

## تبیین فنون اجرایی مؤثر در ارتقای مقاومت تاق

فرهاد فخار تهرانی\*، نعیمه توکلو\*\*

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۵/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۵/۰۸/۲۰

### چکیده

دسته بندی انواع تاقهای ایرانی به لحاظ فرم و شکل هندسی و کاربری آن، از تنوع و گستردگی برخوردار است و مقاومت انواع تاقهای ایرانی به لحاظ فرم هندسی و نحوه عملکرد نیروها نیز متفاوت است. در فرایند اجرای انواع تاق، صرف نظر از فرم هندسی، عواملی مانند مصالح، ملات، فن ساخت، موضع قرارگیری آن و... تاثیرگذار است. بررسیها مبین آن است که فنون اجرایی حاصل از زمینه‌های تجربی و فنی معماران گذشته، نقشی بسزا در ماندگاری و پایداری بسیاری از بناهای تاریخی داشته است. شاهد این ادعا، نقش تفکر معماران سنتی در فرایند اجرای تاق از ابتدا تا مرحله تکمیل آن بوده است. از این رو، به تعداد معماران سنتی فارغ از موضوعات اقلیمی، بلکه براساس تجربه و دانش از فنون اجرایی مؤثر در افزایش مقاومت سازه‌های سنتی می‌توان شاهد تنوع در نحوه ساخت انواع تاق در ابنیه تاریخی بود. در این مقاله، چگونگی فنون اجرایی تاق (از ابتدا تا انتهای ساخت) مورد نظر است که بیشتر در ابنیه تاریخی به کار گرفته شده و دلیلی بر ایستایی و مقاومت آن گشته است. به منظور تحلیل و بررسی فنون اجرایی، روش تحقیق حاضر بر اساس شناسایی و معرفی نمونه‌ای از فنون اجرایی در ابنیه تاریخی ایران، روش تجربی نگارندگان با همراهی معماران سنتی در کارگاههای مختلف و استفاده از کتب مرتبط با موضوع بوده است. همچنین جمع‌آوری و تدوین فنون و شیوه‌های مربوط به اجرای انواع تاق -که معماران سنتی نسل به نسل در بکارگیری و ارتقای آن کوشیده‌اند- می‌تواند از یک سو، الگوی مناسبی برای آموزش علاقه‌مندان در دانشگاهها و مؤسسات آموزشی باشد و از دیگر سو، تبیین و شناخت عمیق هر یک از روشهای اجرایی تاق و الگو برداری مناسب از آن می‌تواند راهگشای کاربری صحیح در بناهای معاصر و بویژه بازسازی و مرمت انواع تاق در ابنیه تاریخی نیز باشد.

کلمات کلیدی: تاقهای ایرانی، ارتقای مقاومت تاق، فرایند اجرایی تاق، انواع قالب، ابنیه تاریخی.

\* دانشجوی گروه مرمت ابنیه و بافت دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران

\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت ابنیه و بافت دانشکده پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران: naeimehtokallo@ut.ac.ir

## مقدمه

تاق و همچنین فارغ از تأثیر فرم و هندسه آن بر عملکرد نیروها که غالباً در منابع متعدد مورد توجه بوده، تبیین و تحلیل روشهای اجرایی سستی است که امروزه در فرایند اجرای انواع تاقهای ایرانی به دلیل پیشرفت تکنولوژی ساختمان منسوخ و یا مورد بی توجهی قرار گرفته‌اند. بدین منظور، با توجه به پیشینه حرفه‌ای و آکادمیک نگارندگان به شناسایی و معرفی فنون اجرایی پرداخته می‌شود.

## ۱. تبعیت از جرز و ستون

بطور کلی تمام عواملی که سازنده جرز و ستون است، فرم پوشش سقف را دیکته می‌کنند و یا به عکس نحوه و چگونگی پوشش سقف یک - بناست که فرم، اندازه و چگونگی جرز و ستون حمال آن را مشخص می‌نماید. این خصلت سبب می‌گردد پوشش سقف و جرز و ستون برهم اثر متقابل داشته باشد.

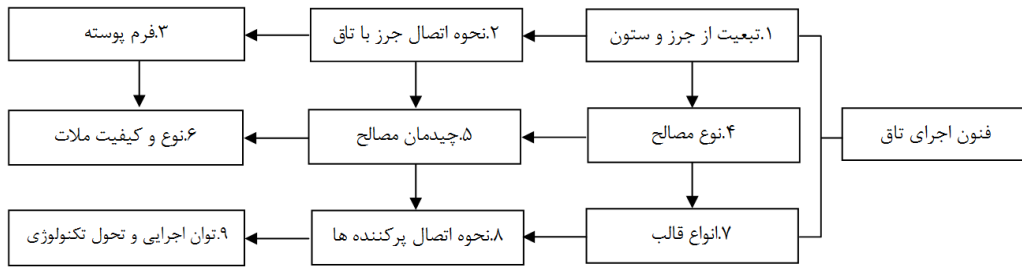


تصویر ۱: عناصر باربر در بنا  
شبستان مسجد جامع همدان

«معماری آمیخته و فرایندی است از علم، هنر، ذوق، سلیقه، اعتقاد، ایمان و مهارتهای خاص که در مسیر تمدن و فرهنگ و در رهگذر تاریخ، زبان گویای زمان خویش است. لکن ابتدا به ساکن نبوده بر محور پیشمایه‌ها و اتکا به تجارب پیشینیان به وجود می‌آید.» (به نقل از معماریان، ۱۳۹۱: ۲۲)

معماری ایرانی سرشار از ویژگیها و خصوصیات منحصر به فرد است که در یکایک اجزا و عناصر سازنده آن، نمودی خلاقانه از نوآوریهای گذشتگان دیده می‌شود. اجزای تشکیل دهنده ساختار در پیوند با ضرورتهای زمانه بوجود آمده، و در گذر زمان رشد و تکامل یافته‌اند. تاق به عنوان عنصر معماری سستی با پیشینه‌ای غنی، از دوره قبل از میلاد مسیح در آثار معماری پیدایش، رواج و گسترش یافته و در دوره بعد از اسلام به عنوان جزء سازه‌ای رایج در معماری مبدل گشته است. معماران ایرانی به آن تنوع داده‌اند و نمونه‌هایی متعدد را از آن در معماری بکار گرفته‌اند. چفد<sup>۱</sup>، چفت، دور، قوس<sup>۲</sup> و تاق واژه‌هایی هستند که بخش منحنی شکل یک درگاه را می‌پوشانده است. «تاق، در اصل اندام سازه‌ای منحنی شکلی است که برای پوشش فضا کاربرد داشته؛ اما در گذشته برای اندامی که یک درگاه را می‌پوشاند، نیز بکار رفته است.» (همان، ۸۹) غیاث الدین جمشید کاشانی به تاق «ازج» (ازج معرب کلمه «ازج» فارسی است به معنی شاخه خمیده) می‌گفته و واژه تاق را به جای چفد آورده است. (جذبلی، ۱۳۶۶) هدف از انجام این پژوهش، صرف نظر از تنوع و گستردگی انواع





