

# ریشه‌یابی یک تحول فنی معماری دوره نوگرایی ایران: بررسی فرضیه مرحوم لطیف ابوالقاسمی در مورد تیر آهن و طاق ضربی

مسعود ناری قمی<sup>۱\*</sup>، مهدی ممتحن<sup>۲</sup>

۱ استادیار گروه مهندسی ساختمان و معماری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.

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

\* قم، بلوار ۱۵ خرداد، خیابان قدوسی، آموزشکده فنی و حرفه‌ای پسران قم. تلفن: ۰۹۱۹۳۵۷۲۳۱۴، پست الکترونیک: msnarighomi@ut.ac.ir، تلفن: ۷۷۳۶۳۶-۲۵۳.

**چکیده:** سقف تیر آهن 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 به عنوان یک فناوری ایرانی، معرفی کرده است. این پژوهش با رویکرد تفسیری تاریخی، به بررسی فرضیه مطرح شده از سوی ایشان 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.

واژگان کلیدی: سقف تیر آهن و طاق ضربی، لطیف ابوالقاسمی، ابتدای نوگرایی، جک آرک، سقف کاتالان، طاق پروسی

## مقدمه

سقف تیر آهن و طاق ضربی به عنوان یک تکنیک دم‌دستی و عوامانه در میان مهندسان عمران و معماری ایران شناخته شده است. نقدهای متعددی در مورد این رویه 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 نوزده و متعاقب اظهارات ویوله‌لودوک در معماری مدرن جا باز کرد، معتقد به نمایش منطبق سازه به عنوان یک اصل ایرانی بودند و قوس‌های کاذب بر روی اسکلت فلزی یا بتنی را نوعی فریب و مغایر با فرهنگ معماری ایران بشمرده‌اند؛ از این رو سیستم تیر آهن 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 اساتید رشته عمران دانشگاه‌های ایران در مقالات بین‌المللی خود، به تحلیل و بررسی طاق ضربی پرداختند و با آن به عنوان یک تکنیک مهندسی برخورد کردند (ماهری، ۲۰۰۴؛ زهرایی، ۲۰۱۵؛ کاظمی، غفوری آشتیانی و تهرانی‌زاده، ۱۹۹۸).

وضعیت طاق ضربی و تیر آهن 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 تیر آهن و طاق ضربی نمایان، یکی از گزینه‌های مقبول در معماری داخلی است همچنین بازیابی اصول فنی و تحلیل سازه‌ای این سقف به عنوان 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 فن‌آوری 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 فن‌آوری 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 ساختمان‌سازی 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 فن‌آوری عوامانه را در اختیار بگذارد و از این رهگذر، نگاه نوینی را در نسبت فن‌آوری 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.

## ۱. روش تحقیق

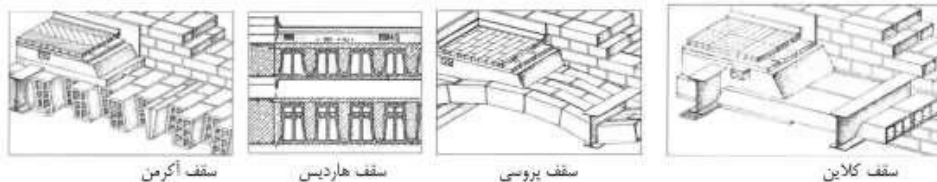
این پژوهش به لحاظ موضوع خود، یک تحقیق «تفسیری - تاریخی» است که از میان رویکردهای تحلیل تاریخ (گروت و وانگ، ۱۳۸۴)، رویکرد تاریخ‌نگاری علی را برگزیده است. در این رویکرد، توالی علت و معلولی وقایع برای یافتن منشأ اصلی پدیده‌های تاریخی، پیگیری می‌شود؛ در مورد پیشینه این تکنیک در غرب، متون پژوهشی معاصر به همراه اسناد دست اول تاریخی از جمله تعدادی نشریات قرن نوزدهمی معماری و ساختمان که آرشینو آنها به صورت آنلاین در دسترس است، بررسی شد؛ از میان این موارد، نشریه تاریخی آلمانی «هفته‌نامه مشتریان ساختمان» که نسخ آرشینوی 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 ساخت و ساز 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 آرشیتکت (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 (باز یافت شده از سایت تاریخ معماری ایران‌شهر) نیز مطالعه شد؛ مصاحبه‌های نشر شده از استادکاران، اسناد تعیین‌گر دیگر برای ریشه‌یابی موضوع بود که مشخصاً خاطرات مرحوم لرزاده و پیشوازی، مورد استناد بوده است. در بخش نهایی برای رسیدن به کیفیات ایرانی‌تر 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 مردمی‌ساز دوره گذار مدرنیته، استفاده شد که به عنوان شواهد استنباطی مورد نظر بوده است.

## ۲. پیشینه موضوع

برخی دیگر در دهه اخیر، این سقف را گران، سنگین و غیرمقرون 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 به صرفه 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 قبل‌تر از زبان ابوالقاسمی در رواج سقف «ایتال» و ضدیت آن با طاق ضربی، نیز دیده می‌شد (ابوالقاسمی، ۱۳۷۶). در دفاع مرحوم ابوالقاسمی دو رویکرد متفاوت وجود دارد: نخست اینکه این تکنیک منشأ ایرانی دارد و دوم اینکه، خصوصیات ایرانی بر آن بار می‌شود که حتی اگر منشأ آن هم فرنگی 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.

## ۳. یافته‌های تحقیق در مورد پیشینه و خاستگاه فناوری

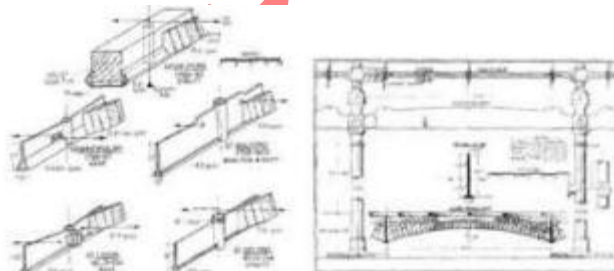
پیشینه‌های ادعا شده در مورد این طاق در مقالاتی چند در حوزه رشته عمران عمدتاً به ساخت و سازه‌های صنعتی در انگلستان در حوزه پارچه‌بافی اشاره دارد؛ دال طاق ضربی در اواسط قرن ۱۹ میلادی در کشور انگلستان ابداع گردید از این سیستم دال بیشتر برای پوشش فضاهای گسترده در کارگاه‌ها و کارخانه‌ها استفاده گردید. (سلاجقه، 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- زوانویچ و رادووویچ، ۲۰۰۰).



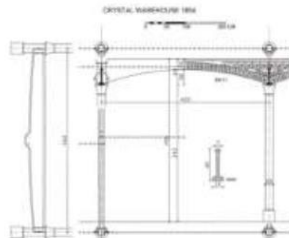
تصویر ۱. برخی طاق‌های رایج روی تیرآهن در نیمه دوم قرن ۱۹ اروپا است (مأخذ: زوانویچ و رادووویچ، ۲۰۰۰).

