کوی نهم آبان، نازی‌آباد، تهران‌ویلا و مهران در این دهه ذکر شده است (کامی شیرازی، سلطان زاده و حبیب، ۱۳۹۷، ۴۴-۴۶).

این موضوع در تأکید ابوالقاسمی بر این سیستم و گلائی وی از جایگزینی آن با سیستم سقف ایستال (همان تیرچه‌بلوک) مشهود است (ابوالقاسمی، ۱۳۷۶)؛ وی در مصاحبه سال ۱۳۵۲ با نشریه هنر و معماری شماره ۱۷ که در همان شماره آثار وی نیز معرفی می‌شود، به این بحث می‌پردازد که آموزش معمار باید با ساخت و ساز عجین باشد. قابل توجه است که آثار معرفی‌شده وی همگی ویلاهای لوکسی است که برای کارفرمایان ثروتمند طراحی و ساخته شده است. نمونه ویلای لوکس دیگری نیز در همان مجله از یک معماری خارجی، چاپ شده است که با دستکاری در سیستم تیرآهن و طاق ضربی و قرار دادن طاق در بالای تیرآهن، در نمای اصلی، آهن‌ها به صورت نمایان و آجرها به صورت پنهان کار شده‌اند.

بعد از ابوالقاسمی از معدود نمونه‌هایی که در کارهای معماران هنری ایران در آن، طاق ضربی به صورت نیمه‌آشکار و به‌عنوان بخشی از طراحی به کار رفته است، دانشگاه بوعلی همدان طراحی نادر اردلان است؛ اگرچه اردلان خود قائل نیست که این کار نمایشگر تفکر طراحانه اوست و کار اجرا شده را بواسطه ضعف مالی در دوران پس از انقلاب، فاقد نظارت‌های لازم معمارانه می‌داند؛ اما چنانکه آقایی راد (۱۵، ۲۰) بخوبی بحث کرده است، آرایه‌ها و نمودهای اجرا شده در این کار با آثار اردلان همخوانی دارد و نمی‌توان کاربرد نیمه‌آشکار طاق ضربی را هم دوره از ایده‌های معمار ندانست. در واقع همانند پروژه دانشکده مدیریت هاروارد، کاربرد قوس در سقف و دیده شدن آن، بخشی از بروتالیسم منطقه‌گرایی است که در ایران، متأثر از کنفرانس اصفهان و آثار لویی کان بوده است.

در کارهای مردمی دوران گذار، سه‌گونه مفهوم طاق ضربی به صورت هم‌زمان، نمود می‌یابد؛ مسکونی، مسجد و تجاری‌ها. در دسته اول یعنی مسکونی‌های مردمی‌ساز، سقف تیرآهن به‌عنوان سقف کاملاً مسطح و با روکش گچ رایج است؛ در مورد بازسازی شهر فردوس پس از زلزله، در مورد مشخصات فنی طرح مقرر شد کلیه ساختمان‌های احداثی دارای شناژ بتن آرمه، دیوار آجری و سقف طاق ضربی باشند و محاسبات فنی آن نیز توسط مهندسین متخصص وزارت آبادانی و مسکن انجام شود. مجری این طرح، وزارت آبادانی و مسکن بود و مدت اجرای طرح را تا آبان سال ۱۳۴۹ اعلام کردند (شادی‌فر و فلاحی، ۱۳۹۶، ۷۶). همان‌طور که در گزارش بازسازی شهر فردوس در خراسان جنوبی مشهود است (همان، ۱۳۹۶)، مردم طاق دارای تیرآهن را به‌عنوان یک طاق مقاوم تلقی می‌کردند و نوعی

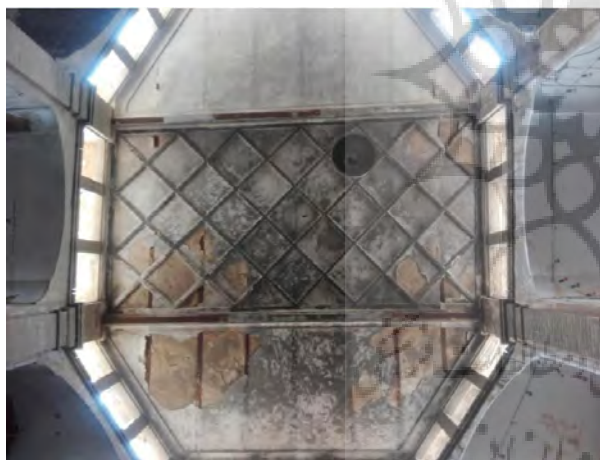


تصویر ۱۱. اجرای طاق میان دو یا چند قوس گچی با شیوه‌های متنوع قبل از حضور تیرآهن.