نمودار ۱: مراحل و روابط در اجرای انواع تاق  
(مأخذ: نگارندگان)

جدول ۱: دسته بندی انواع جرز و عوامل مؤثر در باربری آن

جرز بار بر، ستون	باربر	دسته بندی عناصر باربر بر اساس نیروی وارد بر آن
اسپره، تکیه گاه تاقها	نیمه باربر	
تیغه ای، صندوقه	جداکننده	
سنگ، آجر، خشت	مواد و مصالح	عوامل ایجاد تفاوت در انواع عناصر عمودی ساختمان از لحاظ باربری
---	نحوه اجرا	
پیوسته - نیمه پیوسته - منفرد (ستون)	ضخامت جرز	
دایره - چهار ضلعی - هشت ضلعی	فرم پلان	
---	موازی یا متقاطع بودن	
---	تعبیه روزن یا تاقچه	
---		

جرز و تاق یکسان می‌گردد. این روش متداولترین روش اجرایی است در بعضی از بناها با بیرون زدن قطعه الوار چوبی از زیر کلاف چوبی و یا ادامه کلاف چوبی در پای تاق، تکیه‌گاهی برای سوار کردن قالب چوبی پدید می‌آید که عموماً پس از انجام کار بریده می‌شود و یا تبدیل به جزئی تزئینی می‌شود؛ مانند آنچه در مسجد همدان قابل مشاهده است.

### ۲,۳ پیش آمده

قبل از اتمام جرز چند رج از جرز لاریز و سپس تاق روی آن سوار می‌شود که عملاً کمی دهانه کوچک می‌گردد.

### ۲. نحوه اتصال جرز با تاق

تاقها و جرزها در سه حالت مختلف با هم متصل می‌شوند:

#### ۲,۱ گود شده

در بخش بالای جرز اولین ردیف آجر یا خشت کمی عقب می‌نشیند و گودی در این مکان ایجاد می‌گردد که از این گودی برای استقرار قالب چوبی استفاده می‌شود. در نتیجه نیاز به پایه‌ای برای قالب نیست و دهانه نیز به اندازه دو گودی در طرفین عریض می‌شود. این روش اجرا عموماً متعلق به دوران قبل از اسلام است.

#### ۲,۲ همباد

در این روش تاق و جرز همباد هستند. با قرار دادن ستونک چوبی همباد جرز زیر قالب چوبی، بر



## ۳. فرم پوسته

بخشی از فرم هندسی حاصل از دوران خطی صاف حول محوری موازی و یا متقاطع «تاق» نامیده می‌شود. این تعریف می‌تواند انواع مختلف فرمهای هندسی را در بر بگیرد؛ مانند

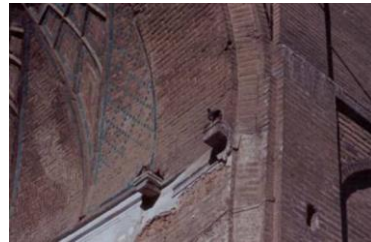
۳,۱ تاق آهنگ: این تاق به شکل نیم استوانه توخالی است و از حرکت یک قوس در امتداد یک خط بوجود می‌آید. ( معماریان، ۱۳۶۷: ۶۳) به تعبیر دیگر از حرکت انتقالی یک منحنی در یک راستا فرم تاق آهنگ به دست می‌آید.

۳,۲ تاق چهاربخشی: این نوع تاق، از تقاطع دو تاق گهواره‌ای بوجود می‌آید با این تفاوت که در این تاق بجای اینکه چهار ضلع تاق بر روی چهار دیوار یا سطح تکیه کند، بر روی چهار نقطه استوار می‌شود. این تاق می‌تواند بر روی فضای مربع یا مستطیل شکل ساخته شود. قسمت حمال تاقهای چهار بخش از چهار قوس (چهارتاق) و چهار ترک تشکیل شده است که از داخل تاق دیده می‌شوند. بارهای وارد شده کلاً بوسیله مجموعه‌ای از قوسهای بهم چسبیده که ترکها را می‌سازند به چهار نقطه یا تکیه گاه منتقل می‌شود. (معماریان، ۱۳۶۷: ۶۵)

۳,۳ گنبد رک<sup>۵</sup>: از دوران یک خط حول محوری متقاطع مخروط بوجود می‌آید، که اگر محور دوران همسو با جرزها باشد، گنبد رک پدید می‌آید و بخشی از آن را که توسط صفحه موازی با محور دوران سازنده مخروط قطع می‌شود و بر روی دو جرز متقاطع قرار می‌گیرد که زاویه تقاطع آنها برابر با زاویه راس مخروط است، فیلیوش بوجود می‌آید.



تصویر ۲: اتصال جرز با تاق به روش پیش آمده پاکار هشتی امامزاده حسین قزوین



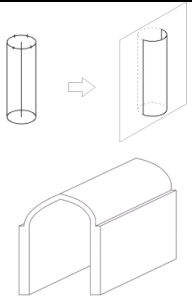
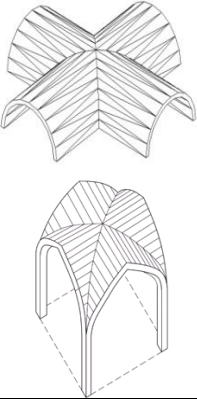
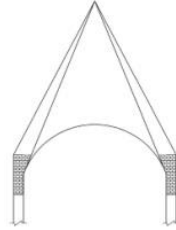
تصویر ۳: اتصال جرز به ستون به روش هم باد، ایوان جنوبی مسجد جامع همدان

از جمله مواردی که در این بخش بایستی به آن پرداخته شود نحوه اتصال و فصل مشترک چند تویزه<sup>۳</sup> با هم بر روی یک ستون است. فرم سر ستون تابعی از نحوه همجواری تویزه ها با هم و تعداد تویزه‌هاست. ابعاد چند ضلعی سرستون نیز تبعیت از ضخامت تویزه بر آن و نحوه قرارگیری تویزه ها در کنار هم دارد که بر سطح سر ستون افزوده می‌شود.

ضخامت تویزه در پای تاق تقریباً  $1/10$  دهانه تاق است در وضعی که دو تویزه مساوی در مجاورت هم بر روی یک ستون قرار می‌گیرند ضخامت طبره<sup>۴</sup> تویزه در پاکار کاهش می‌یابد و تقریباً نصف می‌گردد و حدوداً به  $1/20$  تبدیل می‌گردد. ( که همواره معمار کمتر از این مقدار در نظر می‌گیرد.)