### ۳-۱. طاق ضربی آتش بند

تاریخچه‌های رسمی انگلستان، این سقف را تحت عنوان جک آرک لیک 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 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 کمپ، ۲۰۰۳) راست: جزئیات طاق ضربی در کارخانه آرملی (۱۸۰۴-۱۸۰۵ نقل شده در کمپ، ۲۰۰۳)



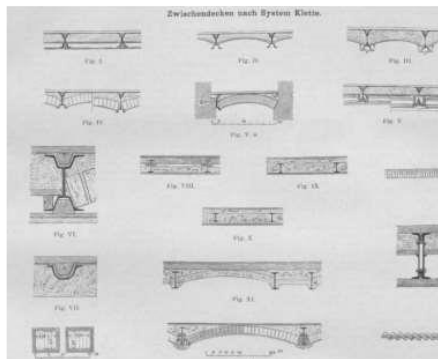
تصویر ۳. جزئیات کارخانه کریستال ویرهاوس بلژیک مربوط به ۱۸۵۴ (ووترز و دی‌بوو، ۲۰۰۶)

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 نوزدهم) و معماری به نام بارتن را نیز یادآوری می‌کند (پترسون، ۱۹۸۰). 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 (ورمیل، ۲۰۲۰) و همین امر سرنوشت این دو موضوع (تیرآهن و طاق ضربی) را در این ممالک در قرن نوزدهم به هم پیوند داده است.

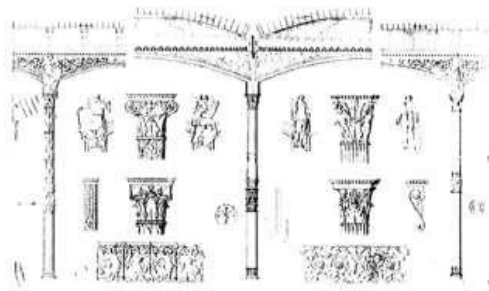
این امر در مورد طبقات میانی ساختمان‌های صنعتی موضوعیت دارد و ممکن بود در طبقات فوقانی بخاطر کاهش وزن، بازم چوب بکار رود (اوربان و گلدین، ۲۰۲۰). این تکنیک انگلیسی در کشورهای دارای ارتباط قوی‌تر با ناحیه انگلوساکسون مانند بلژیک، از همان‌ها اخذ شده است. ووترز و دی‌بو، در بررسی کارخانه‌های ساخته شده در بلژیک در سه دهه ۱۸۴۰ تا ۱۸۷۰، استفاده از این تکنیک را در دهانه‌های مختلف با تیرهای چدنی قالب‌ریزی شده 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 (ووترز و دی‌بو، ۲۰۰۶).

## ۲-۳. طاق ضربی به عنوان سقف دپوش

مقاله‌ای در نشریه آلمانی هفته نامه مشتریان ساختمان سال ۱۸۶۷ به تکنیک‌های جدید ساخت سقف پرداخته است و طاق ضربی روی تیرآهن را به عنوان یکی از انواع سقف‌های دپوش مطرح نموده است؛ در این مقاله، در توجیه علت کاربرد این نوع سقف‌ها، علاوه بر جنبه اقتصادی و دوام، یک علت بهداشتی مهم یعنی معامت از رشد قارچ-ها در زیر سقف‌های چوبی نیز ذکر شده است (واگنر، ۱۸۸۶). 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 آلمانهاست، این امر می‌تواند تأثیرگذار بوده باشد که در بررسی نمونه‌های ایرانی به آن پرداخته شده است.



تصویر ۴. انواع سیستم طاق دپوش رایج در آلمان نیمه دوم قرن ۱۹ (واگنر، ۱۸۸۶)



تصویر ۵. جزئیات سازه فلزی ترسیم شده توسط معمار موزه برلین، ۱۸۴۳ (لورنز، ۱۹۹۹).

در ساختمان موزه جدید برلین در سال‌های ۱۸۴۱ تا ۱۸۵۹، تکنیک‌های مختلف طاق آجری بر روی تیرآهنها به عنوان 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 بنابر این بود که این ساختمان نماد فرهنگ برتر ساخت‌وساز پروسی باشد که ماحصل آن همین قوس‌های آجری بود (لورنز، ۱۹۹۹).

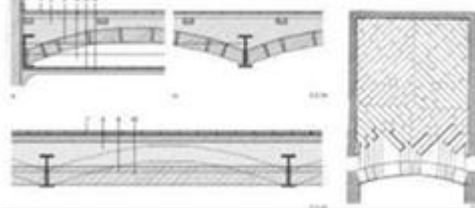
کیانوری در تحلیلی از تکنیک‌های معماری شوروی، بحث می‌کند که در نتیجه نبودن چوب در نقاط استپ اوکرائی مجبور شدند که از مصالح محلی استفاده کنند و در نتیجه به‌جای سقف‌های چوبی طاق‌های آجری بنا کنند. از این راه متدهای جدید در استفاده از طاق آجری برای ساختن خانه‌های مسکونی به وجود آمد. از طرف دیگر در جستجوی 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 مردمی ساز، با نام طاق پروسی یا آلمانی در کشورهای آسیای میانه و حتی لبنان و یونان دیده می‌شود. مثلاً تحقیق روتر بلاگوبویچ و جوکانوویچ (۲۰۲۰) در مورد بناهای مدرن نیمه اول قرن بیستم حاکی از رواج تیرآهن و طاق ضربی تحت عنوان پروسین اولت‌آدر 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 (ژوانویچ و رادوویچ، ۲۰۰۰). 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 (دراگانویچ، ۲۰۱۹). معماری به نام واکوویچ در ۱۸۸۲ این سیستم را وارد ساخت و ساز مسکونی کرد (آلادیچ، گرکوویچ، دولیچ، ۲۰۱۹). 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 (ترایکووا و متالکوامارکوا، ۲۰۱۵).

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 دمغازه-ای است (زیگل، ۲۰۱۴). آن طور 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 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 بکار 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 المانی بود (ندیدن قوس در زیرسقف).



تصویر ۶. طاق پروسی بازمانده از اوایل دوره مدرن با آجر نمایان در بلگراد (بلاگوویچ و جوکانویچ، ۲۰۲۰).



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 (گیلبر، ۲۰۰۸: ۱۳۶).

### ۳-۳. طاق ضربی به عنوان سازه اصلی

در سال ۱۹۶۶ دانشگاه رایس در هیوستون تگزاس 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 گوادالاجارا 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<sup>۴</sup> اسپانیایی‌ها و نیز تکنیکی قدیمی در میان سرخپوستان در کلبه‌های تیرپوش، می‌داند و در نهایت هم با تیرچه‌های فولادی و هم بتنی بکار رفته است (کرال، ۱۹۶۶). همین نگارنده و همکارش در نوشتاری دیگر، منشأ اصلی تکنیک را متعلق به سرخپوستان مکزیک و سیستمی به نام تراود<sup>۵</sup> می‌داند که اسپانیایی‌ها طاق کاتالان را از آن برگرفتند (کرال و رنسام، ۱۹۶۶). 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، برغم رواج زیاد کارهای آجری مدرن در نما، این نوع سقف کمتر دیده شده است (کوماگای، ایتو و کیمورا، ۲۰۱۸).



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

تحقیق گارسیا، 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 (سارابه‌ای) 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 گذاشت که به بوگوتا در کلمبیا داشت و خانه‌ای طراحی شده توسط معمارانی 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 کاربرده، تکنیک سفال مسلح است یا سقف کاتالان واقعی. زیرا سفال مسلح در ۱۹۴۷ ابداع شد و بسیاری بناهایی که ظاهر قوس‌آجری 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. اسکیس لوکوربوزیه و نمای داخلی سقف کاتالان در پروژه بریگارد که لوکوربوزیه آن را دیده و احتمالاً از آن الهام گرفته بود (گارسیا، ماگدالنا و مدین ۲۰۱۸).