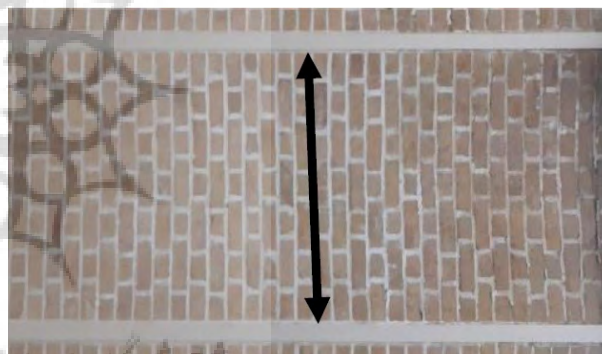


پوشیده می‌شود. در شیوه‌های جدیدتر، بجای اندود کاهگل از ملات گچ‌وخاک و روبه گچ استفاده می‌شود. ترکیب طاق ضربی با تیرآهن بعضاً همراه با تزئینات گچی و یا ترکیب با قاب‌بندی چوب به چشم می‌خورد. در برخی موارد، تیرآهن‌های اصلی و فرعی پوشیده شده با اندود گچ، آجر و یا شبکه‌ای متعامد از چوب می‌تواند معرف نازیبا تلقی شدن تیرآهن نمایان سقف در نگاه زیباشناختی معماری مردمی باشد (تصویر ۱۲).

فوق‌العاده‌ای در سازه ایجاد می‌کند (تصویر ۱۲)؛ در معماری مساجد، خانه‌ها و فضاهای تجاری دوره پهلوی اول و الگوهای متأثر از آن در دوره‌های بعد، این تکنیک، از موضوع صرفاً تکنیکی، به سوی یک پدیده توأمان تکنیکی- زیباشناختی سوق داده شده است؛ چیدمان نمایان آجرها در زیر سقف با الگوهای متفاوت کله و راسته، چنان تنوعی دارد که دیگر نمی‌توان اصطلاح «پر» یا ضربی را برای این چیدمان‌ها به سهولت به کار برد.



تصویر ۱۳. سقف فضای هشتی سرای احمدزاده قم.

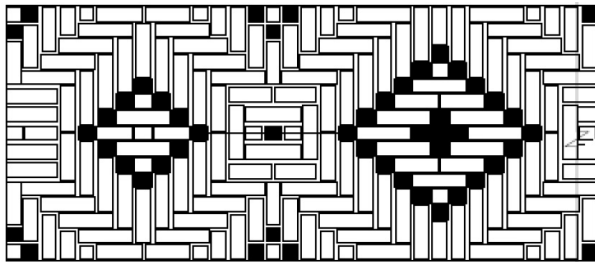


تصویر ۱۲. طاق ضربی با آجر نمایان به شیوه کله و راسته.

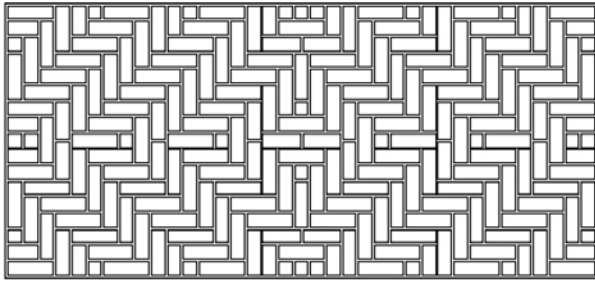


تصویر ۱۴. شیوه‌های متنوع آجرچینی سقف ترکیبی با آجر لعاب‌دار؛ پاسازامجدی قم.

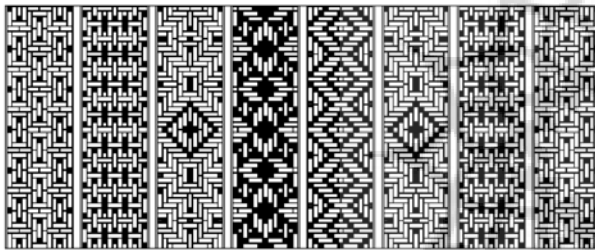
اگر بخواهیم از دسته‌بندی کیانی (۱۳۹۲) برای توصیف آجرکاری طاق‌های ضربی این دوره استفاده کنیم، در بررسی طاق‌های ضربی اجرا شده با تیرآهن، «ترکیب آجرکاری با دیگر مصالح» در هم‌نشینی آجر، تیرآهن و آجر لعاب‌دار دیده می‌شود. این ترکیب مصالح در تنوع زیادی از ترکیب‌بندی آجرهای ساده و لعاب‌دار شکل گرفته است. نمونه ساده و مقرون‌به‌صرفه‌تر این پوشش، که در اغلب بناهای معاصر ایران دیده می‌شود طاق ضربی با پوششی از اندود کاهگل و گچ پرداختی



تصویر ۱۶. الگوی آجرچینی سازه‌ای طاق ضربی بین دو تیرآهن (مسجد سلماسی قم).



تصویر ۱۷. الگوی آجرچینی سازه‌ای طاق ضربی بین دو تیرآهن (مسجد امام سجاد (علیه السلام) قم).

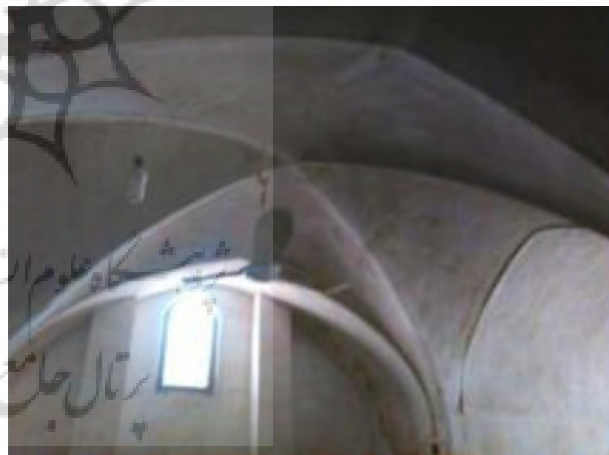


تصویر ۱۸. الگوی آجرچینی سازه‌ای طاق ضربی بین دهانه‌های تیرآهن‌ها (مسجد خندق قم).