جدول ۲: ویژگی اجرایی چند نوع تاق

نوع پوسته	ویژگی	کروکی
تاق آهنک	<p>- روی دو دیوار موازی اجرا می شود</p> <p>- مقطع قوس آن می تواند از انواع قوسهای ایرانی باشد.</p> <p>- دارای نیروی رانشی بالا و معمولاً از کنار یکدیگر اجرا کردن چند تاق جهت خنثی نمودن رانش استفاده می شود.</p>	
تاق چهاربخشی	<p>- در برابر عملکرد نیروها مقاوم است.</p> <p>- قابلیت گسترش در طول محورهای هندسی دارد.</p> <p>- معمولاً در شبستان های مساجد استفاده می شود.</p> <p>(شبستان مسجد جامع اصفهان)</p>	
گنبد رک	<p>- بعد از ناحیه شکرگاه هیچ اتصالی با آهیانه ندارد. (گنبد قابوس)</p>	

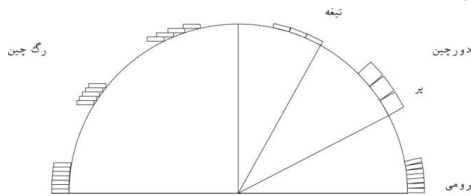
## ۴. نوع مصالح بکار رفته

انواع مصالح ساختمانی که به طور معمول با آن تاق برپا و در ایران کاربرد دارد؛ شامل چینه، خشت، آجر، سنگ قلوه، سنگ پاک بر و... است. خواص متفاوت این مصالح سبب ایجاد مزایا و یا محدودیتهایی در اجرا می گردد؛ به طور مثال همگن بودن ملات با خشت، آجر و سنگ کمکی شایسته به ایستایی اجزای باربر بنا می نماید و از آنجایی که این یکپارچگی با بهره گیری از هماهنگی ملات و مصالح ایجاد می شود، خواص

مصالح در پیوند با گیرایی ملات حائز اهمیت می گردد بگونه ای که در استفاده از ملات گچ که متداولترین ملات استفاده شده در تاق زنی است، به دلیل شرایط خاص اجرای تاقهای ایرانی جایگاهی ویژه دارد. خشت دارای بیشترین میزان چسبندگی با ملات گچ بوده و سنگ کمترین میزان چسبندگی به این ملات را داراست. همچنین نحوه فرم پذیری مصالح نیز در این بخش مورد توجه قرار می گیرد، استفاده از مصالحی مانند چینه که به خودی خود بدون فرم است در فرمهای قوسی (تاق یا گنبد) تا خشک شدن کامل نیاز به استفاده



آنها دیده می‌شود که هر کدام دارای نحوه اجرا، نحوه توسعه، توان فرم‌پذیری و مقاومت باربری متفاوتی هستند. توزیع اصلی باربر معمولاً به روش رومی یا پر یا ترکیبی از آن دو حالت اجرا می‌گردد. در بنا عموماً برای کنترل هتر و کاستن از فشار غیرقرینه بر روی تاقها، آنها را به شکل قرینه انجام می‌دهد.



تصویر ۴: مقایسه همزمان چیدمان‌های گوناگون خشت و آجر در اغلب موارد آجرچینی تا شکرگاه به روش رومی و از شکرگاه<sup>۹</sup> تا تیزه به صورت پر اجرا می‌گردد؛ بدین صورت که پس از نصب قالبهای تاق، در دو طرف (ابتدا و انتها)، آجرچینی به موازات جرز، بصورت رومی و هم رگ جرز با ملات گچ ادامه پیدا می‌کند. برای تصحیح فرم قوسی شکل به مدد قالب این کار انجام می‌پذیرد. در زمانی که معمار حس کند فشار بر قالب وارد می‌شود، برای ادامه کار یا باید از شمع و خفت به قصد نگه داشتن تاق و قالب استفاده نماید و یا مسیر اجرا را عوض کرد و عمود بر جرز و هم جهت قالب به صورت پر اجرا کند که این تاق ممکن است، تاق و یا تویزه تمام شده را تشکیل دهد. در اجرا با روش دور چین به سبب نوع اجرا، وجود تفاوت در ضخامت ملات (تفاوت ضخامت ملات در بخش داخلی و خارجی قوس) سبب می‌گردد، برای همگنی بیشتر اجرا تا شکرگاه به صورت رومی و سپس به صورت پر اجرا گردد، در انتهای این بخش با محاسبه چگونگی و میزان تفاوت هرز

از کفراژ<sup>۷</sup> یا قالب دبه دارد. چینه تنها جزء از این مجموعه از مصالح است که بدون فرم بوده و یکپارچه است و می‌توان آن را به نحو دلخواه در حین اجرا فرم داد.

## ۵. نوع چیدمان مصالح

نحوه چیدمان خشت و آجر در تاق به دو روش انجام می‌گیرد:

### ۵,۱ رگ چین

در این روش مصالح از پیش ساخته شده (خشت، آجر، سنگ) کمی نسبت به رگ قبلی خود جلو آمده و تمامی رگها موازی سطح زمین است. پیش آمدگی رگها سبب می‌گردد، دهانه تنگ شده بنابراین پشت تاق سنگین می‌شود. در این روش هر لنگه تاق به تنهایی از ایستایی برخوردار است و هنگامی که دو لنگه بهم می‌رسد، بر تعادل آن افزوده می‌گردد. در رگ چین اجرای تاق از بالا (پشت تاق) انجام می‌گردد. از آنجایی که در این روش برای جمع نمودن دهانه رگهای آجر را کمی پیش می‌آورند و حد این تغییر بستگی به نظر معمار دارد، که اثری مستقیم بر ارتفاع فضا خواهد داشت. در این حالت طبیعتاً درز مصالح با هم، بر روی نصف النهار همباد نیستند؛ ولی درزها بر روی مدار همباد می‌شوند.<sup>۸</sup>

### ۵,۲ دور چین

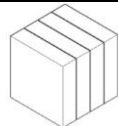
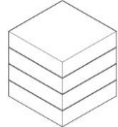
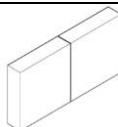
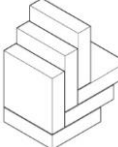
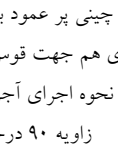
در این روش زاویه آجر نسبت به سطح افق متغیر است و آجر همیشه هم راستا با شعاع سازنده قوس است. در این حالت درز آجرها یا خشت در روی مدار و نصف النهار همباد می‌شود. نحوه قرارگیری آجر در دورچین به سبکهای مختلف رومی، پر، تیغه، کله راسته و یا ترکیبی از