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 پیوند 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 به عنوان 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، طاق آهنگ، یک طاق سازه‌ای متداول است؛ ضمن آنکه سابقه معماری خشتی در مکزیک، شناخته شده است (مینکه، ۲۰۱۳: ۱۰). کاربردهای دوره مدرن از این طاق، هم مهارت بیشتر و هم کاربرد سازه‌ای تر این نوع سقف را نسبت به دو مورد پیشین نمایش می‌دهد.

#### ۴. همنشینی آهن و آجر در ابتدای مدرن‌سازی در معماری ایران

استدلال ابوالقاسمی در مورد ایرانی بودن طاق‌ضربی روی تیرآهن، بجز پیشینه قوی طاق آهنگ در ایران، تکنیک محلی در شیراز است که در آن طاق‌ضربی روی تیرچوبی زده می‌شده است؛ 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 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 آینه. کشورهای خارجی تازه در صدند 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: «ناصر الدین 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 تیرچوبی 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: ۶-۳۳۵).

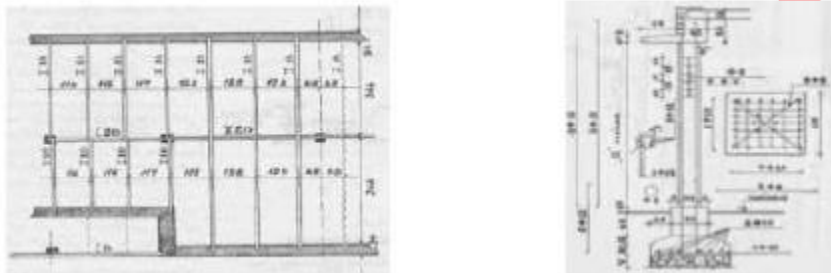
در تصاویر تکیه دولت، آنها به صورت تیرآهن دیده می‌شود. نخستین نمونه‌های رسمی ساختمان با سقف تیرآهنی را باید کارخانه‌های ساخت آلمان‌ها در ایران دانست؛ کارخانه رسیباف اصفهان و اقبال یزد دو نمونه از اینها هستند که طاق‌ضربی در آنها به صورت نمایان دیده می‌شود؛ البته در طاق پروسی بحث شده، این امر در مهندسی ساختمان آلمان در قرن نوزدهم به عنوان یک شیوه مهندسی در ساختمان‌های صنعتی شناخته شده بود؛ اما در ایران، اجرای این طاق‌ها را استادکاران ایران به عهده گرفتند (جوهریان، ۲۰۱۰). در خاطرات پیشوا یزدی (البته مربوط به ابتدای دوره پهلوی دوم) منشأ دیگری برای ورود طاق‌ضربی 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، به عنوان 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 طاق‌ضربی ذکر می‌کند و در تصویری که از مدرسه نوشیروان دادگر (طراحی مارکف) ارائه کرده است، این نوع طاق با آجر نمایان مشهود است. بنابراین می‌توان گفت که از ابتدای آشنایی با تیرآهن، طاق‌ضربی زدن روی آن، به عنوان 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 نازی‌آباد که بانک رهنی در دهه ۱۳۲۰ در دست اجرا دارد و برای قشر کم درآمد، ساخته می‌شود، مهندس علی صادق که فارغ‌التحصیل بلژیک است، سیستم ترکیبی ستون و دیوار باربر به همراه دال طاق‌ضربی را با دیتیل‌های کامل به عنوان یک طاق مهندسی پیشنهاد می‌دهد که البته سقف آن از زیر، صاف دیده می‌شود.

نکته مهم در این نمونه‌ها، تفاوت کاربرد سقف طاق‌ضربی به عنوان یک دال غیرمسطح یعنی حالتی که قوس‌های طاق در زیر فضا دیده می‌شود با دال مسطح (قوسها از زیر دیده نمی‌شود) است؛ اگر رویه مربوط به آمریکایی‌ها را با میراث فرانسوی کاربرد طاق‌ضربی در ایران قیاس بکنیم به تفاوتی اساسی می‌رسیم و آن، تلقی سقف طاق-ضربی به عنوان یک طاق مسطح است؛ در کار ماسیم سیرو در شهر قم (دبیرستان حکیم نظامی)، از این سقف به عنوان یک طاق صاف استفاده شده است (راهنمای قم، ۱۳۱۷: ۱۴۹-۱۵۲)؛ این امر بویژه وقتی قابل توجه است که بدانیم سیرو در نمونه کارهای طراحی شده اش، نمایش الهام از قوسهای تاریخی را به صورت مصرانه مورد توجه قرار می‌داده است اما در مورد تیرآهن، تصویری از سقف منحنی برایش متصور نبوده است. در سیر سنتی طاق‌های ایران، رسیدن به طاق‌های کم‌قوس، نوعی روند روبه رشد در فرهنگ

معماران تلقی شده است؛ این امر را نه تنها در سیر پدید آمدن قوس‌های شناخته شده سنتی می‌توان دید، بلکه ما در اواخر قاجار با طاق‌های لاپوش یا قمی‌پوش مواجهیم که یک دال نسبتاً وسیع با قوس کم برپا می‌شود و اساتیدی مثل استاد رضا در خاطرات خود، توانایی کاهش خیز طاق را از مهارت‌های خود می‌دانند.

در پیشینه این طاق در اروپا، آورده شد که در بلژیک، طاق ضربی و تیرآهن به عنوان یک سقف ضدحریق شناخته شده است؛ مسأله این است که آیا کار علی‌صادق، ناظر به این مفهوم طاق ضربی است یا خیر. بررسی کارهای دیگر زمان پهلوی دوم تا اوایل دهه ۱۳۴۰ که سقف‌های تیرچه‌بلوک توسط شرکت‌های خارجی به صورت انبوه وارد ایران می‌شود، کاربرد تیرآهن، به خودی‌خود به منزله پرداختن به کار مهندسی بوده است؛ البته اگر منشأ بلژیکی تیرآهن‌های کار شده در ایران را از زمان قاجار تا اواخر پهلوی در نظر بگیریم نمی‌توانیم بسادگی از کنار منافع دولت متبوع محل تحصیل این معمار در این انتخاب بگذریم. در هر حال الگوی بلژیکی و فرانسوی تا حد زیادی می‌تواند بلحاظ فرهنگی مرتبط دانسته شود.

قسمت عمده از سقف‌های ساختمان‌های ۴۰۰ خانه از تیرهای آهنی و طاق‌های آجری با ملات گچ و خاک به ضخامت ده سانتیمتر ساخته شده است. شکل زیر پوشش یک ساختمان یک مرتبه با تیرآهن‌های آمریکایی شماره ۱۴ را نشان می‌دهد. (گرنفلد، ۱۳۲۶: ۱۳۷) برای خانه‌های یک طبقه تیرآهن ۱۲ به فاصله هشتاد سانتی‌متری در نظر گرفته شده و عده از خانه‌های یک طبقه به ترتیب فوق ساخته شد ولی چون تهیه آهن دوازده و ده مقدور نبود و آهن‌های نمره ۳×۵ و ۳×۶ اینچ موجود مورد استفاده قرار داده شد بنابراین نوع آهن ایجاب نموده که فاصله هشتاد سانتیمتر به فاصله‌های ۱،۱۵ متر و ۱،۶۰ متر تبدیل شود. و از طرفی چون تهیه آجر به مقدار زیاد مشکل بود لذا خانه‌هایی که تعدادشان در حدود ۲۸۰ دستگاه می‌باشد متصل به هم ساخته شده و به قدر امکان در به کار بردن آجر صرفه‌جویی به عمل آمده...چند دسته از خانه‌ها که به‌وسیله تیرآهن‌های ۱۲ و ۱۴ به شکل ناودانی پوشش شده‌اند چون تیرآهن ناودانی دارای یک لبه برای تکیه‌گاه طاق بیشتر ندارد لذا در انتهای تحتانی این تیرها آهن‌های نبشی ۳ سانتیمتری با پیچ و مهره قرار داده شده تا یک طرف طاق آجری بر آهن‌های نبشی تکیه کند (گرنفلد، ۱۳۲۶: ۱۳۷).