مهارت دست استادکار و تیزبینی او، جایگزین ابزارها برای ایجاد دقت است؛ نمایانی آجر و استفاده از آجر پاکار به صورت پیش آمده در اولین تراز روی آهن، ظریف کاری‌ها و هنرنمایی‌های معماران این بناها را نشان می‌دهد. گاهی کمال مهارت استاد کار در مخفی کردن تیرآهن است؛ در این وضعیت تداوم هنر استاد در مخفی کردن عناصر حجیم سازه‌ای طاق که پیش از این در شیوه‌های سقف‌سازی چون «بزدی‌بندی» معمول بود در هنر مخفی کردن عنصر سازه‌ای تیرآهن به کار گرفته می‌شود. سطح بالای مهارت استاد در مواجهه با مصالح مدرن تازه‌وارد سازه‌ای، شیوه «آهن‌گم» است در این وضعیت، سقف مسطح افقی و بدون نمایشی از تیرآهن ایجاد می‌شود؛ لذا در دوره‌های بعدی یعنی دهه ۱۳۳۰ و ۱۳۴۰، ظاهراً به اصطلاح «گم کردن» آهن، به یکی از جلوه‌های کار این معماران تجربی بدل می‌شود (تصویر ۱۹) که می‌تواند به فراوان‌تر شدن آهن و کم‌رنگ شدن جلوه ارزشی آن نسبت داده شود.

وفور این تکنیک در دو گونه از بناها یعنی مساجد و کارخانه‌ها نسبت به بناهای دیگر (مانند تجاری‌ها و خانه‌ها - ر.ک به ناری قمی و ممتحن، ۱۴۰۱) موضوع قابل بررسی است. یک توجیه را باید در نگاه اجتماعی به ارزش تیرآهن جستجو کرد. به بیان پیشوا یزدی (معمار تجربی دوره پهلوی): «در آن موقع از آهن خبری نبود و اگر کسی می‌خواست خانه دو طبقه بسازد، روی سقف طبقه اولش را باید در هر چهل سانت یک

زیبایی و تناسبات این هم‌نشینی مصالح، با تکیه بر پیشینه صنعت آجرکاری در انواع سقف‌سازی‌های معماری ایران، جایگاه متمایزی را به شیوه استادکاران ایرانی داده است موضوعی که در آثار غربی پیش از این دیده نمی‌شود. این تمایز در شیوه حل مسأله توأمان پوشش سقف بین دو تیرآهن، بدون استفاده از قالب، و توجه عمیق به موضوع زیباشناختی در عمل استادکار است (تصویر ۱۴). در نمونه‌های دیگر، ترکیب استفاده از تیرآهن قوس‌داده شده مشاهده می‌شود. این ابداع را می‌توان به تلاش معماران و استادکاران در استفاده از هندسه قوس‌ها و طاق‌ها برای ایرانی‌تر شدن سقف طاق ضربی با تیرآهن مرتبط دانست. در این حالت لبه نمایان لنگه گچی جای خود را به تیرآهن قوس‌داده شده می‌دهد (تصویر ۱۵).



تصویر ۱۵. مقایسه نمونه طاق چاربخش روی آهن خم شده (راست - بازارچه شیخان قم دهه ۱۳۴۰) و طاق چاربخش معمول سنتی مسجدی در بیدگل.

«سبک‌های تزئینی» به کار گرفته شده متکی بر نقوش هندسی و شیوه‌های آجرچینی پیش از این دوره است. در ابنیه مذهبی (مساجد) و تجاری، سقف‌های داخلی، سقف‌ها و ایوان‌های پیش آمده در معابر با انواع نقوش ساده و ترکیبی تزئین شده است. موضوع قاب‌بندی عناصر تزئینی معماری ایران در شیوه استادکاران ایرانی حضور عنصر سازه‌ای تیرآهن، به عنوان یک عامل تزئینی در قاب‌بندی نقوش آجری نقش ایفا می‌کند.

نوع برخورد با آجرکاری زیر سقف (تصاویر ۱۶-۱۸) در این نمونه‌ها، یادآور هنر سلجوقی در استفاده از کاشی‌های نگینی در میان آجرها (آجرلعبادار) است. به بیان ابوالقاسمی (۱۳۷۶) در این نوع طاق‌زنی،

(۷۱۲) «انجام داده است؛ در واقع موضوع «سازه برتر» و مطمئن تر برای کاربری مقدس، از الگوهای ذهنی سازندگان و کارفرمایان این بناهاست و موضوع خاطره ذهنی از طاق و قوس در درجه بعدی اهمیت قرار دارد. در ساخت این گنبد از شبکه مفتول جوش داده شده برای تقویت سازه استفاده شده است. و فیض آن را جوش اکسیژن می نامد (فیض، ۱۳۴۳، ۱۲-۷۱۱).