ملات در یک قوس سه بخشی این همگنی کاملاً مشهود می‌گردد. بدین صورت که اگر در قسمت پاکار تا شکرگاه آجرچینی به صورت پر اجرا گردد تفاوت ضخامت ملات ۶ سانتی متر و اگر به روش رومی باشد ۱/۵ سانتی متر است. در بخشی از شکرگاه تا تیزه اگر آجر چینی به روش رومی صورت گیرد، تفاوت هرز ملات ۰/۲۸ سانتی متر و اگر به صورت پر اجرا گردد، تفاوت ضخامت ملات ۱/۱۴ سانتی متر است که دو عدد ۱/۵ و ۱/۱۴ بهم نزدیکتر بوده سبب می‌گردد اگر تاق تا

شکرگاه به صورت رومی و از شکرگاه تا تیزه به صورت پر اجرا گردد، دارای همگنی بیشتری از نظر هرز ملات بین مصالح باشد. این روش زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تفاوت همگنی در ملات و مصالح وجود داشته باشد هر چه بر میزان این همگنی افزوده شود دست معمار در اجرای چیدمان های مختلف بازر است.

جدول ۳: روشهای متفاوت چیدمان آجر در تاق آهنگ

نوع آجر چینی	ویژگی	کروکی	نحوه توسعه تاق
آجرچینی ضربی (پر)	- اجرای آن آسان است. - دوام آن از شیوه رومی کمتر است. - بیشتر در بخش وسط سازه های قوسی چیده می شود.		توسعه در راستای طول تاق
آجر چینی رومی (هره)	- به دلیل هشت و گیر بودن در سطح عمودی و مساوی بودن ملات خوری دارای مقاومت بیشتری است. - تا شکرگاه تاق بدون قالب اجرا می شود. - پس از اجرای قالب از دوطرف قوس اجرا و در تیزه پایان می پذیرد.		توسعه در راستای عرض تاق
آجر چینی چپبله (تیغه ای)	- ضخامت آجر ضخامت قوس را تشکیل می دهد. - بیشتر برای پالانه کردن قوس استفاده می شود.		توسعه در راستای عرض تاق
آجر چینی خفته راسته	- برای تزیین قسمت های پایین تاق مورد استفاده قرار می گیرد.		توسعه در راستای قطری (۴۵ درجه)
آجر چینی ترکیبی (رومی، ضربی، تیغه ای)	- برای مقاوم ساختن تاق در برابر نیروهای رانشی از این روش استفاده می کنند. - تا شکرگاه آجرچینی رومی ( بدون قالب)، و سپس از آنجا به بعد با آجرچینی ضربی اجرا می شود.		توسعه در راستای عرض تاق

## ۶. نوع و کیفیت ملات

ملات ماده خمیری شکلی است که با از دست دادن آب خود خشک و سخت شده و دو قطعه مصالح را بهم متصل می کند. هرچه اجزای سازنده

یک سازه منحنی (ملات و مصالح) همگنتر باشد تغییر فرم<sup>۱</sup> در آنها یکنواختتر است و بی تعادلی<sup>۱۱</sup>،





کمتر ایجاد می‌گردد. بنابراین تمام خصوصیات ملات بکار رفته در اجزای عمودی، منجمله مقاومت و قدرت گیرایی مورد توجه قرار می‌گیرد و از ارکان تعیین کننده تاق می‌شود. در تاقهای ایرانی در گذشته ملات قرار گرفته بین مواد سازنده یک سازه همواره از مقاومتی کمتر نسبت به آن مواد برخوردار بود و در اثر فشار تغییر فرمی بیشتر می‌پذیرفت.<sup>۱۲</sup>

ملاتهای رایج در ایران عبارتند از: گل، گل و گچ، گچ، گل آهک، شفته آهک و ماسه آهک که در حالت کلی از این ملاتها در کنار مصالحی چون خشت آجر سنگ استفاده می‌گردد. در اجرای تاقهای ایرانی که قالب نقش تعیین کننده داشته و توان باربری آن نیز بسیار محدود است، زودگیر بودن ملات از اهمیت خاصی برخوردار می‌گردد. گچ از مصالح زودگیر و ملاتهای گلی و آهکی دیرگیر محسوب می‌گردند. برای دیرگیر کردن گچ به آن گل افزوده می‌شود و برای زودگیر نمودن مصالح دیرگیر به آنها گچ افزوده می‌شود. گچ با توجه به زودگیر بودنش بیشترین میزان مصرف را در اجرای تاق بدون قالب دارد. همچنین نحوه اجرا و تغییر حجم آن خود می‌تواند فرم چیدمان متفاوتی را بوجود آورد.<sup>۱۳</sup> استفاده از ملات گل با توجه به اینکه برای ساختن آن نیاز به بکارگیری سوخت و انرژی نمی‌باشد به صرفه تر است. در مواردی نیز دیده شده ملات گل به دلیل دیرگیر بودن تا به صورت کامل خشک نگردد بر حسب تنش وارد شده بر ملات تغییر فرم پیدا می‌کند و اجازه نمی‌دهد، خشت بعدی - که به آن بار وارد می‌کند - ثابت بماند. برای از بین بردن این مشکل

از تکنیکها و ترفندهای خاص اجرایی از جمله کاهش وزن خشت و انداختن تاق استفاده می‌گردد که در بخشهای بعدی به آن پرداخته خواهد شد.

#### ۷. انواع قالب

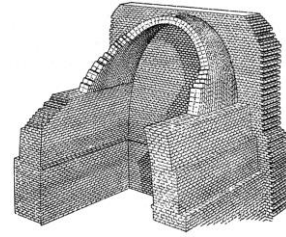
برپایی تاقهای ایرانی با بهره گیری از انواع مختلف قالبها - که شرح داده خواهد شد - امکان پذیر بوده است. یکی از تفاوتهای عمده تاق ایرانی با اروپایی، تفاوت و محدودیتهای موجود در زمینه استفاده از قالب در انواع ایرانی آن است. به نحوی که در اکثر موارد قالب فقط شابلون و یا خط علامتی روی اسپر برای هدایت معمار جهت اجرای فرم صحیح قوس بوده است.