تصویر ۱۰. جزئیات طاق ضربی و تیرآهن در پروژه ۴۰۰ دستگاه (ازدوری، ۱۳۲۶: ۱۳۷-۱۳۸)

کاربرد تیرآهن و طاق ضربی نمایان در دهه ۱۳۳۰ در خانه‌ای که جلال آل‌احمد برای سیمین بهبهانی که به امریکا 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، به عنوان یک فناوری مربوط به انبوه‌سازی در مجتمع‌های مسکونی کارگری و کارمندی متعددی بکار می‌رود؛ و ظاهراً وجهه آوانگارد آن کمرنگ می‌شود. عملاً در ساخت و سازه‌های ارزشمند 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، تهران ویلا 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 گلایه 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 معرفی شده 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 به عنوان 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 آقای راد (۲۰۱۵) 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.

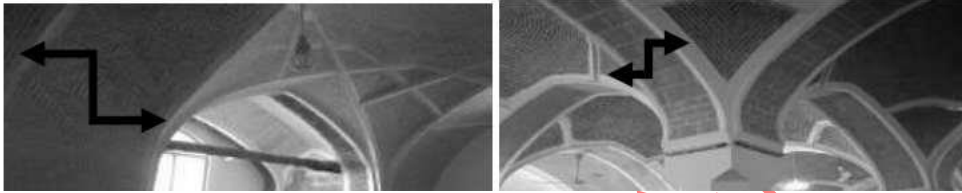
در کارهای مردمی دوران گذار، سه گونه مفهوم طاق ضربی به صورت همزمان، نمود می‌یابد؛ مسکونی، مسجد و تجاری‌ها. در دسته اول یعنی مسکونی‌های مردمی‌ساز، سقف تیرآهن به عنوان سقف کاملاً مسطح و با روکش گچ رایج است؛ در مورد بازسازی شهر فردوس پس از زلزله، در مورد مشخصات فنی طرح مقرر شد کلیه ساختمان‌های احداثی دارای شناژ بتن آرمه، دیوار آجری و سقف طاق ضربی باشند و محاسبات فنی آن نیز توسط مهندسين 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 (شادی فر و فلاحی، ۱۳۹۶: ۷۶). همانطور که در گزارش بازسازی شهر فردوس در خراسان جنوبی مشهود است (شادی فر و فلاحی، ۱۳۹۶)، مردم طاق دارای تیرآهن را به عنوان یک طاق مقاوم تلقی می‌کردند و نوعی 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 ارزانتز بودن آن نسبت به طاق تیرآهنی تأکید شده است. این موضوع، چیزی است که از دهه ۱۳۴۰ تا اکنون 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، به عنوان یک سیستم ارزان و قابل ساخت با مصالح موجود در ایران تشویق می‌شود. در این دسته طاق ضربی، به عنوان 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 سرخیوستان مکزیکی 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 یا بی‌پشتوانه فنی به روستا باز کرد». (حجت، ۱۳۸۵: ۸۴)

در دو دسته بعد از کارها، یعنی مساجد و تجاری‌هایی که در اواخر دوره رضاشاه و اوایل محمدرضاشاه 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 ایرانی شده 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 طاق‌ضربی در فضای مهندسی ایران دانست که عمر زیادی نداشت و زود متوقف شد.

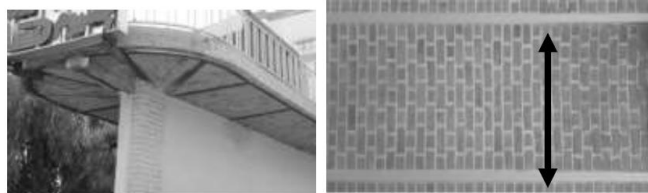
## ۵. بحث: ظهور ویژگی‌های ایرانی در تکنیک مدرن تیر آهن و طاق‌ضربی

مجموع بحث فوق نشان می‌دهد که با توجه به فناوری و مهارت در ساخت طاق‌های ایرانی، طاق‌ضربی 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 (به عنوان یک فناوری تازه‌وارد) در ساختمانهای دوره پهلوی، امتدای است از مهارت طاق زدن میان دو یا چند تویزه گچی (لنگه گچی) یا طاق‌ضربی 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 آهنک با دهانه و خیز کم است) به سهولت قابل انجام بود (تصویر ۱۱).



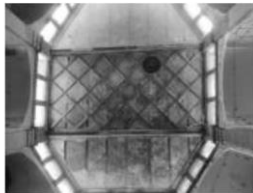
تصویر ۱۱. اجرای طاق میان دو یا چند قوس گچی با شیوه‌های متنوع قبل از حضور تیر آهن

به جز مزیت اساسی این طاق در عدم نیاز به قالب‌بندی (که در میان تکنولوژی‌های رایج طاق زدن، منحصر به فرد است)، از لحاظ نوع باربری نیز به دلیل قفل و بستن که بین آجرها ایجاد می‌شود، یکپارچگی 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 ۱۲. طاق‌ضربی با آجر نمایان به شیوه کله و راسته

اگر بخواهیم از دسته‌بندی کیانی (۱۳۹۲) برای توصیف آجرکاری طاق‌های ضربی این دوره استفاده کنیم، در بررسی طاق‌ضربی‌های اجرا شده با تیر آهن، «ترکیب آجرکاری با دیگر مصالح» در همنشینی آجر، تیر آهن 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 طاق‌ضربی با پوششی از اندود کاهگل و گچ پرداختی پوشیده می‌شود. در شیوه‌های جدیدتر، بجای اندود کاهگل از ملات گچ‌وخاک و رویه گچ استفاده می‌شود. ترکیب طاق‌ضربی با تیر آهن بعضاً همراه با تزیینات گچی و یا ترکیب با قاب‌بندی چوب به چشم می‌خورد. در برخی موارد، تیر آهن‌های اصلی و فرعی پوشیده شده با اندود گچ، آجر و یا شبکه‌ای متعامد از چوب می‌تواند معرف نازیبا تلقی شدن تیر آهن نمایان سقف در نگاه زیباشناختی معماری مردمی باشد (تصویر ۱۳).



تصویر ۱۳. سقف فضای هشتی سرای احمدزاده قم

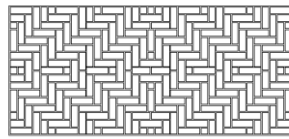


تصویر ۱۴. شیوه‌های متنوع آجرچینی سقف ترکیبی با آجر لعاب‌دار؛ پاساژ امجدی قم.

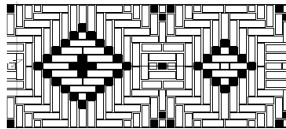
زیبایی و تناسبات این همنشینی مصالح، با تکیه بر پیشینه صنعت آجرکاری در انواع سقف سازی‌های معماری ایران، جایگاه متمایزی را به شیوه استادکاران ایرانی داده است موضوعی که در آثار غربی پیش از این دیده نمی‌شود. این تمایز در شیوه حل مسأله توامان پوشش سقف بین دو تیرآهن، بدون استفاده از قالب، و توجه عمیق به موضوع زیباشناختی در عمل استادکار است (تصویر ۱۴). در نمونه های دیگر، ترکیب استفاده از تیرآهن قوس داده 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 قوس داده شده می‌دهد (تصویر ۱۵).