در کارخانجات، ریشه موضوع را باید متفاوت دانست؛ در نمونه کارخانه ریساف (چه در قم و چه در اصفهان - تصویر ۲۰) یا کارخانه اقبال یزد (تصویر ۲۱) که دارای طاق ضربی روی آهن قوس دار است، نمایشی طاق ضربی، بیشتر ریشه در رویکرد آلمانی هایی دارد که مهندس این بناها



تصویر ۲۰. طاق ضربی نمایان در کارخانه ریساف اصفهان. مأخذ: (پهلوان زاده، ۱۳۹۳)



تصویر ۲۱. کارخانه اقبال یزد. مأخذ: (Javaherian, 2010)



تصویر ۱۹. گم کردن آهن در مسجد فاطمیه (سلام... علیها) قم.

عدد الوار از چوب به ضخامت 6×20 ضرب در طول اطاق می انداخت و زورهایی به اندازه 3×5 سانتی متر به لب این الوارها می کوید، بین آن را با آجر طاق می زد، رویش را با خاک نرم صاف می کرد و بعدا گچ و خاک اندود می کرد. بدین روش ساختمان دوطبقه ساخته می شد. ولی در اصل بیش تر تیغه های درون ساختمان چه دوطبقه و چه یک طبقه از مصالح خشت خام بود و خیلی ارزان تر از آن چه فکر کنید تمام می شد» (پیشوازی و اندرودی، ۱۳۹۰، ۶۵-۶۶). در واقع، مصالح گران تر و کم یاب تر را برای مسجد به کار برده اند که می تواند نشانگر ارزش و اهمیت این فضا در ذهن مردم و بانیان آنها باشد. به عنوان نمونه از بناهای دیگر در تجاربه های مورد بررسی در شهر قم، به جز یک نمونه (سرای نو) طاق های سنتی در انواع مختلف (از کلبه تا قمی پوش و سقف چهاربخش) به کار رفته است (ناری قمی، ممتحن و عمرانی پور، ۱۴۰۰). گزارش ناصرالشریعه (۱۳۲۵) از مسجد محله دروازه کاشان قم که در سال ۱۳۳۰ بنا شده است، مؤید آن است که تکنیک مزبور را نباید به مسایلی همچون کمبود سرمایه در محله برای ساخت و ساز نسبت داد؛ چرا که در گزارش بنای این مسجد، از بانی متمول تهرانی و وقف مغازه هایی در بازار تهران برای این مسجد، ذکر می شود؛ همان طور که در بنای مسجد فاطمیه (سلام... علیها) در کوچه ارگ قم هم، تمول بانی، بسیار بالاست و استفاده از «بهترین» ها برای مسجد مد نظر بوده است (این مسجد نیز با همین تکنیک، طاق زنی شده است). تمایل معماران سنتی کار به نمایش سقف مسطح (و عدم نشان دادن طاق قوسی تا حد ممکن) نیز در این پدیده می تواند دخیل بوده باشد. برای یک استادکار سنتی، به صفر نزدیک کردن خیز سقف، یک مهارت اساسی است؛ مثلا ابداع طاق قمی پوش در اواخر قاجار نیز از همین موضوع سرچشمه می گیرد. لذا با وجود طاق ضربی، این گزینه، انتخاب استادکارانه تری نسبت به طاق های قبلی تلقی می شده است (حسین لرزاده نیز در مورد سقف مسجد آیت... بروجردی قم در ابتدای دهه ۱۳۴۰، مسطح ساختن را یک مزیت می داند- مفید و ریسی زاده، ۱۳۸۵). گزارش فیض (۱۳۴۳) از ساخت مسجد اعظم قم و گنبد آن، نشان می دهد اطمینان در مورد تکنیک آهن برای طاق زدن، دستکم برای برخی معماران سنتی مانند استاد لرزاده، مسجل نیست؛ از این رو ساخت گنبد مسجد را با سیستم مطمئن تر که «سال ها متروک شده بود (فیض، ۱۳۴۳، ۷۱۱-»

جدول ۱. جمع بندی نتایج.