#### ۷.۱ تصویر بر روی اسپر

برای تاقهای تکیه دار اجرا از طریق یک دیوار یا سرتاق صورت می‌پذیرد، در این حالت دیوار باربر در یکی از دوحد خود به یکدیگر متصل می‌شوند. این دیوار یا قوس از ارتفاع دو دیوار باربر حداقل به اندازه بلندی تاق بلندتر است. بر روی این دیوار قوس مولد بوسیله ملات ترسیم می‌گردد و اگر این مسیر برای ایجاد سطح تکیه دار ضروری تلقی نشود، آجرهایی که اولین رگ تاق را شکل می‌دهند، بر روی ملات تازه چسبانده می‌شوند و قوس مولد را ترسیم می‌کنند. سپس این رگ نخستین به عنوان سطح تکیه دار برای دومین رگ محسوب می‌شود که با بندهای متناوب بر روی اولین رگ مستقر می‌گردد. در این حالت پیشرفت کار به صورت افقی صورت می‌پذیرد، با پیشرفت بنا و در هر لحظه‌ای تاق شکل گرفته نسبت به شکل نهایی خود، ایستاست؛ ولی باید توجه داشت که چنین امری تنها زمانی مجاز است



که از ملاتی با گیرایی سریع و چسبندگی بسیار بالا استفاده شود. (بزناول، ۱۳۷۹: ۶۰)



تصویر ۵: تصویر بر روی اسپر

### ۷,۲ تاق جهازه

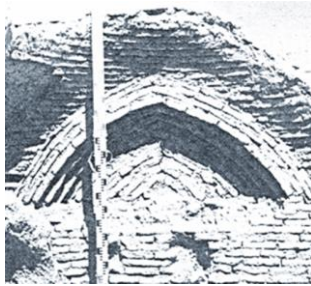
در دهانه‌های کوچک با قرار دادن نعل درگاه چوبی، با اجرای لاپوش (ساده یا لاریز) روی نعل درگاه چوبی بستری برای تاقی ایجاد می‌گردد که عموماً رومی است و دیوار به روی تاق ادامه پیدا می‌کند. با کمی نشست نعل درگاه بار توسط تاق لاریز به جرزهای زیرین انتقال می‌یابد.

### ۷,۳ قالب نی و گچ

در مواقعی که تاق آهنگ و افتاده نباشد و دیوار اسپر نیز وجود نداشته باشد، نیاز به قالبی پدید می‌آید که هم فرم قوس را برای ما دیکته کند و هم تکیه گاهی جهت شروع بجای اسپر باشد. قالب نی و گچ که تاب تحمل بسیار کم بار را دارد، در ایران بجای قالب چوبی بکار گرفته می‌شود که پس از نصب بر روی جرز و تثبیت آن اقدام به چسباندن آجر پر به آن می‌نمایند. قالب نی و گچ پس از اجرا در کار می‌ماند و می‌تواند بستری منحنی شکل برای نازک کاری باشد. قالبهای نی و گچ یا یک پارچه هستند که عموماً کوچک و بدون تیزه و یا دو لنگه، با تیزه و دهانه نسبتاً زیاد هستند که با ملات گچ تبدیل به یک تاق می‌شود.



تصویر ۶: قالب نی و گچ (ارگ بم)



تصویر ۷: تاق جهازه، (ارگ بم)

### ۷,۴ تاق پر قالب

برای دهانه‌های بسیار بزرگ و حساس بجای نصب قالب که عموماً چوبی است، اقدام به ایجاد یک ردیف تاق پر می‌نمایند و با پرور کردن آن از طرفین، تاق آهنگ پر بوجود می‌آید این تاق خود قالب تاق رومی است.

### ۷,۵ تاق دزد

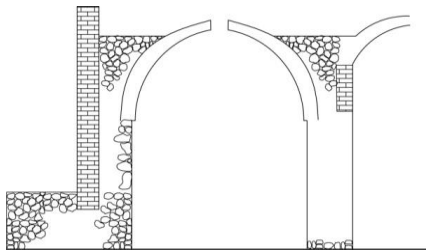
تاقی با اجرای پر که عمود است بر لنگه تاقهای رومی که روبروی هم قرار دارند و از فروریختن لنگه تاق تا اتمام کار جلوگیری می‌کند.



تصویر ۸: اجرای تاق دزد به شکل متقاطع با تاق های اصلی

(بازار تبریز)





تصویر ۱۰: تاق سنگی (کاروانسرای عین الرشید)



تصویر ۱۱: قالب دبه ( کلیسای سنت استپانوس، جلفا)

### ۸ نحوه اتصال پرکننده بین تویزه ها با تویزه

در حالت معمول بین چهار تویزه (تاق باریکه) غیرمتمقاطع، اگر اضلاع تویزه‌ها تقریباً با هم برابر باشند، چشمه تاق اجرا می‌شود و اگر کشیده باشند کجاوه ایجاد می‌گردد. کجاوه و یا چشمه تاق پرکننده بین تویزه‌ها، اجزای اصلی باربرند و معمولاً تهویه و نورگیری از مرکز مؤثر و از لحاظ تزیینات آجری نیز دست معمار در اجرای آن باز است. ارتباط بین این پرکننده‌ها (کجاوه یا چشمه تاق) با تویزه‌ها می‌تواند انواع مختلف داشته باشد:

الف) کجاوه موازی با بخش فوقانی تویزه بدون لغاز

در این روش کجاوه به بالاترین سطوح تویزه سوار می‌شود و طبره ممکن است قابل رؤیت باشد. در این حالت نیاز به لغاز نیست و کجاوه‌ها از پرپر شدن تویزه پر نیز جلوگیری می‌کنند.



تصویر ۹: اجرای تاق رومی بر روی قالب دائمی از تاق پر، (پل شاه عباسی کرج)

### ۷,۶ قالب دبه

قالب چوبی مقاومی است که بار تاق را در فаз اجرایی تا رسیدن دو سر لنگه تاق به هم تحمل می‌کند و از سقوط لنگه تاقها جلوگیری می‌نماید و عموماً جهت تاقهای سنگی و یا آجری به روش رومی استفاده می‌شود.

### ۷,۷ تاق رومی با دزد

در مناطقی که تهیه آجر مرغوب مشکل باشد و در عوض سنگ (لاشه، قلو، ... ) در دسترس باشد، اقدام به اجرای تاق به ضخامت یک آجر- که عموماً رومی است- می‌کنند و پس از اتمام مجموعه تاقها- در بعضی موارد کل سقف- اقدام به افزودن ضخامت پوسته با سنگ به صورت ریخته می‌نمایند. (در مناطق خشک از ملات گچ و در مناطق مرطوب با آهک) در این روش، آجر مذکور نقش آموذکار و کفراژ دارد. همانند کاروانسرای عین الرشید.

در پلهای سنگی، عیناً این نوع اجرا با سنگ پاک بر جهت نمای کار و کفراژ، و شفته آهکی، استخوانبندی سازه اصلی باربر را تشکیل می‌دهد.