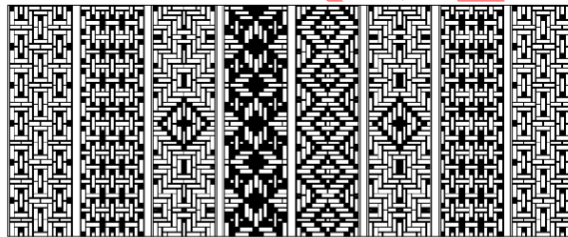
تصویر ۱۵. مقایسه نمونه طاق چاربخش روی آهن خم شده (راست - بازارچه شیخان قم دهه ۱۳۴۰) و طاق چاربخش معمول سنتی مسجدی در بیدگل «سبک‌های تزئینی» بکار گرفته شده متکی بر نقوش هندسی و شیوه‌های آجرچینی پیش از این دوره است. در ابنیه مذهبی (مساجد) و تجاری، سقف‌ها و ایوان‌های پیش آمده در معابر با انواع نقوش ساده 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.



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)

نوع برخورد با آجرکاری زیر سقف (تصاویر ۱۶، ۱۷ و 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، مهارت دست استادکار و تزیینی او، جایگزین ابزارها برای ایجاد دقت است؛ نمایانی آجر و استفاده از آجر پاکار به صورت پیش‌آمده در اولین تراز روی آهن، ظریف‌کاری‌ها و هنرنمایی‌های معماران این بناها را نشان می‌دهد. گاهی کمال مهارت استادکار در مخفی کردن تیرآهن است؛ در این وضعیت تداوم هنر استادکار در مخفی کردن عناصر حجیم سازه‌ای طاق که پیش از این در شیوه‌های سقف سازی چون «بزدی‌بندی» معمول بود در هنر مخفی کردن عنصر سازه‌ای تیرآهن به کار گرفته می‌شود. سطح بالای مهارت استادکار 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.



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

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 دوطبقه بسازد، روی سقف طبقه اولش را باید در هر چهل سانت یک عدد الوار از چوب به ضخامت ۲۰×۶ ضرب در طول اطاق می‌انداخت و زوارهایی به اندازه ۳×۵ سانتی متر به لب این الوارها می‌کوبید، بین آن را با آجر طاق می‌زد، رویش را با خاک نرم صاف می‌کرد و بعدا گچ و خاک اندود می‌کرد. بدین روش ساختمان دوطبقه ساخته می‌شد. ولی در اصل بیش‌تر تیغه‌های درون ساختمان چه دوطبقه و چه یک‌طبقه از مصالح خشت‌خام بود و خیلی ارزان‌تر از آن چه فکر کنید تمام می‌شد» (پیشوا یزدی و



اندرودی، ۱۳۹۰: ۶۵-۶۶). در واقع، مصالح گران‌تر و کم‌یاب‌تر را برای مسجد بکار برده‌اند که می‌تواند نشانگر ارزش و اهمیت این فضا در ذهن مردم و بانیان آنها باشد. یه عنوان نمونه از بناهای دیگر در تجاربه‌های مورد بررسی در شهر قم، به جز یک نمونه (سرای نو) طاق‌های سنتی در انواع مختلف (از کلبه تا قمی‌پوش و سقف چهاربخش) بکار رفته است (ناری قمی، ممتحن و عمرانی‌پور، 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 مغازه‌هایی در بازار تهران برای این مسجد، ذکر می‌شود؛ همانطور 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 می‌تواند دخیل بوده باشد. برای یک استادکار سنتی، به صفر نزدیک کردن خیز سقف، یک مهارت اساسی است؛ مثلاً ابداع طاق قمی‌پوش در اواخر قاجار نیز از همین موضوع سرچشمه می‌گیرد. لذا با وجود طاق ضربی، این گزینه، انتخاب استادکارانه‌تری نسبت به طاق‌های قبلی تلقی می‌شده است (حسین لرزاده نیز در مورد سقف مسجد آیت ... بروجردی قم در ابتدای دهه ۱۳۴۰، مسطح ساختن را یک مزیت می‌داند - مفید و رییس‌زاده، ۱۳۸۵). گزارش فیض (۱۳۴۳) از ساخت مسجد اعظم قم و گنبد آن، نشان می‌دهد 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 مطمئن‌تر که «سالها متروک شده بود (فیض، ۱۳۴۳: ۷۱۱-۷۱۲)» انجام داده است؛ در واقع موضوع «سازه برتر» و مطمئن‌تر 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 می‌نامد (فیض، ۱۳۴۳: ۱۲-۷۱۱).

در کارخانجات، ریشه موضوع را باید متفاوت دانست؛ در نمونه کارخانه ریسباف (چه در قم و چه در اصفهان - تصویر ۲۰) یا کارخانه اقبال یزد (تصویر ۲۱) که دارای طاق ضربی روی آهن قوس‌دار است، نمایشی طاق ضربی، بیشتر ریشه در رویکرد آلمانی‌هایی دارد که مهندس این بناه-ا بوده‌اند؛ چنانکه در مورد طاق پروسی ذکر شد، ترجیح آلمانی‌ها، عدم نمایش قوس در کاربری‌های مسکونی بوده است و آجر نمایان زیر سقف چه در زیرزمین‌های سنتی تر آلمان و چه در طاق پروسی با آهن، تداعی صنعتی‌تر و فضای غیرانسانی‌تری 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.



تصویر ۲۰. طاق ضربی نمایان در کارخانه ریسباف اصفهان (مأخذ: پهلوان‌زاده، ۱۳۹۳)



تصویر ۲۱. کارخانه اقبال یزد (مأخذ: جواهریان، ۲۰۱۰)