نسبت با عرصه های معماری		کارائی		منشأ پیدایش	کاربری	بستر اجتماعی	بستر جغرافیائی	
ساخت	زیبائی	هدف اصلی	هدف فرعی					
قالب بندی	سرعت	تنوع چیدمان، مصالح و رنگ	نمایان بودن	هدف اصلی	هدف فرعی	مسکونی	آلمانی	
بعضاً بدون قالب کار شده است.	به دلیل کاربرد مصالح آهکی تا حدی با سرعت بالا اجرا شده است.	تنوع نسبی در انواع چیدمان سازه ای آجر	نمایان است	آتش بندی	بهداشت	صنعتی	آلمانی	
مستلزم قالب بندی بوده است.	قالب بندی سرعت کار را کم کرده است.	صرفاً به صورت پیوند رومی کار شده است.	نمایان کار شده است.	آتش بندی	بهداشت	صنعتی	انگلیسی	
در حالت پر بدون قالب بندی کار شده است.	به دلیل کاربرد مصالح آهکی، مورب چینی آجر و عدم قالب بندی، سرعت زیادی دارد.	آجر به صورت لاپوش ساده یا پر بدون تنوع دیده می شود.	در کارهای معمارانه تر نمایان کار شده است.	تداوم تکنیک بومی	کاهش هزینه	عمومی	اسپانیائی	
در حالت پر و بدون قالب کار شده است.	به دلیل کاربرد مصالح گچی، مورب چینی آجر و عدم قالب بندی، سرعت زیادی دارد.	تنوع وسیعی از چیدمان های آجری و مصالح رومی یا لاپوش برای آن ها مناسب نیست. تنوع مصالح گچی یا لعابدار در ترکیب با آجر دیده می شود.	بخاطر تمایل به مسطح بودن زیر سقف، آجر نمایان کار نشده است.	کاهش هزینه	ایجاد سطح صاف برای ساخت دو طبقه	مسکونی	یافته های پژوهش	
در حالات مختلف آجر چینی بدون قالب کار شده است.	به دلیل کاربرد مصالح گچی، مورب چینی آجر و عدم قالب بندی، سرعت زیادی دارد.	آجر همواره نمایان است، اما این بعضاً به تبع سیستم باریکه آجر پوشاننده شده است (آهنگم)	نمایان است	تداوم تکنیک بومی	تداوم طاق زنی میان لنگه گچی در تیر آهن	عمومی	ایرانی	
در حالت پر بدون قالب کار شده است.	به دلیل کاربرد مصالح گچی، مورب چینی آجر و عدم قالب بندی، سرعت زیادی دارد.	به صورت پیوند ساده پر دیده می شود	به صورت نمایان کار شده است.	کاهش هزینه	تطبیق مهارت طاق زنی ایرانی بر الگوی مهندسی	صنعتی	مهندسی	
		به تبع نگاه سبکی مدرنیسم، سقف مسطح از بالا و زیر، ترجیح داده شده است.	کاهش هزینه	کار مهندسی	تطبیق مهارت طاق زنی ایرانی بر الگوی مهندسی	مسکونی		
عدم نیاز به قالب، که به عنوان یک ویژگی معماری ایرانی در طاق زنی مورد تأکید ابوالقاسمی است، در نمونه کاتالان و تا حدی نمونه آلمانی نیز دیده می شود؛ اما برای آنان، عرض کمدخانه و سهولت کار روی تیر آهن، تسهیل کننده یک امر غیر رایج است اما در ایران، این امر یک روند متداول و تاریخ مند است.		بعد زیبایی شناسی این طاق در کارهای مردمی در حوزه بناهای عمومی، بسیار پیشروتر از نمونه های مهندسی خارجی در ایران و همه نمونه های خارجی است.	کار آیی اساسی این طاق، بسیار گسترده تر از فرضیات ابوالقاسمی، حتی در درون محیط ایرانی، بوده است.		منشأ این تکنیک، گسترده تر از دیدگاه ابوالقاسمی است. در مورد ایران و کارهای مردمی، یافته های ایشان قابل تأیید است، اما در مورد نمونه های مهندسان و نمونه های خارجی، خیر.	دامنه کاربرد این تکنیک در ایران، وسعت بیشتری دارد و مؤید نظریه ایرانی بودن آن است.	بر خلاف دیدگاه وی، دیدگاه ابتدا، مدع یا مؤید این سیستم بوده است و بعداً آن را رد کرده است.	جمع بندی: بررسی صحت فرضیات مرحوم ابوالقاسمی

صنعتی تر و فضای غیر انسانی تری برای آنان دارد؛ گرچه برای معمار تجربی ایرانی، مهارت صرف شده در هر بنایی، فارغ از ارزش آن بنا، یک تکلیف ذاتی و تربیتی معمار بوده است.

بوده اند؛ چنانکه در مورد طاق پروسی ذکر شد، ترجیح آلمانی ها، عدم نمایش قوس در کاربری های مسکونی بوده است و آجر نمایان زیر سقف چه در زیرزمین های سنتی تر آلمان و چه در طاق پروسی با آهن، تداعی

نتیجه

شیوه اجرای سقف تیر آهن و طاق ضربی به عنوان یک تکنیک دم دستی و عوامانه در میان مهندسان عمران و معماری ایران شناخته شده است و نقدهای متعددی در مورد این رویه وجود دارد که بعضاً غیر مستند است. تلاش انجام شده در این پژوهش، در جهت فراهم ساختن درک بهتری از این فن آوری عوامانه در اختیار بگذارد و از این رهگذر، نگاه نوینی را در

نسبت فن آوری با فضای عمومی حرفه برقرار کند؛ که نخبه گرایی موجود در تحقیقات تاریخی یا فنی پیشین، غالباً مانع از برخورد منصفانه با این تکنیک و ویژگی های هنری و فرهنگی آن شده است. بر همین اساس، فرضیه مرحوم ابوالقاسمی در ایرانی بودن منشأ این نوع از شیوه سقف سازی مبنای تحقیق قرار گرفت. نتایج پژوهش اکثر فرضیات مرحوم

از ایران است. از نتایج دیگر این تحقیق می‌توان به این موضوع اشاره کرد که گرچه این شیوه از طاق‌زنی سریع و بدون قالب، برای نمونه‌های اروپایی نظیر کاتالان و یا تا حدی آلمانی امر جدیدی بوده باشد اما این موضوع در ایران یک روش با سابقه و تاریخمند است.