تصویر ۱۵: نمونه کجاوه ترکیبی (دالان امیر بازار تبریز)

ت) دیوار رفیع کننده تویزه

در این حالت بر روی دو طرف لبه بالایی تویزه دیوار چینی گردیده که البته ارتفاع این دیوار متغیر است و سپس کجاوه بر روی لبه بالایی این دیوارها سوار می‌گردد. در این حالت فضای خالی در بالای تویزه به صورت کونال بندی ایجاد می‌گردد.

ث) بخشی از تویزه‌ها با کجاوه به صورت حالت الف پر می‌شود تا نزدیکی تیزه تویزه که تبدیل به مربع می‌گردد و در این حالت خیشخانی بر روی این پلان مربع نصب و یا بصورت چشمه پوشانیده می‌شود.

ج) دو تا تویزه سوار بر هم

جهت اجرای چشمه نیاز به تویزه‌های برابر و هم‌مشکل دارند. در بعضی از موارد به دلیل مختلف جهت همگن نمودن تویزه اقدام به سوار نمودن تویزه‌های جدید بروی تویزه زیرین می‌نمایند.

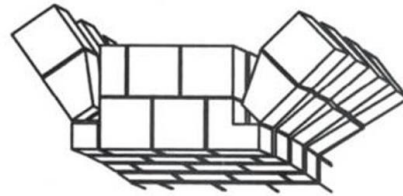
بر کننده‌های بین تویزه‌ها با آنکه سبک و دارای دهانه کوچک هستند با خیز کم خویش، در دهانه آخر رانش ایجاد می‌کنند، بویژه در دهانه‌های عریض که تاق مرتفع می‌شود. این نیروی رانش مشکل ساز می‌گردد که تمهیدات زیر عموماً جهت کنترل آنها بکار می‌رود:

۱- تاق پر به رومی تبدیل شده و به پهنای آن

افزوده می‌شود.

ب) کجاوه موازی با لغاز

برای استقرار کامل بر روی تویزه نیاز به تکیه گاهی است که ابعاد آن نیم در نیم آجر است. این لغازها با بخش تحتانی تویزه موازی است. در تویزه‌های رومی، یک در میان، این لغاز به کل تویزه هشت گیر می‌شود و در تاق پر، یک نیمه آجر موازی پر بوسیله ملات چسبانیده می‌شود.

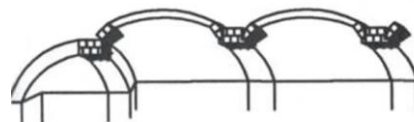


تصویر ۱۲: هشت و گیر لغازها در تویزه با چیدمان روم



تصویر ۱۳: پرکننده بین تویزه‌ها با چشمه تاق (سرای سر پوشیده بازار قزوین)

پ) اتصال کجاوه ترکیبی از حالت الف و ب در این حالت یک طرف کجاوه به بخش فوقانی تویزه متصل و طرف دیگر به قسمت لغاز تحتانی وصل می‌گردد و معمار با این شگرد عملاً از طول دهانه تویزه بعدی بیش از ۱/۱۰ می‌کاهد و شرایطی مهیا می‌نماید که کار بسته گردد؛ مانند دالان امیر تبریز.



تصویر ۱۴: اتصال کجاوه ترکیبی





۲- آخرین تاق با پشت وار و یا نیم گنبد رانش را از سطوح بالابه پایین منتقل می نماید .

۳- اسپرو یا پشت بندهایی این رانش را جذب می کند .

۴- کجاوه یک طرف به بخش فوقانی و طرف دیگر به بخش تحتانی منتقل می شود مانند سرای امیر تبریز

۵- تاق واصل که در آخرین تاق از عرض دهانه و ارتفاع آن کاسته شده ، و پشت وار و نیم گنبد را به آن وصل می نماید . مانند سرای مظفریه تبریز .

#### ۹- توان اجرایی و تحول تکنولوژی

در این قسمت با ذکر نمونه های عملی که معمار در اجرای یک نمونه سازه خاص به کار می برد تا در اجرا علاوه بر در نظر گرفتن موارد و تمهیدات کلی ذکر شده موارد خاص را بر حسب نوع سازه در نظر گیرد که همگی این موارد نشان از بینش و آگاهی اجرا کننده سازه در خصوص چگونگی عملکرد نیروها و تاثیرات آن بر سازه دارد بطور مثال؛ در اجرای تاق تیغه ای لاپوش (قمی پوش<sup>۱۵</sup>) فرم آجر چینی آن (نازکی بیش از حد) اجازه نمی دهد که باید قوس، تیزه دار و تند باشد (در هیچ شرایطی امکان اجرای اندام برابر اصلی بنا به صورت لاپوش<sup>۱۶</sup> حتی چند لایه وجود ندارد) همواره این اجرا به عنوان پرکننده بین سطوح برابر اصلی به کار برده می شود. (در بعضی موارد مانند؛ مسجد آقا بزرگ کاشان آجرهای نمای تویزه آسیب دیده و با تیغه آجری روی آن لاجسبان<sup>۱۷</sup> شده است.) ملات تاق تیغه پوش (با

مصالح آجر و خشت) گچ خالص زودگیر است تا اجازه ادامه کار را بدهد. روش اجرایی آن به این صورت است که منحنی تاق تیغه ای بر روی اسپر عمود بر جرز ترسیم می شود. در پاکار آن یک یا چند ردیف رومی اجرا می گردد که کاملاً پیروی از منحنی تاق می کند (این قسمت برای کنترل بهینه شیب تراز و در یک راستا بودن پاکار دو تاق انجام می شود) سپس با استفاده از اسپر دیوار و پا تاق و وردستهای بنا (دو وردست بنا آجر را نگه می دارند تا گچ سفت شود) به شکل قرینه از طرفین به آجر چینی ادامه داده می شود تا کار به اتمام برسد؛ هر چند رج، استاد کار با شگردهای خود دقت می کند شکل هندسی کار -که بخشی از استوانه است- کاملاً رعایت شود. در صورتی که دهانه زیاد باشد هر یک متر یک کمر بند اجرا می کنند.<sup>۱۸</sup>



تصویر ۱۶: نحوه اجرای تاق لاپوش



تصویر ۱۷: تاق اجرا شده با چیدمان تیغه ای

با افزودن یک لایه دوغاب تیز گچ (در محل، آب را در ظرف استامبولی می ریزند و با افزودن مقدار لازم گچ به آن سریعاً مخلوط می کنند و به سرعت، قبل از هر فعل و انفعالی روی سقف

می‌ریزند) سپس با یک لایه آجر و خشت با ملات گل پالانه شده و شفته گلی کم کاه روی آن ریخته می‌شود تا در برابر بارهای متمرکز مقاومت لازم را داشته باشد. عموماً ملات گچ اضافی بین دو آجر یا خشت را با پشت دست جمع می‌کنند تا بخشی از ملات گچ روی آجر را بپوشاند و به ایستایی و گیرایی آن کمک کند.