جدول ۱. جمع‌بندی نتایج

های  
زیبا

پستری جغرافیایی	پستری اجتماعی	کاربری	منشأ پیدایش	کارایی		نسبت یا عرصه‌های معماری	
				هدف اصلی	هدف فرعی	زیبایی	ساخت
آلمانی	مهندسی یا منشاء مردمی	مسکونی	طاق آهنگ که عرض در زیرزمینهای مناطق مرطوب	بهداشت	آتش‌بندی	نمایان بودن	تعدد چیدمان، مصالح و رنگ
انگلیسی	مهندسی	صنعتی	ایجاد دوره صنعتی	بهداشت	آتش‌بندی	نمایان است	تعدد نسبی در انواع چیدمان سازه‌ای آجر
اسپانیایی	مهندسی یا منشاء مردمی	عمومی	سقف ترازو در آمریکای مرکزی و طاق‌های قوسی دوره اسلامی اسپانیا	کاهش هزینه	تداوم تکنیک بومی	در کارهای معماری‌تر نمایان کار شده است.	آجر به صورت لاپوش با عدم تنوع دیده می‌شود.
یافته‌های پژوهش		مسکونی	تداوم طاق‌زنی روی تیر چوبی	کاهش هزینه	کاهش هزینه	بخاطر تمایل به مسطح بودن زیر سقف، آجر نمایان کار نشده است.	به دلیل کاربرد مصالح آهکی، مورب‌چینی آجر و عدم قالب‌بندی، سرعت زیادی دارد.
	مردمی	عمومی	تداوم طاق‌زنی میان لنگه گچی در تبرآهن	تداوم تکنیک بومی	[رقابت با] کار مهندسی	آجر همواره نمایان است، اما آهن بعضاً به تنج سیستم باریکه‌طاق‌ها، با روکش آجر پوشانده شده است (آهن‌کم)	به دلیل کاربرد مصالح گچی، مورب‌چینی آجر و عدم قالب‌بندی، سرعت زیادی دارد.
	مهندسی	صنعتی	تطبیق مهارت طاق‌زنی ایرانی بر الگوی مهندسی	آتش‌بندی	کاهش هزینه	به صورت نمایان کار شده است.	به دلیل کاربرد مصالح گچی، مورب‌چینی آجر و عدم قالب‌بندی و نیز مهارت بالای استادکاران، سرعت زیادی دارد.
	مهندسی	مسکونی	تطبیق مهارت طاق‌زنی ایرانی بر الگوی مهندسی	کار مهندسی	کاهش هزینه	به تنج نگاه سبکی مدرن‌نسیب سقف مسطح از بالا و زیر، ترجیح داده شده است.	به دلیل کاربرد مصالح گچی، مورب‌چینی آجر و عدم قالب‌بندی و نیز مهارت بالای استادکاران، سرعت زیادی دارد.
جمع‌بندی: صحت و سقم فرضیات مرحوم ابوالقاسمی	منشأ صرفاً ایرانی، تأیید نمی‌شود.	دامنه کاربرد این تکنیک در ایران، وسعت بیشتری دارد و مؤید نظریه ایرانی بودن آن است.	منشأ این تکنیک، گسترده‌تر از دیدگاه ابوالقاسمی است. در مورد ایران و کارهای مردمی، یافته‌های ایشان قابل تأیید است. اما در مورد نمونه‌های هندس‌ان و نمونه‌های خارجی، خیر.	کارایی اساسی این طاق، بسیار گسترده‌تر از فرضیات ابوالقاسمی، حتی در درون محیط ایرانی، بوده است.	بعد زیبایی‌شناسی این طاق در کارهای مردمی در حوزه بناهای عمومی، بسیار پیشروتر از نمونه‌های مهندسی خارجی در ایران و همه نمونه‌های خارجی است.	عدم نیاز به قالب، که به عنوان یک ویژگی معماری ایرانی در طاق‌زنی مورد تأکید ابوالقاسمی است، در نمونه کاتالان و تا حدی نمونه آلمانی نیز دیده می‌شود؛ اما برای آن، عرض کم دهانه و سهولت کار روی تیرآهن، تسهیل‌کننده یک امر غریب است اما در ایران، این امر یک روند متداول و تاریخمند است.	

## ۶. نتیجه‌گیری: بازنگری در مورد مفهوم فنی و فرهنگی طاق ضربی و تیر آهن

شیوه اجرای سقف تیرآهن و طاق ضربی به عنوان یک تکنیک دمدستی و عوامانه در میان مهندسان عمران و معماری ایران شناخته شده است و نقدهای متعددی در مورد این رویه وجود دارد که بعضاً غیرمستند است. تلاش انجام شده در این پژوهش، در جهت فراهم ساختن درک بهتری از این فن‌آوری عوامانه در اختیار بگذارد و از این رهگذر، نگاه نوینی را در نسبت فن‌آوری با فضای عمومی حرفه برقرار کند؛ که نخبه‌گرایی موجود در تحقیقات تاریخی یا فنی پیشین، غالباً مانع از برخورد منصفانه با این تکنیک و ویژگی‌های هنری و فرهنگی آن شده است. بر همین اساس، فرضیه مرحوم ابوالقاسمی در مورد ایرانی بودن منشأ این نوع از شیوه سقف‌سازی مبنای تحقیق قرار گرفت. نتایج پژوهش اکثر فرضیات مرحوم ابوالقاسمی در مورد ایرانی بودن این طاق، در مورد محیط ایران را تأیید 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 زیبایی‌شناختی بسیار عمیق‌تری از نمونه‌های خارجی در مورد آن ایجاد کرده است. وضعیت طاق ضربی و تیر آهن 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 به عنوان یک سقف پیشرفته مورد تأیید قرار داد اما پس از طی شدن آن دوره، از آن روی برگرداند. در آمریکا و ناحیه اسپانیولی زبان، بازگشت به معماری داخلی مبتنی بر تیر آهن و طاق ضربی نمایان (با عنوان طاق کاتالان که در بالا ذکر شد)، یکی از گزینه‌های مقبول در معماری داخلی است همچنین بازبانی اصول فنی و تحلیل سازه‌ای این سقف به عنوان 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. در میان برندگان جایزه معمار، معماری داخلی با این سیستم، باز نمود دارد؛ مسأله این است که یک داشته خودی، در فرهنگ مهندسی ایران براجحتی کنار گذاشته می‌شود تا اینکه از جامعه غرب، دوباره به آن روی آور شوند. دستاورد دیگر تحقیق نشان می‌دهد، کارایی 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 گسترده تر و پیشروتر از نمونه‌های خارج 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.

مرحوم ابوالقاسمی در مصاحبه با نشریه هنر و معماری شماره ۱۷ در باب آموزش معماری، دغدغه عمیق خود را در مورد خودی بودن معماری و تداوم سنت، بیان می‌کند؛ نسبتی که وی در تلاش است میان طاق ضربی 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 مفهوم 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 قرار دادن اطلاعات طرح‌های تحقیقاتی پیشین و آقای سید محمد عماد هاشمی در تدوین بخشی از مقاله، قدردانی می‌گردد.