ابوالقاسمی در مصاحبه با نشریه هنر و معماری شماره ۱۷ در باب آموزش معماری، دغدغه عمیق خود را در مورد خودی‌بودن معماری و تداوم سنت، بیان می‌کند؛ نسبتی که وی در تلاش است میان طاق‌ضربی و معماری گذشته برقرار کند، باید در چنین متنی بازخوانی شود؛ بحث وی، یک کنکاش باستان‌شناسی عمیق نیست و می‌توان، به سهولت نقض‌هایی تاریخی بر آن وارد کرد؛ اما دغدغه تداوم فهم مهندسی ایرانی در معماری امروز، یعنی آن مهندسی که با جنبه‌های عمیق فرهنگ در هم آمیخته است و تماماً واقع‌گراست؛ این دغدغه را وی در کارهای خودش که در همان شماره مجله چاپ شده است، در کاربرد این تکنیک نشان داده است. اما ایرانی‌ترین ویژگی‌های این تکنیک، در کارهای مردمی دوران گذار مدرنیته به‌ویژه در مساجد با سقف تیرآهن خودنمایی می‌کند و نشان می‌دهد که تداوم مهندسی ایرانی در کار این طیف از سازندگان و طراحان بنا، جلوه بسیار وسیع‌تری نسبت به مهندسان داشته است.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از همراهی معاونت پژوهشی دانشگاه کاشان به‌واسطه در اختیار قرار دادن اطلاعات طرح‌های تحقیقاتی پیشین و آقای سید محمد عماد هاشمی در تدوین بخشی از مقاله، قدردانی می‌شود.

ابوالقاسمی در مورد ایرانی بودن این طاق، در مورد محیط ایران تا تایید می‌کند؛ فقط مسأله این است که ایران در این موضوع، تنها منشأ اولیه این تکنیک نیست.

پیشینه استادکاری معماری در ایران با آجر، کیفیات فنی و زیبایی-شناختی بسیار عمیق‌تری از نمونه‌های خارجی در مورد آن ایجاد کرده است. وضعیت طاق‌ضربی و تیرآهن چه از نظر فنی و چه زیبایی‌شناسی در جهان معاصر، اصلاً به آن تاریکی که در ذهنیت جامعه مهندسی نقش بسته، نیست. گرچه جامعه مهندسی در گذشته آن را به‌عنوان یک سقف پیشرفته مورد تایید قرار داد اما پس از طی شدن آن دوره، از آن روی برگرداند. در آمریکا و ناحیه اسپانیولی‌زبان، بازگشت به معماری داخلی مبتنی بر تیرآهن و طاق‌ضربی نمایان (با عنوان طاق کاتالان که در بالا ذکر شد)، یکی از گزینه‌های مقبول در معماری داخلی است همچنین بازیابی اصول فنی و تحلیل سازه‌ای این سقف به‌عنوان یک پوسته فشاری نازک، مورد نظر محققان قرار گرفته است. حتی در مورد خود طاق‌ضربی سبک ایرانی، در حیطه سازه‌ای، تحقیقات معاصر برای استفاده مجدد از این سیستم (البته به تعداد کم) انجام شده است. در میان برندگان جایزه معمار، معماری داخلی با این سیستم، باز نمود دارد؛ مسأله این است که یک داشته خودی، در فرهنگ مهندسی ایران براحتمی کنار گذاشته می‌شود تا اینکه از جامعه غرب، دوباره به آن روی آور شوند. دستاورد دیگر تحقیق نشان می‌دهد، کارائی این شیوه، فراتر و گسترده‌تر از فرضیات ابوالقاسمی در ایران و جهان است. نکته مهم، بعد زیبایی‌شناسی اجرای این طاق در ایران است که بسیار گسترده‌تر و پیشروتر از نمونه‌های خارج