### نتیجه‌گیری

در این مقاله، سیر دانش معماران گذشته در ساخت انواع تاق از نقطه آغازین، اجرای جرز و دیوار تا نقطه پایانی، ایجاد آسمانه قوسی شکل بررسی شد. بکار بستن فنون اجرایی مختلف در ساخت انواع تاق با توجه به دانش تجربی معماران گذشته، همیشه با روشهای ابدایی، استفاده از ابزارها و امکانات با هنرنمایی خاص همراه بوده است. این مهم امروزه در بیشتر بناهای تاریخی

ایران به‌وفور یافت می‌شود. تنوع و گستردگی انواع تاقهای ایرانی به تناسب دوره‌های تاریخی در بناهای بجای مانده از آن، با فن شناسی صحیح که بتدریج در طول زمان تکمیل کننده قبل از خود بوده‌اند، نشان از اهمیت سازندگان آن به ایستایی و مقاومت آن در برابر عوامل طبیعی و غیره بوده است. بدین منظور تلاش بر این است برای تبیین و شناخت عمیق هر یک از روشهای اجرای تاق، با ذکر نمونه اجرا شده در بنای تاریخی به درک بهتر آن بی‌افزاید. اگرچه این فنون امروزه به دلیل فناوری مدرن در صنعت ساختمان منسوخ و یا کمتر بدان توجه می‌شود، الگو برداری مناسب از آن می‌تواند راهگشای کاربری صحیح در بناهای معاصر و یا بازسازی و مرمت انواع تاق در بناهای تاریخی باشد.

جدول ۴: فنون مؤثر در مراحل اجرای تاق

فنون اجرایی تاق	توضیحات
جرز یا ستون	اولین مرحله در اجرای تاق، ساخت جرز یا ستون است که بر اساس میزان باربری و نوع تاق و... اجرا می‌گردد. عوامل افزایش مقاومت جرز یا ستون که در ایستایی تاق مؤثر است عبارتند از: کاربری صحیح از ساختمایه‌ها، روش اجرا، مناسب فرم پلان و... است.
اتصال جرز یا ستون با تاق	فرم ستون با توان باربری از پیش محاسبه شده می‌تواند تکیه‌گاه چند تویزه و تاق باشد، بنابراین به کارگیری هر یک از انواع اتصال جرز یا ستون با تاق، در پی تصمیم معمار و همچنین شناخت از مقاومت تاق و استفاده از فضای ایجاد شده بیرون یا درون تاق، متفاوت است.
فرم پوسته	تأثیر متقابل جرز یا ستون بر فرم پوسته که می‌تواند از انواع تاق و یا گنبد باشد و بالعکس، نیز دانش معمار از علوم (هندسی، ریاضیات و...) و فن شناسی سازه‌های سنتی در سطح افزایش مقاومت آن، اگرچه در نهایت به ساخت پوشش می‌انجامد، از ابتدا مورد توجه قرار می‌گیرد.
مصالح	ساختمایه‌هایی چون چینه، خشت، آجر و سنگ به‌طور معمول در ساخت عناصر ساختمانی بویژه انواع تاق مورد استفاده قرار می‌گیرد. تکنولوژی ساخت، خواص مختلف، یکپارچگی و همگنی میان انواع مصالح در افزایش مقاومت استخوان‌بندی عناصر ساختمانی از گذشته تا کنون در بناهای تاریخی توجه می‌شده است.
چیدمان مصالح	با توجه به تنوع در روشهای چیدمان مصالح در ساخت تاق، موضع استفاده از روش بر حسب دانش و تجربه معمار از نظر ایستایی و مقاومت محاسبه و تعیین می‌گردد. در بیشتر موارد روشهای ترکیبی در تاقهای با دهانه بزرگ و یا متوسط به دلیل داشتن مقاومت زیاد استفاده می‌گردد.



توضیحات	فن اجرایی تاق
از ارکان مهم در استخوانبندی انواع تاق، کاربست انواع ملات با مصالح مورد استفاده در تاق است. به همین دلیل هرچه اجزای سازنده تاق همگن تر باشد تغییر فرم و بی‌تعادلی یکنواخت تر و کمتر رخ می‌دهد. محاسبه صحیح میزان ملات بین اجزا به جهت مقاومت کم آن در ارتقای مقاومت تاق مؤثر است.	ملات
از جمله ابزارهای کمکی در ایجاد و اجرای انواع تاق، استفاده از انواع قالب است. نقش قالب در اجرای تاق برای هدایت معمار و اجرای صحیح قوس است. تنوع در انواع تاق، تنوع در انواع قالب را نیز در پی دارد. روشهای ابدایی معماران برای ایجاد ابزار کمکی چون قالب برای تسهیل در اجراست.	قالب
پس از اجرای تاق و یا تاقهایی که متقاطع و یا غیر متقاطع هستند پرکردن مابین آنها بسته به فضای قرارگیری و کاربری آن، تعداد و نوع تاق متفاوت بوده است. معماران ایرانی با در نظر گرفتن مواردی چون نورگیری، تهویه و تزیینات با توجه به سبک نگهداشتن تاق ابداعاتی در اتصال و پرکردن تاقها داشته‌اند.	اتصال پرکننده بین تویزه ها
در تمام مراحل ساخت و اجرای انواع تاق، دانش و مهارت معماران گذشته به عنوان مجریان سازه‌های سنتی در خصوص چگونگی عملکرد نیروها و تأثیر متقابل مراحل اجرا بریک دیگر در راستای افزایش مقاومت سازه بوده است. انواع نمونه‌های عملی را در اجرای تاق توسط معماران سنتی می‌توان به وفور مشاهده کرد که باعث ابداع سازه‌های خاص در بناهای تاریخی ایران بوده است.	توان اجرایی و تحول تکنولوژی

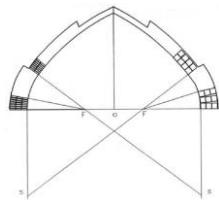
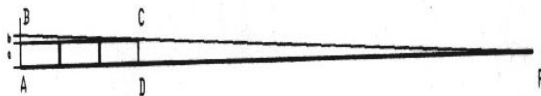
رج پشت کار را به ارتفاع حدود ۶۰ سانتی متر شفته گل ریخته می‌شود که مجموعه کفراژ خشتی و چینه گلی سازه بنا را تشکیل می‌دهد. در این روش هر چه رگها کمتر لاریز شود، گنبد اجرا شده رفیعتر می‌شود و فشار حلقوی کاهش می‌یابد. به علت نحوه اجرا، تعداد گنبدهای رگ چین کمتر از دور چین است.

۹. شکرگاه: بخشی از چفد تاق یا گنبد، روبروی گوشه ۲۲/۵ درجه آن از تراز دهانه.

۱۰. Change Form

۱۱. Disbalance

۱۲. الف) نحوه محاسبه تفاوت ملات در آجرچینی پر و رومی در یک قوس سه بخش با آجر به ابعاد ۲۰×۲۰×۵



$$\frac{FD}{FA} = \frac{CD}{AB} \Rightarrow \frac{40a}{52a} = \frac{a}{(a+b)}$$

$$40a + 40b = 52a \Rightarrow 40b = 52a - 40a \Rightarrow$$

$$40(a+b) = 52a \Rightarrow$$

$$b = 1/5 \text{ cm}$$

$$40b = 12a \Rightarrow 40b = 12 * 5$$

### پی نوشتها:

- چفد در تعریف هندسی خط یا شکلی منحنی است و در اصطلاح معماری به باریکه طاقی اطلاق می‌شود که روی سر در یک درگاه قرار گیرد.
- قوس، کمان یا جزئی از یک دایره.
- تویزه: باریکه تاق باربری است که بر پایه یک یا چفد باربر، با آجر و ملات بیشتر به یاری یک قالب چفد- که آن هم تویزه نام دارد- ساخته و از آن در آسمانه بهره گرفته می‌شود.
- طبره: ضخامت تاق
- تفاوت گنبد رگ با سایر گنبدها در این نکته است که بجز گنبد رگ سایر گنبدها از دوران یک منحنی حول یک محور متقاطع به وجود می‌آیند.
- برای مطالعه بیشتر رجوع شود به کتاب مصالح ساختمانی با مصالح سنتی، حسین زمرشیدی.
- کفراژ: واژه فرانسوی (coffrage)، قالب بندی، قالب بندی.

۸. نحوه اجرای گنبد رگ چین نیز مانند تاق رگ چین است. به علاوه چون هر رگ چیده شده به شکل یک رینگ بسته (هرگونه تغییر فرم باعث فعال شدن تنش خطوط مداری است که منطبق با رگهاست) عمل کرده نیاز کمتری به سنگین نمودن پشت کار در حین اجراست. در این روش عموماً هر



ب) ارتفاع و ضخامت ملات در آجرچینی پر از پاکار تا شکرگاه:



$$\frac{FD}{FA} = \frac{CD}{AB} \Rightarrow \frac{10a}{13a} = \frac{a}{(a+b)}$$

$$= 13a - 10a = 10b = 3a \Rightarrow 10b = 3 \times 20$$

$$13a = 10a + 10b \Rightarrow 10b$$

$$b = 6 \text{ cm}$$

پ) ارتفاع ضخامت ملات در آجرچینی رومی از شکرگاه تا تیزه:

$$\frac{SD}{SA} = \frac{CD}{AB} \Rightarrow \frac{140a}{148a} = \frac{a}{(a+b)}$$

$$140a + 140b = 148a \Rightarrow 140b = 8a$$

$$b = 0.285 \text{ cm} \quad \text{تقریباً}$$

ت) ارتفاع ضخامت ملات در آجرچینی پر از شکرگاه تا تیزه:

$$\frac{FD}{FA} = \frac{CD}{AB} \Rightarrow \frac{35a}{37a} = \frac{a}{(a+b)}$$

$$= 37a \Rightarrow 35a + 35b = 37a \Rightarrow 35b = 2a$$

$$35(a+b)$$

$$b = 1/14 \text{ cm} \quad \text{تقریباً}$$

۱۳. در بعضی از تاقهای لاپوش با جمع کردن ملات گچ با پشت دست باعث ایجاد سطحی بیشتر از ملات بین آجر یا خشت می‌شود و ارتفاع قویتری برای اجرا بوجود می‌آید. و این روش اجرای تاق لاپوش را آسان می‌نماید.

۱۴. در بعضی از تویزه‌های طویل با طبره ستبر لغاز نیم در نیم تبدیل به نیم در یک آجر می‌گردد. (الحاق مسجد تبریز)

۱۵. اصطلاح قمی پوش از اصطلاحاتی بود که زنده یاد استاد پیر نیا به کار می‌برد، شاید به علت وجود زنده یاد استاد حسن قمی سازنده مسجد سپهسالار (خاطرات ممتحن الدوله) تیمچه قم و تالار اتابکی حضرت معصومه نشان از دید و تشخیص فرم هندسی و توان اجرایی قوی سازنده آن دارد، ورود می‌گردد به داخل سازه اجازه کوچکترین جابجایی را به تاق نمی‌دهد، عملاً فرم تاق با کلاف طولی تاق و میل مهار فلزی تبدیل به یک سازه بسته می‌شود.

۱۶. لاپوش: گونه‌ای آجر چینی در ساخت تاق.

۱۷. لاپسبان: آجر چینی با رج ایستاده (قائم).

۱۸. کمربند، آجرچینی است که به روش پر اجرا شده تا از فشار بر روی پوسته بکاهد.

## منابع

- ۱- بزنوال، رولان. (۱۳۷۹). فن آوری تاق در خاور کهن؛ ترجمه سید محسن حبیبی، چاپ اول، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشگاه) با همکاری انجمن ایران شناسی فرانسه در ایران.
۲. پیرنیا، محمد کریم. (۱۳۸۳). سبک شناسی معماری ایران؛ تهران: انتشارات سروش دانش.
۳. پیرنیا، محمد کریم. (۱۳۷۳). «چفدها و تاقها»؛ گردآورنده زهره بزرگمهری، مجله اثر، شماره ۲۴، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
۴. تقوی نژاد دیلمی، محمدرضا. (۱۳۶۳). شهرسازی و شهرنشینی ایران در گذر زمان؛ تهران: یساولی.
۵. رفیعی سرشکی، بیژن و دیگران. (۱۳۸۲). فرهنگ مهرازی (معماری ایران)؛ تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
۶. زمرشیدی، حسین. (۱۳۸۲). معماری ایران، اجرای ساختمان با مصالح سنتی؛ چاپ ششم، تهران، انتشارات آزاده.
۷. فخار تهرانی، فرهاد. (۱۳۷۱). «ورای هندسه تاق و گنبد»؛ مجله صفا، سال دوم، شماره ۶ تا ۸.
۸. کاشانی، غیاث الدین جمشید. (۷۹۰ ه. ق). رساله طاق و ازج؛ ترجمه علیرضا جذبی، تهران: انتشارات سروش
۹. معماریان، غلامحسین. (۱۳۹۱). معماری ایرانی، نیارش؛ جلد اول، چاپ اول، تهران: انتشارات نغمه نواندیش.
۱۰. ----- (۱۳۷۴). نیارش سازه های تاقی در ایران. تهران؛ تهران: دانشگاه علم و صنعت.