<sup>1</sup> Jack Arch

<sup>2</sup> Wochen blatt für Baukunde

<sup>3</sup> Prussian Vault

<sup>4</sup> Gründer zeit

<sup>5</sup> Catalan vault

<sup>6</sup> Terrado

## منابع

۱. ابوالقاسمی، لطیف. (۱۳۵۲). نمونه‌ای چند از آثار آجری. هنر و معماری (۱۷)، ۶۱-۷۳.
۲. ابوالقاسمی، لطیف. (۱۳۷۶). پر و رومی. هنرهای زیبا (۲)، ۶۴-۶۷.
۳. آزدردی، عباس (۱۳۲۶). ساختمان خانه‌های ارزان در ایران. آرشیوتیکت (۴)، ۱۲۵-۱۳۳.
۴. پهلوان‌زاده، لیلا. (۱۳۹۳). ماکس شوتمان معمار کارخانه‌های اصفهان. معماریت (<https://memarnet.com/fa/node/2470>) - چهارشنبه، ۲۰۱۴-۰۹-۰۳-۰۳:۲۱:۴۲.
۵. تقفی، محمد جواد. (۱۳۸۳). آسیب‌شناسی ساختمان آسیبهایی ناشی از مراحل اجرا و نظارت در ساختمانهای خسارت دیده از زلزله بم دیماه ۱۳۸۲. هنرهای زیبا (۱۷(۱)، ۴۳-۵۲.
۶. حجت، عیسی. (۱۳۸۵). تاثیر اصلاحات ارضی بر شکل روستاهای ایران. هنرهای زیبا (۱)، ۷۵-۸۴.
۷. خدایار، مسعود. (۱۳۲۵). ایزولاسیون ساختمانهای مسکونی از نظر حرارت و صدا. آرشیوتیکت (۳)، ۹۴-۹۵.
۸. دومان، کیکاووس (۱۳۴۸). سقفهای بتن پیش‌فشرده. هنر و معماری (۴-۳)، ۱۱۴-۱۱۶.
۹. دهقان، لقمان. (۱۳۷۰). تجارت خارجی ایران در آستانه جنگ جهانی اول. مطالعات میان‌رشته‌ای، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی (دانشگاه اصفهان ۲) (۲)، ۱۰۰-۸۱.
۱۰. راهنمای قم. (۱۳۱۷). راهنمای قم؛ یادگار گشایش دبیرستان حکمت. قم: دفتر آستانه قم، چاپخانه مجلس.
۱۱. زند پیرنیا، مهین. (۱۳۴۸) نقدی بر کهن‌گرایی معماری نو. هنر و معماری (۴-۳)، ۹۳-۹۴.
۱۲. سلاجقه، عیسی، صیفوری، سعید، و محمدی، افشین. (۱۳۸۹). ارزیابی روش‌های مقاوم‌سازی سقف طاق ضربی در ساختمان‌های بنایی غیر مسلح. کنفرانس بین‌المللی سبک‌سازی و زلزله. SID. <https://sid.ir/paper/814142/fa>
۱۳. شادی فر، غزاله، و علیرضا فلاحی. (۱۳۹۶). مستند سازی بازسازی شهر فردوس پس از زلزله سال ۱۳۴۷. هنرهای زیبا (۲۲) ۳، ۷۱-۸۲. (doi: jfaup.2017.238448.671766/۱۰.۲۲۰۵۹)
۱۴. شهیدی مازندرانی، حسین. (۱۳۸۳). سرگذشت تهران. تهران: راه مانا.
۱۵. طایفه، سیما. (۱۳۹۹). سیمین دانشور و جلال آل احمد. خانه. مرکز دائرة المعارف بزرگ اسلامی، جمعه ۶ تیر ۱۳۹۹، <https://cgie.org.ir/fa/article/238730> / سیمین دانشور و جلال آل احمد، خانه.
۱۶. فیض، علی اکبر. (۱۳۴۳). گنجینه آثار قم. ج ۲. قم: چاپخانه مهر استوار.
۱۷. کامی شیرازی، سیده مهسا، حسین سلطان زاده، و فرح حبیب. (۱۳۹۷). نقش گروه‌های اجتماعی-فرهنگی در شکل‌گیری کویهای مسکونی دوره پهلوی دوم در تهران. پژوهش‌های انسان‌شناسی ایران، (۲) ۲۵-۲۵. (doi: ijar.2018.69468/۱۰.۲۲۰۵۹)
۱۸. کیانوری. (۱۳۲۵). تجدید ساختمان شهرهای خراب شده در اتحاد جماهیر شوروی. آرشیوتیکت (۲)، ۵۸-۶۳.
۱۹. کیانی، مصطفی. (۱۳۹۲). بررسی و جایگاه هنر آجرکاری تزئینی در معماری دوره پهلوی اول. نشریه هنرهای زیبا. معماری و شهرسازی (۱) ۱۸: ۲۸-۱۵. (doi: 10.22059/jfaup.2013.36354)
۲۰. گرنفلد. (۱۳۲۶). مشخصات فنی. آرشیوتیکت (۴)، ۱۳۷-۱۳۸.
۲۱. گروت، لیندا و وانگ، دیوید. (۱۳۸۴). روش‌های تحقیق در معماری. ترجمه علیرضا عینی‌فر. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۲۲. گلابچی، محمود، و محتبی طبیب. (۱۳۸۵). علل عدم پایداری ساختمانهای مسکونی روستایی در برابر زلزله و ارائه الگوی ساخت براساس امکانات و تواناییهای محلی (مطالعه موردی: روستای زرنده کرمان). هنرهای زیبا (۱۲)، ۳۱-۴۲.
۲۳. گنجی، جمال. (۱۳۲۵). بتون مسلح. آرشیوتیکت (۳)، ۹۱-۹۳.
۲۴. مفید، حسین و رئیس‌زاده، مهناز. (۱۳۸۵). ماجرای معماری سنتی ایران در خاطرات استاد حسین لرزاده از انقلاب تا انقلاب به انضمام منتخب اشعار. به کوشش حسین مفید، مهناز رئیس‌زاده. تهران: مولی.
۲۵. ناری قمی، مسعود و محتجن، مهدی، (۱۴۰۱). بررسی دگرگونی‌های الگوهای معماری مساجد مردمی در ابتدای مدرنیته در ایران نمونه موردی: مساجد شهر قم در اوایل دوره پهلوی (۱۳۰۴-۱۳۴۰ش). معماری اقلیم گرم و خشک (۱۵) ۱۰، ۱۵۸-۱۳۵. (doi: 10.22034/ahdc.2022.2745)
۲۶. ناری قمی، مسعود؛ محتجن، مهدی و عمرانی‌پور، علی. (۱۴۰۰). زمینه‌های ظهور فضاهای تجاری جدید در دوران پهلوی اول، مطالعه موردی: شهر قم. مطالعات شهر ایرانی اسلامی (۱۲) ۴۳، ۱۰۰-۸۱. (doi: 20.1001.1.2228639.1399.10.40.6.0)
۲۷. ناصرالشریعه، محمدحسین. (۱۳۸۳). تاریخ قم (حریم مطهر بانوی عالیقدر اهل بیت عصمت و طهارت حضرت فاطمه معصومه سلام‌الله‌علیها). چاپ چهارم. مقدمه و تصحیح: علی دولتی. تهران: رهنمون.
۲۸. هنر و معماری (۱۳۵۲). آموزش معماری: مصاحبه با لطیف ابوالقاسمی. هنر و معماری (۱۷)، ۱۴-۱۹.

## Resources:

29. Abolghasemi, L. (1973). Some examples of brick works. *Honar va Me'mari*(17), 61-73. (in Persian).
30. Abolghasemi, L. (1997). Par & Roomi. *Honar-ha-ye Ziba*(2), 64-67. (in Persian).
31. Aghaei Rad, H. (2015). *A Study of the Architecture of Nader Ardalan in Terms of Tradition and Modernity in the Islamic Context*. A thesis in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy Faculty of Built Environment, Australia: UNSW.
32. 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/FUACE190415016A).
33. Azhdari, A. (1947). Affordable Housing in Iran. *Architect* (4), 125-133. (in Persian).
34. Dehghan, L. (1991). Foreign trading of Iran at the beginning of the first world war. *Motaleat Mian Reshte-I* (2)2: 81-100 (in Persian).
35. 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).
36. Duman, K. (1949). pre-stressed concrete roofing. *Honar va M'mari* (3-4): 114-116. (in Persian).
37. Feiz, A. (1964). The treasure of Qom heritages. Vol2. Qom: Mehrostar. (in Persian).