پی‌نوشت‌ها

1. Jack Arch.
2. Wochen Blatt für Baukunde.
3. Prussian Vault.
4. Gründer Zeit.
5. Catalan Vault.
6. Terrado.

فهرست منابع

- نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ۲(۲)، ۸۱-۱۰۰.
- زند پیرنیا، مهین (۱۳۴۸)، نقدی بر کهن‌گرایی معماری نو، هنر و معماری، شماره‌های ۳-۴، ۹۳-۹۴.
- سلاجقه، عیسی؛ صیفوری، سعید و محمدی، افشین (۱۳۸۹)، ارزیابی روش‌های مقاوم‌سازی سقف طاق‌ضربی در ساختمان‌های بنایی غیر مسلح، کنفرانس بین‌المللی سبک‌سازی و زلزله، ۱ اردیبهشت ۱۳۸۹، کرمان. SID: <https://sid.ir/paper/814142/fa>
- شادی‌فر، غزاله؛ فلاحی، علیرضا (۱۳۹۶)، مستندسازی بازسازی شهر فردوس پس از زلزله سال ۱۳۴۷، هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۲(۳)، ۸۲-۷۱. DOI: 10.22059/JFAUP.2017.238448.671766
- شهیدی‌مازندرانی، حسین (۱۳۸۳)، سرگذشت تهران، تهران: راه‌مانا.
- طایفه، سیما (۱۳۹۹)، سیمین دانشور و جلال آل‌احمد، خانه، مرکز دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، جمعه ۶ تیر ۱۳۹۹.
- <https://cgie.org.ir/fa/article/238730>
- فیض قمی، عباس (۱۳۴۳)، گنجینه آثار قم، ج. ۲، قم: چاپخانه مهر استوار.
- کامی شیرازی، سیده مهسا؛ سلطان‌زاده، حسین و حبیب، فرح (۱۳۹۷)، نقش گروه‌های اجتماعی-فرهنگی در شکل‌گیری کوی‌های مسکونی دوره پهلوی دوم در تهران، پژوهش‌های انسان‌شناسی ایران، ۲(۷)، ۲۵-۴۹. DOI: 10.22059/IJAR.2018.69468
- کیانوری، نورالدین (۱۳۲۵)، تجدید ساختمان شهرهای خراب شده در اتحاد جماهیر شوروی، آرشیوتکت، ۲(۲)، ۵۸-۶۳.
- کیانی، مصطفی (۱۳۹۲)، بررسی و جایگاه هنر آجرکاری تزئینی در معماری دوره پهلوی اول، هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۱۸(۱)، ۱۵-۲۸. DOI: 10.22059/JFAUP.2013.36354
- گرنفلد (۱۳۲۶)، مشخصات فنی، آرشیوتکت، شماره ۴، ۱۳۷-۱۳۸.
- ابوالقاسمی، لطیف (۱۳۵۲)، آموزش معماری: مصاحبه با لطیف ابوالقاسمی، هنر و معماری، ۵(۱۷)، ۱۴-۱۹.
- ابوالقاسمی، لطیف (۱۳۵۲)، نمونه‌های چند از آثار آجری، هنر و معماری، ۱(۱۷)، ۶۱-۷۳.
- ابوالقاسمی، لطیف (۱۳۷۶)، پر و رومی، هنرهای زیبا، شماره ۲، ۶۴-۶۷.
- ازدردی، عباس (۱۳۲۶)، ساختمان خانه‌های ارزان در ایران، آرشیوتکت، شماره ۴، ۱۲۵-۱۳۳.
- پهلوان‌زاده، لیلیا (۱۳۹۳)، ماکس شونمان معمار کارخانه‌های اصفهان، معمارنت. <https://memarnet.com/fa/node/03-09-2014470>
- تقفی، محمد جواد (۱۳۸۳)، آسیب‌شناسی ساختمان آسیب‌های ناشی از مراحل اجرا و نظارت در ساختمان‌های خسارت دیده از زلزله بم [دی‌ماه ۱۳۸۲]، هنرهای زیبا، ۱(۱۱)، ۴۳-۵۲.
- حجت، عیسی (۱۳۸۵)، تأثیر اصلاحات ارضی بر شکل روستاهای ایران، هنرهای زیبا، ۱(۱۲)، ۷۵-۸۴.
- خدایار، مسعود (۱۳۲۵)، ایزولاسیون ساختمان‌های مسکونی از نظر حرارت و صدا، آرشیوتکت، ۳(۳)، ۹۴-۹۵.
- دومان، کیکاووس (۱۳۴۸)، سقف‌های بتن پیش‌فشرده، هنر و معماری، شماره‌های ۳-۴، ۱۱۴-۱۱۶.
- دهقان، لقمان (۱۳۷۰)، تجارت خارجی ایران در آستانه جنگ جهانی اول،