38. Ganji, J. (1946). Reinforced concrete. *Architect*(3), 91-93. (in Persian).
39. Garcia J. & Magdalena F. & Medin J. M. (2018). Contemporary light vaults in Colombia. The origin of a modern tradition. *Building Knowledge, Constructing Histories – Wouters, Van de Voorde, Bertels et al. (Eds)*, 235-244.
40. Giebeler, G. (2008). Gründerzeitbauten 1870–1920. (2008). *Atlas Sanierung: Instandhaltung, Umbau, Ergänzung*. Giebeler, G., Fisch, R., Krause, H., Musso, F., Petzinka, K. H., & Rudolphi, A. De Gruyter. Bassel: Birkhäuser Verlag.
41. Golabchi, M & Tayyebat, M. (2006). The causes of the instability of rural residential buildings against earthquakes and providing a construction model based on local facilities and capabilities (case study: Zarand village, Kerman). *Honar-ha-ye Ziba* (12): 31-41. (in Persian).
42. Grenfeld. (1947). Technical specification. *Architect*(4), 137-138. (in Persian).
43. Groat, L. & Wang, D. (2005). *Architectural research Methods*. Translator: A. Einifar. Tehran: Univesity of Tehran Press.
44. Honar va Me'mari. (1973). Architectural education: interview with Latif Abolghasemi. *Honar va Me'mari* (17): 14-19. (in Persian).
45. 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.
46. Kamishirazi, S. M., Soltanzadeh, H., & Habib, F. (2018). The Role of Socio-Cultural Groups in Formation of Residential Neighborhoods of the Second Pahlavi Era in Tehran. *Iranian Journal of Anthropological Research*, 7(2), 25-49. (doi: 10.22059/ijar.2018.69468). (in Persian).
47. Kazemi, H., Ghafory-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*.
48. 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.
49. Khodaiari, M. (1946). Thermal and noise insulation of residential buildings. *Architect* (3), 94-95. (in Persian).
50. Kianuri. (1946). Reconstruction of destroyed cities in CCCP. *Architect*(2), 58-63. (in Persian).
51. Krahl, N. W. (1966). Structural Evaluation. *Vaulted brick construction in Guadalajara*. Architecture at Rice University, 18. 11-47.
52. Krahl, N. W., & Ransom, H. S. (1966). *Vaulted brick construction in Guadalajara*. Houston, Rice University, Dept. of Architecture: New York, distributed by Wittenborn.
53. Kumagai, R. Ito Y. & Kimura F. (2018). Modernity and locality in the use of brick in Spanish architecture (1870s–1930s). *Building Knowledge, Constructing Histories – Wouters, Van de Voorde, Bertels et al. (Eds)*, 819-828.
54. Lorenz, W. (1999). Classicism and High Technology—the Berlin Neues Museum. *Construction history*, 15, 39-55.
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.
56. Marefat, M. (1980). *Building to Power: Architecture of Tehran 1921-1941*. PHD thesis. MIT university.
57. Minke, G. (2013). *Building with earth: design and technology of a sustainable architecture*. Basel: Birkhäuser.
58. Nari Ghomi, M, Momtahan M. and Omranipour, A. (2021). The background of the emergence of new commercial spaces during the first Pahlavi era, a case study: Qom city. *Iranian Islamic City Studies* (12) 43: 100-81. (dor: 20.1001.1.2228639.1399.10.40.6.0). (in Persian).
59. Nari Ghomi, M., & momtahan, M. (2022). Development of patterns of popular mosques of early modern era of the city of Qom. *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 10(15), 135-158. (doi: 10.22034/ahdc.2022.2745). (in Persian).
60. Naser al-Sharia, Mohammad Hossein. (2004). *The history of Qom*. fourth edition. Introduction and proofreading: Ali Devani. Tehran: Rahnamun. (in Persian).
61. Pahlavanzadeh, L. (2014). Max Schonman, architect of Isfahan factories. Memarnet. (<https://memarnet.com/fa/node/2470>, 03-09-2014). (in Persian).
62. 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).
63. Salajaghe, E., Seifuri, S., & Mohammadi, A. (2010). Evaluating of the methods of strengthening jack arch roofing in non-reinforced masonry buildings. *International conference of building lightening and earthquake*. SID. <https://sid.ir/paper/814142/fa>. (in Persian).
64. Shadifar, G., & Fallahi, A. (2017). Documentation of Ferdows reconstruction after the 1968 earthquake. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 22(3), 71-82. (doi: 10.22059/jfaup.2017.238448.671766). (in Persian).
65. Shahidi Mazandarani, H. (2004). The story of Tehran. Rah-e Mana: Tehran. (in Persian).
66. 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>>
67. Taiefeh, S. (2020). The home of Simin-e Daneshvar & Jalal-e Al-e Ahmad. *Islamic encyclopedia center*. <https://cgie.org.ir/fa/article/238730>. *خانه سیمین دانشور و جلال آل احمد*. Visited 2023. (in Persian).
68. The guide to Qom. (1938). *The guide to Qom: in memorial of the opening of Hekmat Secondary School*. Qom: Astane office. (in Persian).
69. Traykova, M., & Metalkova-Markova, M. (2015). 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).
70. 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)
71. Wagner, W. (1886). Neuere Zwischendecken-Constructionen, *Wochenblatt für Baukunde*, 29(9 April), 145-148.
72. Wermiel, S.E. (2020). Introduction of the Rolled I-beam in the U.S.A. in the 1850s, Revisited in Campbell, J. et al, *Steel and Buildings: Studies in the History of Construction. Proceedings of the Seventh Annual Conference of the Construction History Society*, 93-104
73. 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).
74. 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: 10.22068/IJCE.13.3.278).
75. Zand-e Pirnia, M. (1969). A critique of antiquity within modern architecture. *Honar va M'mari* (3-4). (in Persian).

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

## 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 Ghomi<sup>1\*</sup>, Mehdi Momtahan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Construction and Architectural Engineering, University of Technical and Professional Training, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Architecture and art, University of Kashan, Kashan, Iran.

\*University of Technical and Professional Training, Faculty of Qom, Qodusi Boulevard, Qom, Iran. , Phone: +98-251-37737636, Email: msnarighomi@ut.ac.ir

**Abstract:** The roofing technique called Jack Arch in English that means a brick arched roof on top of steel I-beams, is one of the first special building techniques of Iran's modernization period, which has not been properly researched so far. While recent structural engineers in Iran saw it as a lay technique of no importance, architects have a growing attention toward it. Many years ago, in defense of this technique, the late Latif Abolghasemi (the late professor of Tehran University) has introduced it as an Iranian technology; but his statement was not properly documented by him. This research has investigated the hypothesis proposed by him with a historical interpretation approach. The findings of the research show that this technique has three different origins in the early modern Europe in the nineteenth century: England (Jack Arch), Germany (Prussian arch) and Spain (Catalan roof). The so called Jack arch was introduced for fire proofing of textile factories while the Prussian vault find its origin in traditional water proofing of wooden structures at the level of basement. The catalan vault could be considered as continuation of a traditional system from two separate origin (of Islamic period of Spain or Mexican red Indians). Its entry into the Iranian building construction has two different source: popular origin which was continued from very developed system of vaulting in Iran and engineering origin that introduced in the factories of the first Pahlavi period (mostly by German engineers) and governmental buildings (of English-American engineers). Before the arrival of foreign engineers, this method was common with a wooden beam, and practically a historical intersection has linked it to steel; Therefore, in comparison with the Jack arch, the Iranian counterpart is distinguished from it by construction without form-working; In comparison with Prussian vault, the Iranian type has more elaborated brickwork while from point of view of formwork the German type, is rarely constructed without formwork. The Catalan vault has much more common features with Iranian vault, not only in formworking but also from point of view of mission of the technology; but the catalan vault has no common real history with contemporary Iran as well as its features of brickwork are very simpler than Iranian vault. In addition, thin brick layering (called 'LaPoush' in Iran) that is in some catalan vault, is not based on resistance of the brick itself unlike Iranian vault. As a result, Abolghasemi's hypothesis partially confirmed i.e. this technique is not specified to Iran although the Iranian type has not foreign origin but the introduction of western engineering catalyzed its development. The main impact of engineers can be pursued in factories where the brickwork is exposed without plastering while in residential works it is flattened and plaster. In addition to the technical superiority of Iranian works, the Iranian type used in popular buildings such as local mosques and trading centers, shows a very fine brickwork as well as elaborated techniques for hiding steel beams that deserve more attention as cultural heritage of early modern era of Iran.

**Keywords:** vaulted roof on I-beam, Latif Abolghasemi, early modern era, Jack Arch, Catalan Vault, Prussian Vault.