- Kazemi, H., Ghafoory-Ashtiany, M., & Tehranizadeh, M. (1998). Dynamic characteristics of Khorjini semi-rigid connections, using forced vibration test of 1/2-scaled model of a 4-story steel structure. In *Proceedings of the Eleventh European Conf. on Earthquake Engineering*.
- Kemp, E.L. (2003). The Wheeling Custom House of 1859: A study in skeletal iron framing *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, Madrid, 20th-24th January 2003, ed. S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEDHC, ETSAM, A. E. Benvenuto, COAM, F. Dragados, 2003.
- Krahl, N. W. (1966). Structural Evaluation. *Vaulted brick construction in Guadalajara*. Architecture at Rice University, 18. 11-47.
- Krahl, N. W., & Ransom, H. S. (1966). *Vaulted brick construction in Guadalajara*. Houston, Rice University, Department of Architecture: New York, distributed by Wittenborn.
- Kumagai, R., Ito, Y., & Kimura, F. (2018). Modernity and locality in the use of brick in Spanish architecture (1870s-1930s). In *Building Knowledge, Constructing Histories, volume 2* (pp. 819-828). CRC Press.
- Lorenz, W. (1999). Classicism and High Technology-the Berlin Neues Museum. *Construction history, 15*, 39-55.
- Maheri, Mahmoud R. (2004). Seismic Evaluation and Design of Jack Arch Slabs. *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004. Paper No. 3028.
- Marefat, M. (1980). Building to Power: Architecture of Tehran 1921-1941. *PhD Thesis*. MIT University.
- Minke, G. (2013). *Building with earth: design and technology of a sustainable architecture*. Basel: Birkhäuser.
- Peterson, C. E. (1980). Inventing the I-Beam: Richard Turner, Cooper & Hewitt and Others. *Bulletin of the Association for Preservation Technology, 12*(4), 3-28. DOI: 10.2307/1493818
- Siegele, K. (2014). Massivdecken im 19. und 20. Jahrhundert Räume überspannen. *Deutsche Bauzeitung*, 03.03.2014. <https://www.db-bauzeitung.de/bauen-im-bestand/historische-bautechniken/raeume-ueberspannen>
- Traykova, M., & Metalkova-Markova, M. (2015, September). Potential for an adaptive reuse of a national cultural property building-Case study of a former sugar factory in Sofia, Bulgaria. In *IABSE Symposium Report* (Vol. 105, No. 42, pp. 1-7). International Association for Bridge and Structural Engineering. DOI: 10.2749/222137815818357467
- Urban, T., & Goldyn, M. (2020). The Selected Issues of Adaptation of 19th and 20th Century Post-Industrial Buildings in Łódź. *Infrastructures, 5*(8), 69. DOI: 10.3390/infrastructures5080069
- Wagner, W. (1886). Neuere Zwischendecken-Constructionen, *Wochenblatt für Baukunde*, 29(9 April), 145-148.
- Wermeil, S. E. (2020). Introduction of the Rolled I-Beam in the USA in the 1850s, Revisited. In *Iron, Steel and Buildings: The Proceedings of the Seventh Conference of the Construction*
- گروت، لیندا؛ وانگ، دیوید (۱۳۸۴)، روش‌های تحقیق در معماری، ترجمه علیرضا عینی‌فر، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- گلایچی، محمود؛ طیبیات، مجتبی (۱۳۸۵)، علل عدم پایداری ساختمان‌های مسکونی روستایی در برابر زلزله و ارائه الگوی ساخت براساس امکانات و توانایی‌های محلی (مطالعه موردی: روستای ززند کرمان)، هنرهای زیبا، شماره ۳۰، ۳۱-۴۲.
- گنجی، جمال (۱۳۲۵)، بتون مسلح، آرشیوتکت، شماره ۳، ۹۱-۹۳.
- مفید، حسین؛ رئیس‌زاده، مهناز (۱۳۸۵)، ماجرای معماری سنتی ایران در خاطرات استاد حسین لرزاده از انقلاب تا انقلاب به انضمام منتخب اشعار، تهران: مولی.
- ناری قمی، مسعود؛ ممتحن، مهدی (۱۴۰۱)، بررسی دگرگونی‌های الگوهای معماری مساجد مردمی در ابتدای مدرنیته در ایران نمونه موردی: مساجد شهر قم در اوایل دوره‌ی پهلوی (۱۳۰۴-۱۳۴۰ ه.ش)، معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۰(۱۵)، ۱۳۵-۱۵۸. DOI: 10.22034/AHDC.2022.2745
- ناری قمی، مسعود؛ ممتحن، مهدی و عمرانی‌پور، علی (۱۴۰۰)، زمینه‌های ظهور فضاهای تجاری جدید در دوران پهلوی اول، مطالعه موردی: شهر قم، مطالعات شهر ایرانی اسلامی، ۱۲(۴۳)، ۸۱-۱۰۰.
- Dor: 20.1001.1.2228639.1399.10.40.6.0
- ناصرالشریعه، محمدحسین (۱۳۸۳)، تاریخ قم (حریم مطهر بانوی عالیقدر اهل بیت عصمت و طهارت حضرت فاطمه معصومه (سلام‌الله‌علیها))، چاپ چهارم، مقدمه و تصحیح: علی دوانی، تهران: رهنمون.
- یاسمی، رشید (۱۳۱۷)، راهنمای قم: به یادگار گشایش دبیرستان حکمت، قم: دفتر آستانه قم، چاپخانه مجلس.
- Aladžić, V., Grković, S., & Dulić, O. (2019). Historical and structural survey of 19th and early 20th century-built heritage in northern Vojvodina. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering, 17*(3), 267-282. DOI: 10.2298/FUA-CE190415016A
- Draganić, A. (2019). Conservation approach to the industrial heritage of Vojvodina. *Facta universitatis-series: Architecture and Civil Engineering, 17*(4), 377-386. DOI: 10.2298/FUACE190612022D
- García, J., Magdalena, F., & Medina, J. M. (2018). Contemporary Light Vaults in Colombia. The origin of a modern tradition. In *Building Knowledge, Constructing Histories: Proceedings of the 6th International Congress on Construction History (6ICCH 2018), July 9-13, 2018, Brussels, Belgium* (p. 235). CRC Press.
- Giebler, G. (2008). Gründerzeitbauten 1870-1920. (2008). *Atlas Sanierung: Instandhaltung, Umbau, Ergänzung*. Giebler, G., Fisch, R., Krause, H., Musso, F., Petzinka, K. H., & Rudolphi, A. De Gruyter. Bessel: Birkhäuser Verlag.
- Javaherian, F. (2010). The evolution of industrial architecture in Iran. in *Workplaces: The Transformation of Places of Production Industrialization and the Built Environment in the Islamic World*. Mohammad al-Asad (ed.) Aga Khan Award for Architecture, Istanbul: Istanbul Bilgi University Press, 81-98.
- Jovanovic-Popovic, M., & Radivojevic, A. (2000, June). Functional demand of Contemporary Housing as an Inducement for Development of New Floor Structure Based on Clay Product Yugoslav Experience. In *12th Int. Brick/Block Masonry Conf. Proc.* (Vol. 2, p. 2000).

10.22068/IJCE.13.3.278

Ротер Благојевић, М., & Ђукановић, Ј. (2020). Модернизација стамбене изградње прве половине 20. века у Београду – трансформација просторног концепта, конструкције и материјализације вишеспратних вишепородичних зграда. *Архитектура и урбанизам*, (51), 46-71. DOI: 10.5937/a-u0-29194

History Society (pp. 93-104).

Wouters, I., & de Bouw, M. (2006). The development of fireproof construction in Brussels between 1840–1870. *Industrial Archaeology Review*, 28(1), 17-31. DOI: 10.1179/174581906X106589

Zahrai, S. M. (2015). Experimental study of typical and retrofitted jack arch slabs in a single-story 3D steel building. *International Journal of Civil Engineering*, 13(3), 278-288. DOI:

