بخش هنر ومعماری

گروه علمی مرمت

شناخت سازه های سنتی

مهندس خلیل گودرزی سروش

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

مقدمه: ۵

فصل اول

۱-۱.رفتار سازه ای پی ها ۷

۱-۲. رفتار سازه ای شمع ها ۲۳

۱-۳. درک سازه ای پی ها ۳۰

فصل دوم

۲-۱. رفتار سازه ای دیوار ها ۳٤

۲-۲. رفتار سازه ای ستون ها ٤۷

۲-۳. درک سازه ای ستون ها ۵۳

فصل سوم

۳-۱. رفتار سازه ای سقف های تیر پوش ٦٤

۳-۲. رفتار سازه ای سقف های شیبدار ۷٤

۳-۳. درک سازه ای سقف ها ۸۹

فصل چهارم

٤-۱. رفتار سازه ای طاق ها ۱۰۷

٤-۲. رفتار سازه ای گنبد ها ۱۳۰

٤-۳. درک سازه ای طاق و گنبد ۱۵۲

فصل پنجم

۵-۱. ملات ساروج ۱۷۸

۵-۲. پل ها ۱۸٦

۵-۳. بند ها ۲۰۵

۵-٤. قنات ها ۲۰٦

۵-۵. درک سازه ای بناهای آبی ۲۱۱

فصل ششم

٦-۱. منار ها ۲۲۸

٦-٢. برج ها ٢٣١

فصل هفتم

٧-١. واحد های صنعتی تاریخی ٢٤١

٧-١-١. آسیاب های آبی و بادی ٢٤٢

٧-١-٢. برج کبوتر ٢٤٥

٧-١-٣. آب انبارها ٢٤٦

٧-١-٤. یخچال ها ٢٥٨

منابع و ماخذ: ٢٦٧

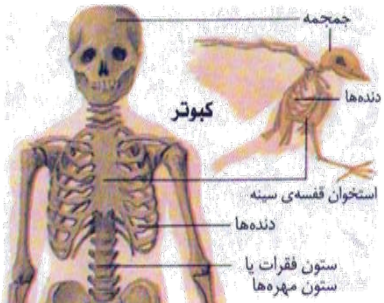
مقدمه:

بدن بسیاری از جانوران اسکلت دارد. اسکلت از استخوان تشکیل شده است. جانورانی که در بدنشان اسکلت استخوانی دارند، «مهره دار» نامیده می شوند. ما انسان ها نیز مهره دار هستیم. گربه ها، سگ ها، اسب ها، خرگوش ها، گاو ها، قورباغه ها، وزغ ها، سمندر های آبی، مارها، مارمولک ها، تمساح ها، ماهی ها و پرندگان نیز مهره دار هستند. هنگامی که جانوران رشد می کنند، اسکلت آنها هم بزرگتر می شود. این جانوران مجبور نیستند مانند صدف داران در دوره هایی از زندگی، اسکلت خود را دور بیندازند.

اسکلت از چند جهت اهمیت دارد؛ زیرا از اعضای مختلف بدن محافظت می کند. جمجمه از مغز محافظت می کند؛ در حالی که استخوانهای قفسه سینه و دنده ها، محافظت از قلب و شش ها را بر عهده دارند. اسکلت، تکیه گاه بدن است و آن را سرپا نگه می دارد. تصور کنید اگر بدن شما اسکلت نداشته باشد، چه مشکلی پیدا می کنید!

چون استخوان های اسکلت ما مفصل دارند، ما قادر به حرکت هستیم. ماهیچه به استخوان ها متصل اند و برای آنکه به اسکلت شکل بدهند و باعث حرکت اعضای بدن شوند، کشیده می شوند.استخوان های بلند ساق دست و پاهای ما تو خالی است. این فضای خالی، از ماده ای به نام «مغز استخوان» پر شده است. مغز استخوان جایی است که گلبول های قرمز خون در آن ساخته می شود. اگر استخوان های ما تو خالی نبود، آنقدر سنگین می شد که حرکت آن غیر ممکن بود.

استخوان تو خالی، سبک ولی سخت و محکم است. (جنینگز، ۱۳۸۱، ص ٤)



سه اسکلت مختلف

استخوان‌ها و ماهیچه‌های بازو

داخل استخوان به این شکل است

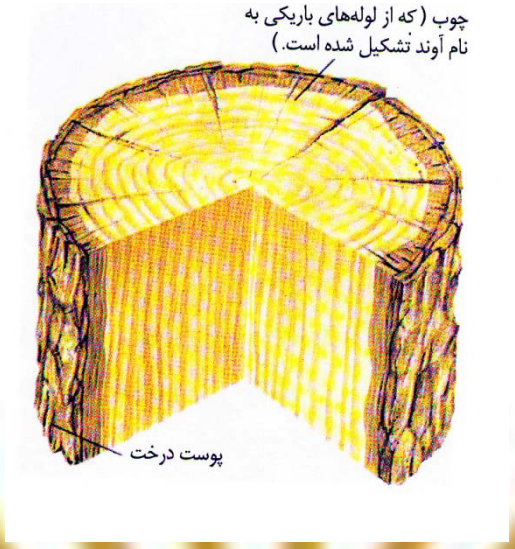
فصل اول

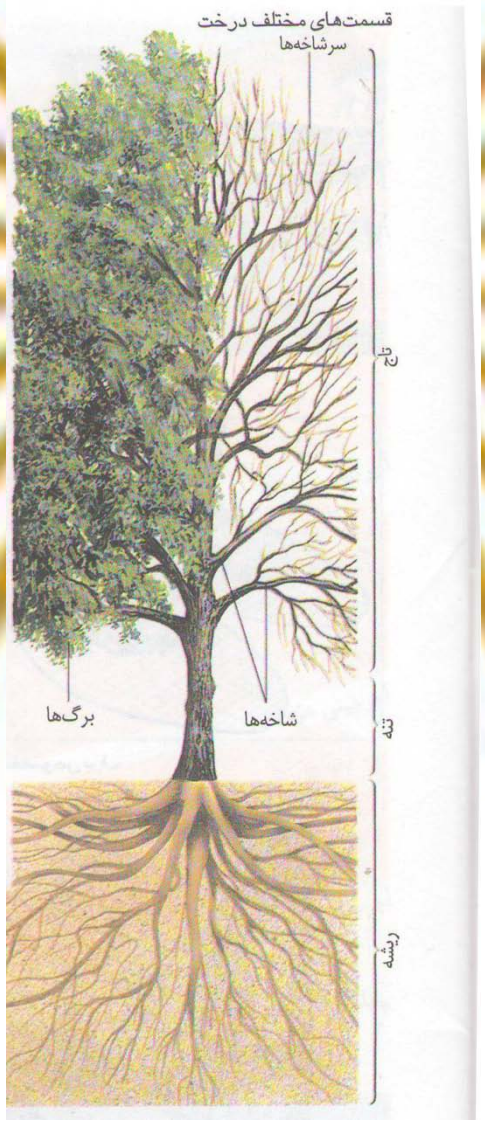
۱-۱.رفتار سازه ای پی ها:

بعضی از درختان بسیار بلند هستند. آنها بلندترین گیاهان محسوب می شوند. هنگام وزش بادهای شدید، درختان تکان می خورند؛ ولی کمتر اتفاق می افتد از جایی کنده شوند.

همه درختان دارای سه قسمت اصلی هستند: یک ساقه های ستبر و جوبی که «تنه» نامیده می شوند. «تاج» که از شاخه ها، سرشاخه ها و برگ ها تشکیل شده است. و «ریشه» که در پایین درخت در زمین پراکنده شده است. ریشه ها درخت را سرپا نگه می دارند و نمی گذارند بادهای سهمگین درختان را از جای بکند. ریشه ها، مقدار زیادی آب و نمک های معدنی خاک را جذب می کنند، برای مثال، ریشه های یک درخت بلوط تنومند، روزانه بیش از ۲۰۰ لیتر آب جذب می کنند. تنه ی درخت از چوب تشکیل شده است. تنه باید به حد کافی محکم باشد تا بتواند تاج درخت را نگه دارد.

تنه ی درخت، آب و نمک های معدنی را از ریشه ها به شاخ و برگ ها منتقل می سازد، مواد غذایی تولید شده توسط برگ ها نیز، از طریق تنه ی درخت به ریشه می رسد. همه ی این مواد- آب، نمک های معدنی و مواد غذایی- در لوله های باریکی به نام «آوند» که چوب درخت از آن تشکیل شده است، حرکت می کنند. پوست درخت، اطراف تنه را می پوشاند، این پوست از بخش ترد و آسیب پذیری که در زیر آن قرار گرفته است و رشد درخت را بر عهده دارد، محافظت می کند. (جنینگز، ۱۳۸۱، ص ۵)


چوب (که از لوله‌های باریکی به
نام آوند تشکیل شده است.)
پوست درخت


قسمت‌های مختلف درخت
سرشاخه‌ها
تاج
برگ‌ها
شاخه‌ها
تنه
ریشه

«پی» سازی: در سازه‌های آجری ساختن «پی» از اهمیت خاص برخوردار می‌باشد. بخصوص این که در بسیاری از موارد اجرای اصولی در پی‌سازیها بجز «بتون مسطح» مورد استفاده می‌باشد. از این‌رو تشخیص نوع خاک و مقاومت فشاری آن از اهمیت خاص برخوردار بوده که باید بدان توجه شود. افزون برآن، به نوع پی و ابعاد آن و اثر نیروهای وارده بر آن نیز باید توجه کامل شود. در حالت شیب، بایستی پی به صورت پله‌ای ساخته شود. اختلاف ارتفاع دو سطح پله‌ای پی نباید از ۳۰ سانتیمتر زیادتر باشد.

پی ها:

در سال ۱۳۵۰ میلادی، در شهر پیزا در ایتالیا برجی ساخته شد. این برج راست بنا شده بود. ولی امروزه به حدی کج شده است که آن را «برج کج پیزا» می نامند. کج شدن برج به این دلیل بود که بر روی پی مستحکمی بنا نشده بود.

آیا تا به حال بر روی برف یا ماسه ی نرم راه رفته اید؟ آری، پاهای شما در آن فرو می رود. ولی اگر کفش مخصوص برف بپوشید، دیگر پاهایتان در آن فرو نمی رود. زیرا این کفش ها، وزن شما را روی سطح وسیع تری پخش می کند.

دیوارهای خانه، بر روی پی بتنی که پهن تر از آن است ساخته می شوند. این مساله باعث می شود وزن دیوار بر روی سطح گسترده تری پخش شود. در زمین های نرم، ساختمان ها باید بر روی خروارها بتن ساخته شوند.

اگر میخی را تا حد زیادی در چوب بکوبید، بیرون کشیدن آن کار دشواری است. چون میخ با چوب اصطکاک دارد، به سختی حرکت می کند. پی ساختمان های بلند نیز، تا حدودی به همین شکل است. به طوری که پایه های فولادی بزرگی درون زمین فرو می کنند و ساختمان های بلند را بر روی آنها می سازند. این پایه های فولادی را «شمع» می نامند. در مواردی دیگر، حفره های

عمیقی در محل احداث ساختمان ایجاد می کنند؛ سپس میله های فولادی را در آنها قرار می دهند و آنها را با بتن پر می کنند. در نتیجه، ساختمان روی این پی ها بنا می شود.

همه ی سازه های بزرگ- از جمله راه ها- به پی مستحکمی نیاز دارند.(جنینگز، ۱۳۸۱، ص ٦)

تعیین تاثیر بارها بر روی یک سازه، مسئله پیچیده ای است. طبیعتِ بارها اساساً با توجه به طراحی معماری، جنس مصالح و موقعیت قرار گیری سازه تغییر می کند. شرایط بارگذاری بر روی یک سازه ممکن است از زمانی به زمان دیگر تغییر کند و یا بسرعت با گذشت زمان عوض شود.

اغلب بارهای اصلی که باید توسط یک سازه در برگیرنده یک معماری معین تحمیل شوند، در اثر گذشت زمان تغییر نمی کنند. این بارها که اصطلاحاً استاتیکی نامیده می شوند، مبنای طراحی سازه ها قرار می گیرند.

برای ساده تر کردن محاسبه و کنترل مقاومت سازه ها، بارها معمولاً مورد به مورد ارزیابی نمی گردند. بلکه غالباً بوسیله ضوابط و آیین نامه ها توصیه و در واقع به طراح دیکته می شوند.

باری که بوسیله کف یک بنا حمل می شود بسیار متغیر است و به میزان تراکم بارها روی کف، توزیع وسایل و سنگینی ماشین ها یا کالای انبار شده بستگی دارد. مقادیر داده شده توسط آئین نامه عملاً یک بار معادل را جانشین آنها می نمایند. این بارِ معادل بر اساس دلایل و مبانی استاتیکی برای تیپ های ساختمانی مختلف تعیین می گردد و در طول زمان با ایجاد شرایط جدید اصلاح می شود.

بارِ معادل باید به اندازه ای باشد که در بدترین شرایط بارگذاری، کف نه فروبریزد و نه انقدر تغییر شکل دهد که غیر قابل استفاده گردد. بدین ترتیب بار طراحی تعیین شده توسط آیین نامه بارگذاری باید مضربی از باری که می تواند شکستگی و یا تغییر شکل غیر قابل قبول ایجاد نماید،

باشد. هرچه عدم اطمینان نسبت به بار واقعی بیشتر باشد، ضریب اطمینان بیشتری یا مضرب بزرگتری از این ارقام در نظر گرفته می شود.

بارهای تعیین شده به وسیله آیین نامه های بارگذاری بارهای قراردادی میباشند. فرض می شود بار ثابت یکنواختی در واحد سطح کف بر آن وارد می شود، در حالی که عملاً کف ها دارای بار کاملاً یکنواختی نمی باشند. به همین ترتیب ممکن است مقدار فشار اعمال شده بر روی یک ساختمان بوسیله باد ثابت فرض گردد و توزیع بار بر سطح آن یکنواخت در نظر گرفته شود، در صورتیکه باد با وزش ناگهانی فشاری متغیر از نقطه ای به نقطه دیگر بر ساختمان وارد می کند. در اینجا مجدداً آیین نامه ها با در نظر گرفتن فشار متغیر باد با محاسبات استاتیکی و پیشنهاد حدود ایمنی فشار باد، روند طراحی را ساده تر می کند.

هر وقت که بارهای یک شاختمان بوسیله آیین نامه پیش بینی و تعیین نشوند و یا زمانی که بارها ویژگیها و خصوصیاتی دارند که پایداری یک سازه را در معرض خطر قرار می دهند باید ابتدا با استفاده از تجربیات و یا محاسبات ریاضی بدقت مقادیر بارها را تعیین نمود. اثر تندباد و توفان بر روی یک آسمانخراش ممکن است با یک آزمایش آئرودینامیکی بر روی مدل ساختمان که در یک تونل باد قرار داده شده است، معین گردد.

برای طرح همیشه کافی نیست که فقط آیین نامه بارگذاری را در نظر بگیرد، چرا که مسئولیت استحکام یک طرح با اوست و نه با مؤلفین آیین نامه. این موضوع دقیقاً در جایی مصداق پیدا می کند که قوانین آیین نامه قابل استفاده نباشد. بنابراین برای معمار کاملاً ضروری است که آگاهی و اطلاع کافی از چگونگی تاثیر بارها داشته باشد. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۸ و ۹)

بار مرده:

نیروی اجتناب ناپذیر وزن سازه و سنگینی کلیه بارهای ثابت و دائمی ساختمان تشکیل دهنده «بار مرده»ساختمان هستند. یکی از تضادهای اساسی در طراحی سازه ها این است که طراح برای طرح سازه باید وزن آنرا بداند در حالیکه این وزن را قبل از ساخته شدن سازه نمی توان به دقت تعیین نمود.

ابعاد یک عضو یا عنصر سازه ای اساساً بستگی به بارهای عمل کننده بر روی آن دارد، یکی از این بارها، بار مرده است که خود در وهله اول بستگی به ابعاد آن عضو دارد. طراح مجبور است محاسبه سازه را با حدس و فرض آن ابعاد و در نتیجه تخمین بار مرده شروع نماید. او سپس بارهای دیگر را به این مقادیر اضافه کرده، مقاومت و استحکام عضو را کنترل می کند و در انتهای محاسبات در می یابد که در این موارد حدسش درست بوده است یا نه. فقط تجربیات ممتد و طولانی می تواند از بسیاری حدسهای غلط در طرح ساختمانها جلوگیری کند. کنترل مقاومت یک سازه برای بارهای معین تحلیل سازه نامیده می شود که به طور متداول مورد استفاده فراوان می باشد حدسیات اولیه اصلی که طراحی ساختمان نامیده می شود باید حاصل تجربیات متعدد باشد و غالباً نتیجه دریافت و درک مستقیم هنری است تا محاسبات علمی.

بار مرده در بسیاری از موارد مهمترین بار روی سازه است و ممکن است با ضرایب بزرگ خود، سایر بارها را کوچک جلوه دهد. این حالت بخصوص در سازه های بزرگ و آنهایی که از مصالح سنگین ساخته می شوند، مشاهده می گردد. در پلها، در سقف ها با دهانه های وسیع (هال ها، کلیساها، تئاترها)، در سازه های از جنس مصالح بنایی و سنگی از نوع حجیم (ستونها و پشت بندها) بار مرده تعیین کننده ابعاد عناصر مقاوم سازه می باشد. در مواردی بار مرده نه تنها مهم بلکه مفید و حتی برای پایداری سازه ضروری است، برای مثال در یک سد وزنی برای مقاومت در مقابل نیروی افقی فشار آب، از بار مرده نیروی وزن سد استفاده می شود.

مصالح ساختمانی جدید از قبیل فولاد با مقاومت زیاد، بتن پیش تنیده یا آلومینیم، در بعضی موارد از اهمیت بار مرده در مقابل سایر بارها می کاهند، اما در هیچ موردی نمی توان بار مرده را نادیده گرفت. نشان ویژه آن، حضور همیشگی بار مرده با نام و عنوان بار دائمی در محاسبات و طراحی سازه ها می باشد.

بار مرده به سادگی محاسبه می گردد. پس از تعیین اندازه های سازه توسط تجربیات قبلی، وزن آن به وسیله جداول راهنما شامل وزن واحد حجم (وزن حجمی) مصالح سازه ای ارزیابی و محابه می شود. بدین ترتیب میانگین وزن حجمی بتن های مختلف از ۱۶۰۰ تا ۲۴۰۰ کیل.گرم برای هر متر مکعب، وزن حجمی فولاد برابر ۷۸۵۰ کیلوگرم برای هر متر مکعب به دست می آید. همچنین وزن حجمی آلومینیم $\frac{1}{3}$ وزن حجمی فولاد می باشد و وزن حجمی چوب بطور متوسط برابر ۴۸۰ کیلوگرم برای هر متر مکعب و آجر برابر ۱۹۲۰ کیلو گرم برای هر متر مکعب است.

تفاوت در وزن حجمی مصالح مختلف تاثیر مستقیم در ابعاد اعضای سازه دارد. بعداً نشان داده خواهد شد که عامل موثر در مقاومت و کارآیی مصالح ساختمانی، نسبت وزن به مقاومت آنهاست. بنابراین برای یک منظور خاص، اعضای فولادی الزاماً سنگی تر از اعضای بتن مسلح نیستند.

اگرچه ظاهراً برای کسی که تجربه کافی ندارد (با توجه به وزنِ واحد حجم مصالح) اینطور بنظر می رسد.

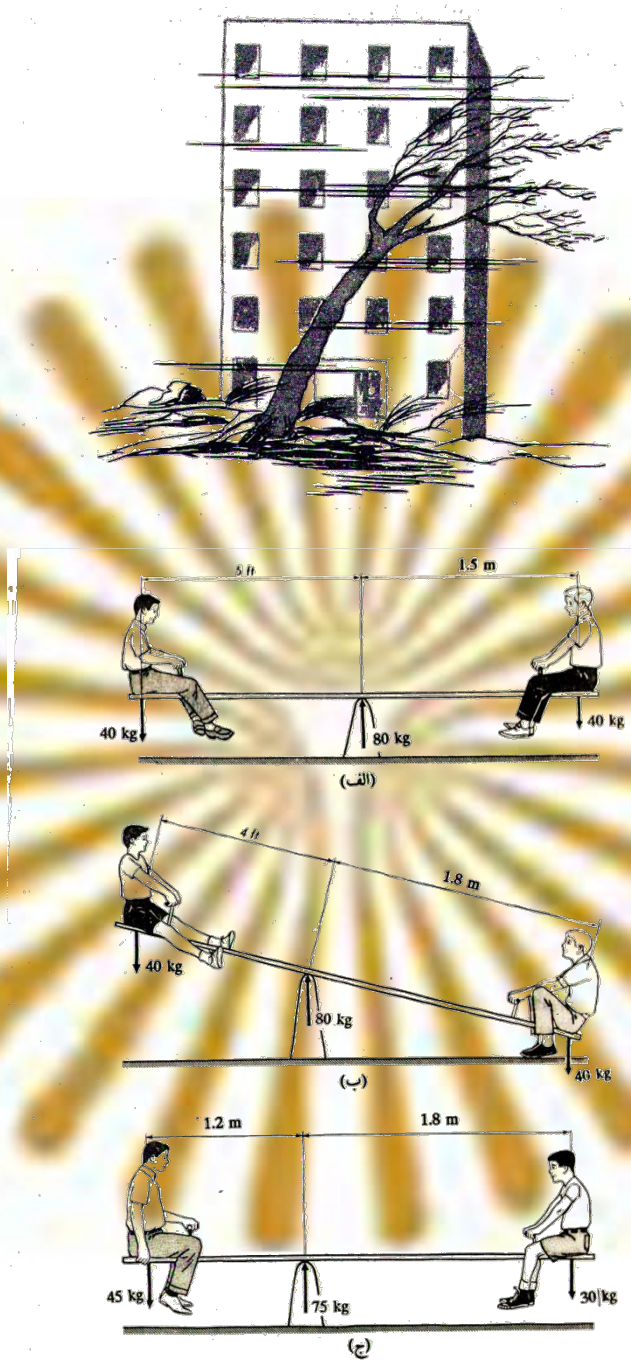
با اینکه تردید و شبهاتِ اندکی درباره بارهای مرده وجود دارد، محاسبه آن کاری پر زحمت و خسته کننده می باشد هر چند این عمل کاری زیربنایی است، زیرا مقدار مصالح به کار رفته در یک ساختمان همراه با مخارج کارگران یکی از اصلی ترین اجزاء (مؤلفه های) هزینه آن ساختمان است. (سالوادوری، ۱۳۷۴، ص ۹ تا ۱۱)

بارهای زنده:

سایر بارها غیر از بارهای مرده ساختمان را بارهای زنده می نامند. بارهای زنده شامل تمامی وزنهای منقول می باشند: انسانها و حیوانات، ماشین ها و اثاثیه، دیوارهای جدا کننده و سایر عناصر غیر سازه ای، باران، برف و یخ فشار یا مکش باد، فشار آب و خاک نیز شامل بارهای زنده هستند. مشاهده می گردد که بسیاری از این بارها دارای ماهیت (ذات) نامعین هستند، به طوری که تعیین میانگین مطوئن به وسیله تدوین کنندگان ایین نامه ها برای بارها ضروری گردیده است. بدین ترتیب طبق آیین نامه ساختمانی نیویورک بارهای زنده برای کف یک آپارتمان معادل ۱۹۵ کیلوگرم بر متر مربع فرض می شود، در صورتی که بار زنده برای کف یک انبار معدل ۵۸۵ کیلوگرم بر مترمربع می باشد. اگر محل تیغه های جدا کننده دقیقاً معین و ثابت نباشد و بر روی مساحت کوچکی از کف عمل کنند، باید به صورت گشترده بر روی کف داخلی تصور شوند زیرا که نقطه (موقعیت) اثر مشخصی ندارند. وزن این دیوارها با توجه به مشخصات و تعداد آنها معادل بار گسترده یکنواختی برابر ۵۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته می شوند. بارهای زنده ای که آیین نامه پیشنهاد می کند معمولاً آنقدر محافظه کارانه است که برای اجتناب از مقادیر بزرگ غیر واقعی، آیین نامه امکان کاهش بار زنده را با توجه به تعداد طبقات ساختمان و سطحی که یک عنصر سازه ای (برای مثال ستون) تحمل می کند در نظر گرفته است. کاهش بار زنده با توجه به این واقعیت صورت می گیرد که احتمال بسیار کمی وجود دارد که تمام طبقات یک ساختمان یا تمام سطح بارگیر یک عنصر سازه ای در یک لحظه بار زنده را تحمل کند.

باربرف بستگی به آب و هوای منطقه یا محلی که ساختمان بنا شده است، دارد. به طور مثال مطابق آیین نامه ها بار برف در شمال کانادا معادل ۲۹۳ کیلوگرم برای هر متر مربع و در شهر نیویورک معادل ۱۹۵ کیلوگرم برای هر متر مربع تعیین شده است. تعیین بار باد روی یک ساختمان با هر

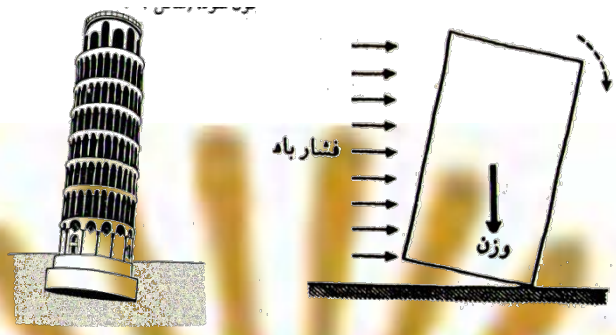
درجه ای از دقت مشکل است. زیرا مقدار بار باد و توزیع آن به عوامل متعددی از جمله سرعت باد، شکل و سطح ساختمان بستگی دارد. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱۱ و ۱۲)



پایداری:

اصل پایداری ساختمان هنگامی که به صورت یک جسم صلب در نظر گرفته می شود به خطر حرکات غیر قابل قبول کل ساختمان مربوط می شود. وقتی یک ساختمان بلند در معرض بادهای

شدید قرار می گیرد اگر به طور صحیح در زمین محکم و استوار نشده باشد و یا در اثر وزش باد نتواند تعادلش را حفظ کند ممکن است به طور کامل و بدون اینکه اجزاء آن از هم جدا شوند واژگون گردد. (شکل ٦-٤) چنین ساختمانی در برابر دوران یا واژگون شدن ناپایدار است.

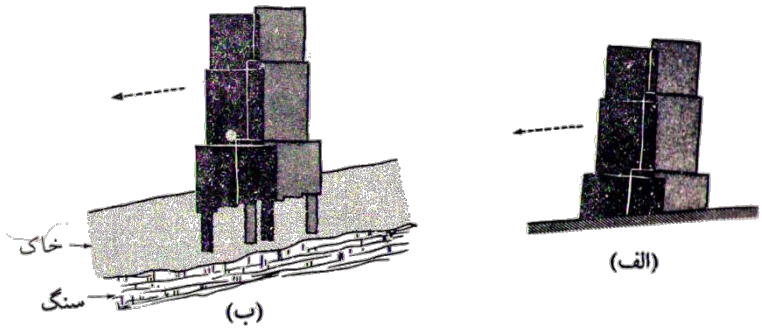


این مسئله بویژه در مورد ساختمانهای بلند و باریک صدق می کند. می توان این موضوع را با دمیدن به یک جعبه مقوایی نازک که روی یک سطح ناصاف قرار گرفته است (به صورتی که سُر نخورد) نشان داد.

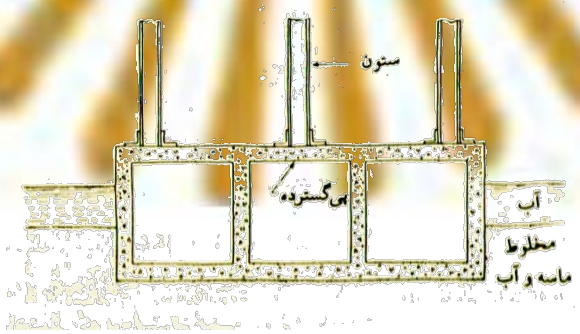
همچنین وقتی که یک ساختمان متعادل نباشد و یا روی زمینی با مقاومتهای متفاوت قرار گرفته باشد، خطر ناپایداری دورانی وجود دارد. همچنین اگر خاک زیر ساختمان بطور نامساوی نشست کند ساختمان ممکن است دوران کند. چنانچه برج پیزا هنوز هم، چنین است و امکان دارد عاقبت واژگون شود،

ساختمانی که در جهت سراشیبی تند تپه بنا گردیده ممکن است به دلیل وزنش تمایل به لغزیدن در جهت دامنه پیدا کند.

این مسئله ممکن است به دو دلیل اتفاق بیفتد، یا ساختمان روی خاک بلغزد و یا لایه خاکِ در برگیرنده پی ساختمان روی لایه زیرینش بلغزد. دومین مورد در زمینهای رسی، اتفاقی معمول است و غالباً زمانی که آب در زمین نفوذ کند و خاک را به ماده ای نرم تبدیل کند پیش می آید.

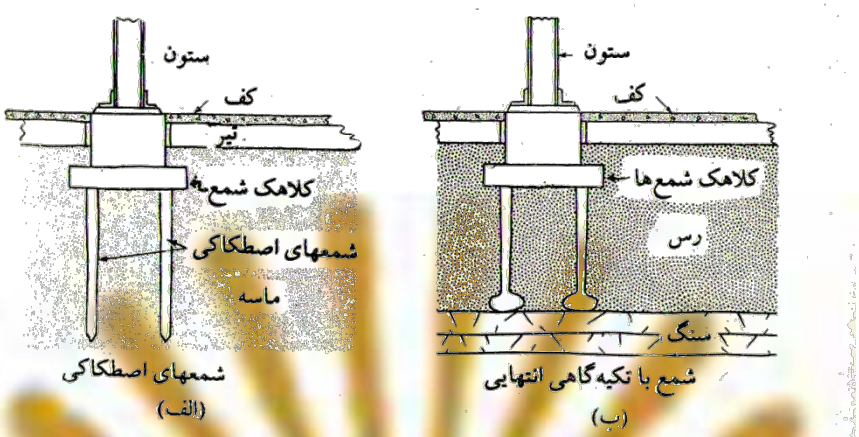


تمامی این ناپایداریها به زمین و پی ساختمان مربوط می شوند. از دیدگاه اقتصاد و کاربردِ ساختمان، پی های ساختمان محتمل ترین موقعیت های بروز صدمات هستند. علاوه برآن پی ها در معرض دیدنمی باشد و اشخاص عامی بندرت از اهمیت و ارزش آنها آگاه می باشند. برای مثال پی های یک سازه سنگین که روی زمین ماسه سست مخلوط با اب بنا گردیده باید امکان شناور شدن ساختمان روی خاک را بدهد. پی این نوع سازه ها پی گسترده است که مانند بدنه کشتی عمل می کند. پی گسترده این امکان را می دهد که وزن ساختمان بر سطح وسیعتری از خاک پخش شود، در نتیجه فشار را بر خاکهای با ظرفیت باربری کم، کاهش می دهد. بر روی خاکهای با ظرفیت باربری متوسط وزن ساختمان را معمولاً پی های مستطیلی منفرد از جنس بتن مسلح تحمل می کنند.



برای تضمین پایداری سازه ها باید احتیاطهای استادنه ای به منظور پیشگیری از بروز گسیختگی ممکن به کاربرد. پی های شمعی از نوع چوبی، بتنی یا فولادی می توانند تا عمق مناسبی کوبیده

شوند و بار ساختمان را به وسیله اصطکاک سطوح شمعها با خاک و یا با رسیدن به لایه سخت تحمل کنند.



شمعها ممکن است در خاک کوبیده شوند و یا طوری ساخته شوند که به وسیله لرزشهای مداوِم سریع در محل خودشان فرو روند. همچنین ممکن است خاک به وسیله مواد شیمیایی محکم شود. طراحی صحیح پی ها بر اساس شناسایی کامل خاک صورت می گیرد ولی مکانیک خاک هنوز یک علم پیچیده است. تاکنون بیشترِ خرابیهای ساختمانها به دلیل اجرای پی های ناقص بوده است، هر چند که ممکن است پی ده درصد کل مخارج ساختمان را به خود اختصاص دهد. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ٤٦ تا ٤٩)

خاک

خاک رس از دگرگونی سنگها و پوسیده شدن آنها در اثر گذشت دورانهای قبل در اثر تغییرات طبیعی و به طور کلی از پوسیده شدن انواع فلد سپادها که جزیی از سنگهای آذرین است، به دست می آید. علاوه بر پوسیده شدن فلدسپادها که ذکر گردید، سنگهای دگرگونی نیز در اثر تغییرات سالیان متمادی پوسیده شده و از آن یک نوع خاک رس که همراه با سیلیس بوده به وجود می آید. خاک دارای انواع مختلف بوده که نوع مرغوبی از آن خاک رس است که از این خاک در سفالگری

نیز استفاده می شود. بهترین نوع خاک رس به رنگ قرمز و عاری از مواد ناخالص می باشد که از آن به عنوان خاک چینی یاد می شود.

به طور کلی خاکهایی که بیش از ۵۰ درصد وزنشان خالص باشند، به خاکهای پر مایه و آن دسته از خاکهایی که در حدود ۵۰ درصد وزنشان رس داشته باشند به خاکهای خالص و کمتر از مقدار ذکر شده، یعنی بین ۳۰ تا ۳۵ درصد مقدار وزنش خاک رس داشته باشد، به خاکهای کم مایه مشهور می باشند. جنانچه خاک دارای رس باشد، بایستس مقدار آن را در حد متناسب معین کرد. همچنین اگر مقدار رس موجود در خاک کم باشد بایستی به طور مصنوعی مقدار رس خاک را اضافه کرده تا خاک رس در حد متعادل جهت استفاده کارهای مختلف به وجود آید.

به طوری که اشاره شد، خاک رس خالص پس از خیس شدن کامل دانه هایش باد کرده و پس از پر آب شدن آنها در موقع ورز دادن سبب پیدایش شیره ای سفید رنگ می شود، این حالت نشانه نوع مرغوبیت خاک میباشد.

در برخی از انواع خاکهای رس ناخالصیهای وجود دارد که رنگ خاک را تغییر می دهد.

۱- خاک رس زرد. در این نوع خاک رس، هیدراکسید آهن فراوان می باشد.

۲- خاک رس کبود. این خاک بیشتر به عنوان خاک نباتی شناخته شده و در اثر وجود اکید آهن در ترکیبات خاک آن را برای کشاورزی مطلوب ساخته است.

۳- خاک خاکستری. این خاک دارای گرافیت «زغال» می باشد.

٤- خاک قهوه ای: در این خاک ترکیبات زغال سنگ به شکل قهوه ای رنگ وجود دارد.

۵- خاک سیاه. در این خاک زغال و کربن فراوان وجود دارد.

٦- خاک سرخ. وجود اکسید آهن در این خاک آن را به رنگ سرخ پررنگ در آورده است. به طور کلی خاکی که به عنوان گِل در کاشی سازی، آجر سازی، ملات جهت اتصالات رجها و اسکلت بنا

و در اندود کاری به عنوان گل آهک، کاهگل، گچ و خاک به کار می رود از همان دسته خاکهای رس می باشد که در بعضی موارد به نام خاک رس چرب از آنها یاد می شود. خاک مذکور به شکل خشک و جامد و بدون چسبندگی می باشد. این خاک بین ۵ تا ٦ برابر وزن خود مکش آب داشته و اثر آب بر آن باعث تورم و باد کردن و بازشدن دانه ها از یکدیگر می گردد. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص۱۲۰)

ماسه یکی از مصالحی است که به صورت ترکیب با آهک به عنوان ملاتی مقاوم در پی سازیهای آجری و آجرکاریها و سایر کارها استفاده می شود. ماسه به شکل مصرف مستقیم دارای قدمتی ۳۰۰۰ ساله است. همچنین به شکل ترکیب ملات ماسه و آهک و خاک رس در سنگ کاری از آن استفاده فراوان می شود، به طوری که مشخص است نمونه ای از سکوسازیها جهت پهلو گرفتن کشتیها در بنادر ساحلی جزایر و خلیج فارس از قدمت کاربرد ماسه در ملات آهک سخن می گوید. همچنین کاوشهای انجام شده باستان شناسی که بر روی آثار به جا مانده از بندر سیراف که متعلق به دوره ساسانی می باشد نشانگر وجود منابع بزرگی است که جهتآبرسانی شهر به کار می رفته است. در این مخازن از ملات ماسه و خاک و آهک به عنوان ملات برای آجر کاری مذکور استفاده شده است. به طور کلی کاربرد ماسه در ملاتهای آهکی برای قسمتهایی که در معرض نفوذ آب و رطوبت بوده به کار رفته و می رود.

پیدایش ماسه. ماسه بر دو حالت طبیعی در قسمتهایی از زمین یافت می شود.

الف. بر اثر دگرگونی که در گذشت قرنهای متمادی بر روی فلد سپادهای سنگهای آذرین در زمین انجام شده و در اثر نفوذ آب آنها شسته شده و دانه های کوارتز خرد گردیده است. در نتیجه ماسه به صورت ریز دانه های فراوان و به شکل معدن به وجود آمده است.

ب. حرکت آبها در مسیر خود بخصوص نقاط کوهستانی سنگها را شسته و باعث حرکت و جابجایی آنها شده است. سنگها در موقع حرکت بر یکدیگر برخورد زیادی داشته که در نتیجه گوشه و اطراف آنها شکسته و ریز دانه های ماسه به وجود آمده است. به طور کلی ماسه در اندازه هایی به قطر ۰/۰۶ میلیمتر و استانداردهای جدید بیشتر از ۲ میلیمتر می باشد. ماسه برای تهیه ملاتهای آهکی جهت آجرکاری و همچنین جهت ملاتهای سیمانی و یا در بتون ریزی و سایر موارد از آن استفاده می شود. به طور کلی ماسه طبیعی از نظر تهیه به چند دسته تقسیم می شود.

۱- ماسه کوهستانی. این ماسه که اصطلاحاً آن را ماسه «سیلیسی» می گویند، در پای کوه و سپس در حوالی بستر اولیه رودخانه یافت می شود. این ماسه دارای گوشه های تیز بوده و در اثر زبری و خشنی جسم آن با شیره آهک و با سیمان پیوند خوبی داشته و سبب چسبندگی زیاد در ملات می گردد.

۲- ماسه رودخانه ای. این ماسه بر اثر حرکات زیاد تحت سایش فراوان واقع شده و بر اثر کرویت فراوان پیوند خوبی در شیره آهک و سیمان نداشته و از این رو این ماسه با ماسه شکسته مخلوط شده و سپس به کار می رود.

۳- ماسه بادی. این ماسه دارای دانه های بسیار ریز بوده که از آن در ملاتهای آبی و ساروج استفاده شده است. چنانچه خواسته شود از آن ماسه در جهت ملات ماسه آهک و یا ماسه سیمان استفاده شود، باید با دانه های درشت تر و متناسب مخلوط کرده و سپس به کار برده شود.

تهیه ماسه به روش مصنوعی. ماسه های شکسته از خرد کردن سنگ گرانیت- سنگ آهک متراکم و سنگهای کتراکم دیگر به دست می آید. این ماسه ها دارای گوشه های زبر و تیز با خلل و فرج فراوان می باشد. اثر شیره آهک و یا شیره سیمان در گوشه های ماسه شکسته به خوبی پیوند شده که این امر باعث اتصال کامل دانه ها می گردند. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ۱۲۲)

ترکیبات مضر در ماسه

مواد ناخالص مانند رس امکان دوغابه کردن ماسه را دارند. در این حالت پیوند بین شیره آهک و بخصوص سیمان انجام می گیرد و عدم پیوند بین ریز دانه مذکور و درشت دانه های ماسه و یا شن حادث می شود.

ترکیبات آلی. این ترکیبات از بقایای گیاهان و یا خاک آنها پیدا می شود که در ماسه های اطراف خود اثر می گذارد چنانچه مقدار این ترکیبات بیش از ۳ درصد باشد بایستی از استفاده آن اجتناب کرد و تشخیص آن به روش آزمایشگاهی و به حالت رنگ شناسی (کلورمتریک) خواهد بود.

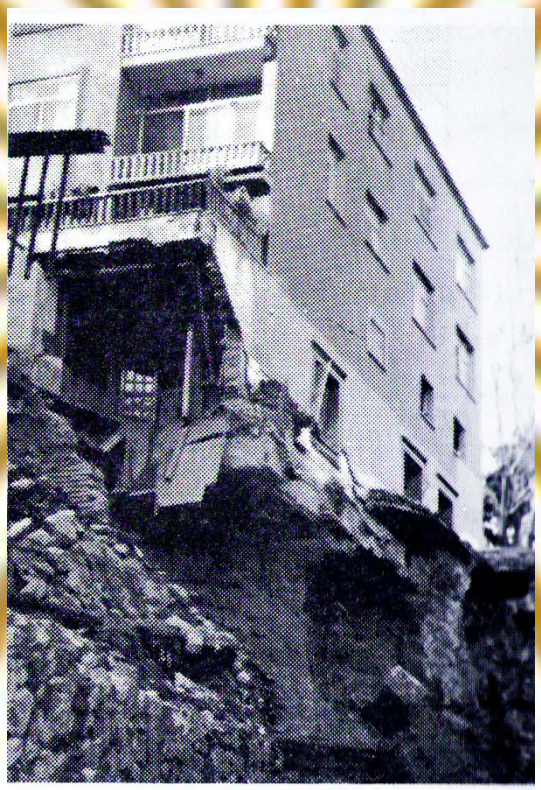
روش آزمایش. 130cc ماسه را در ظرف شیشه ای که تا 200cc مدرج شده قرار داده و محلول سه درصد سود NaoH را روی آن اضافه کرده تا مخلوط در راستای عدد ۲۰۰ واقع شود. محلول و ماسه را به شدت به هم زده، ۲٤ ساعت ظرف را بی حرکت می گذاریم. چنانچه محلول زرد کمرنگ باشد، ماسه بدون ترکیبات مواد آلی خواهد بود، که قابل استفاده می باشد. اگر محلول به رنگ زرد تیره و یا نزدیک به قهوه ای باشد ناخالصی در ماسه بسیار زیاد است، که چنین ماسه ای باید ابتدا با شیره آهک کاملاً شستشو شده، سپس با آب آشامیدنی نیز تمیز گردد، تا عاری از ترکیبات آلی شده بعداً آماده مصرف می شود. در شکل، آزمایش دو نوع ماسه را، با ناخالصی بسیار کم و با ناخالصی فراوان، بررسی می کنیم.

این آزمایشات بیشتر به خاطر استفاده این مصالح در ملاتهای آهکی سیمانی و یا بتونی می باشد. اما در ملاتهای آهکی وجود این چنین مصالحی با استفاده از ماسه نیز باید عاری از مواد ترکیبات آلی باشد تا فعل و انفعالات کربنات کلسیم جهت خود گیری ملات به خوبی انجام شده و ملاتی مقاوم با تاب فشاری کافی در وضعی مطلوب به دست آید. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ۱۲۳)

۱-۲. رفتار سازه ای شمع ها

باز شدن چاه و یا قنات در زیر پی

چنانچه پی ساختمان روی پاههای کهنه و بلا استفاده ساخته شود، ممکن است چاه بر اثر رطوبت یا افت ناشی از نشست ساختمان ریزش کند و در این صورت، خسارات مالی و بخصوص جانی دارد. در این صورت، بنا را فوراً از سکنه خالی می کنیم. در چنین مواردی، قسمتهای وسیعی از ساختمان در چاه فروکش می کند و دیوارهای اطراف و پوشش سقف آنها نیز خرابی فراوانی می بیند (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ٥٦)



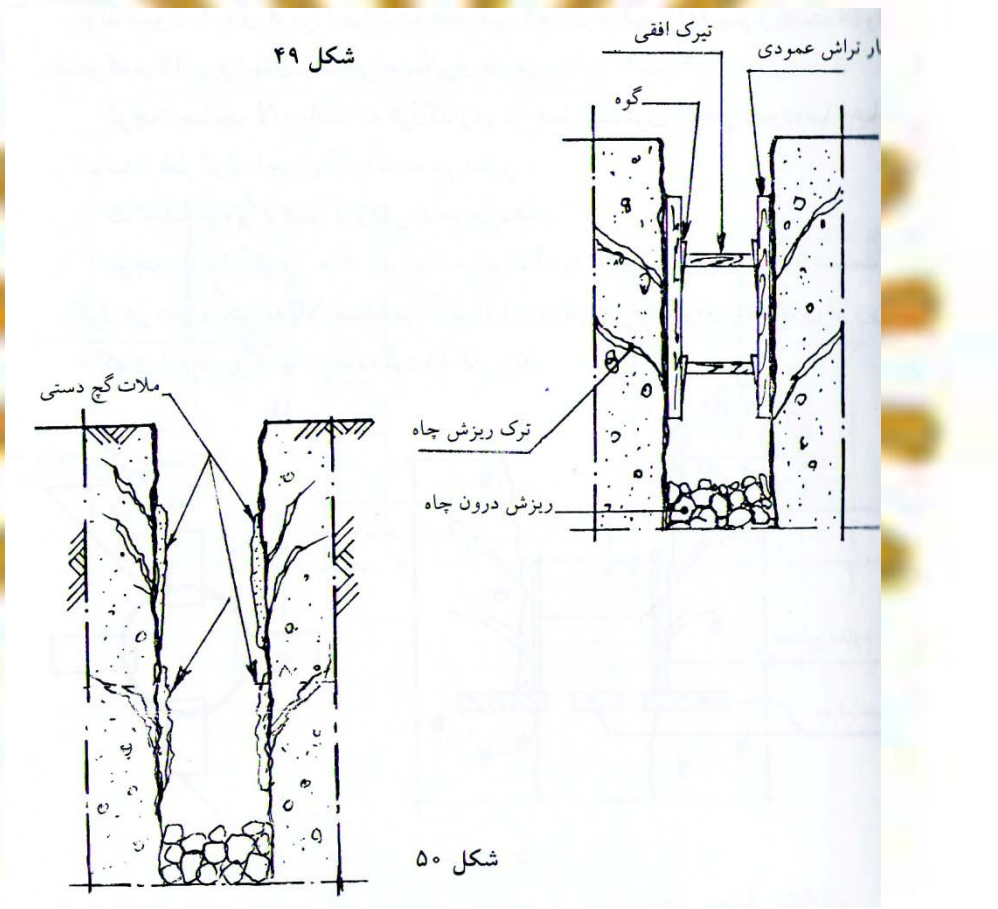
عمل شمع زنی

قسمتهایی از پوشش سقفها که باقی می مانند، برای اطمینان بر طبق اصولی که قبلاً ذکر شد، با رعایت فاصله شمعبندی می شوند و سپس مصالح از درون چاه پر شده تخلیه می شود. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ٥٦)

تخلیه چاه

مصالح را از داخل چاه خالی می کنیم. اگر اطراف آن پوشیده از خاک نرم باشد، با رعایت دستک زنی و شمعکوبی در اطراف چاه، از ریزش و رانش خاک پیشگیری می کنیم.

چنانچه ریزش خاک و یا شن و یا ماسه ناچیز باشد، می توان با کشیدن گچ دستی بر سطح شن و ماسه ها و یا قسمتهایی از خاکهایی که حرکت دارند، از ریزش آنها جلوگیری کرد. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ۵۷)



کول گذاری

۱- اگر لازم باشد، برای پیشگیری از رانش خاک درون چاه می توانیم روی بلوکهای پیش ساخته بتونی کول بگذاریم. حد زیر کول و دیوار را با گچ دستی پخ سازی می کنیم تا از فرو ریختن مصالح پیشگیری شود.

۲- قسمت پشت کول تا دیوار پاه را با شفته آهکی یا شفته بتونی و یا با استفاده از ملات و پاره آجر پر می کنیم.

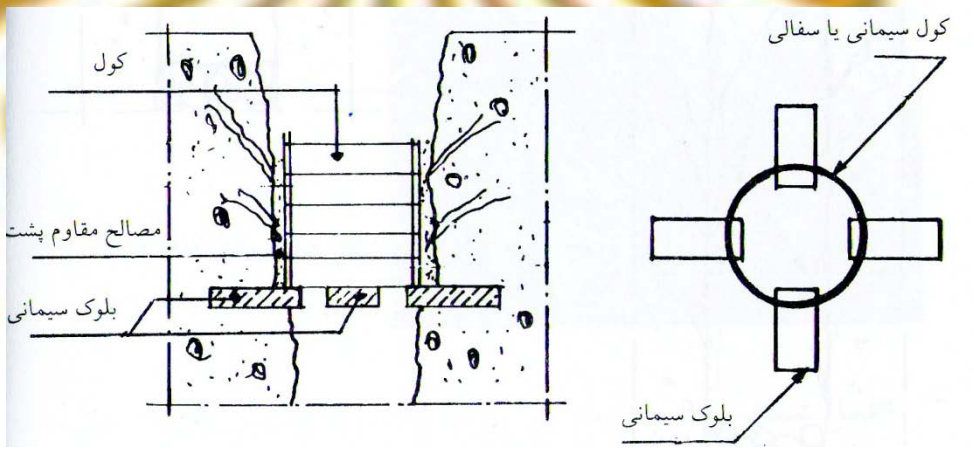
۳- رج دوم کول را روی رج زیرین مستقر می کنیم و پشت آن را با مصالح مذکور پر می کنیم.

٤- رجهای کول را که معمولاً سیمانی و یا سفالی هستند، تا ارتفاعی که بتوان فونداسیون را روی قوس اجرا کرد، به ترتیبی که ذکر شد می گذاریم و پشت آن را پر می کنیم تا از ریزشهای احتمالی پیشگیری شود.

توجه: چنانچه لازم باشد که کول گذاری در عمق بیشتری انجام شود، با رعایت کم شدن قطر کول، اجرای آن را ادامه می دهیم.

۵- تخلیه چاه را تا عمق فروکش ادامه می دهیم.

توجه: با خالی کردن خاک زیر کول می توان آن را به طرف پایین کشید. با نشست هر کول در عمق، یکی به بالا اضافه می کنیم. از این روش می توان برای پیشگیری از ریزش خاکهای نرم در پی کنیها استفاده کرد (شکل ۵۱). (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ....)



دستک زنی

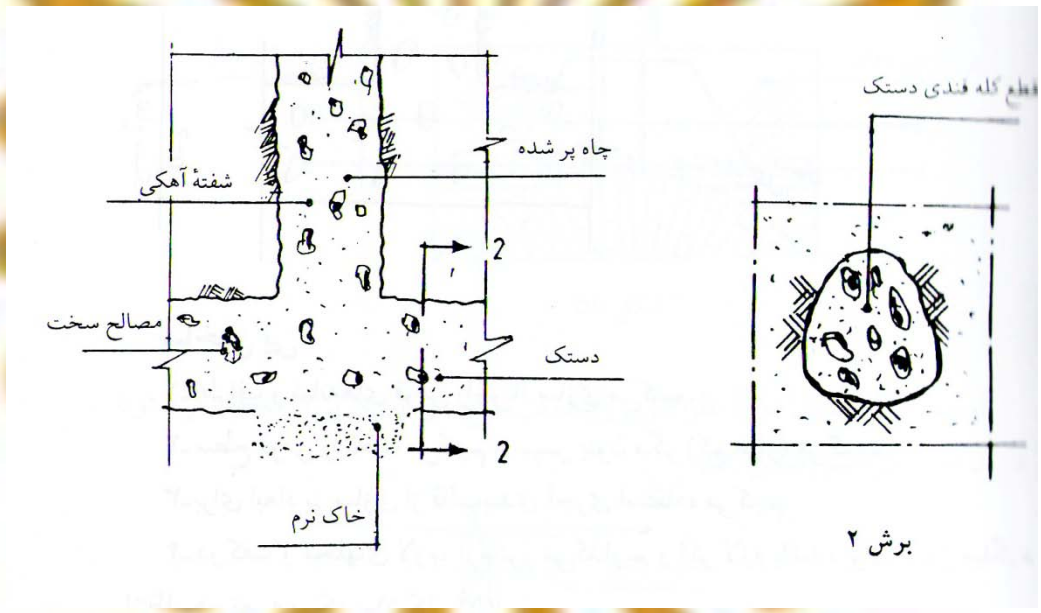
۱- اگر خاک کف چاه نرم و گود کردن چاه اولاً با هزینه و ثانیاً با اتلاف وقت و بخصوص خطر همراه باشد، در عمق بیش از ۲/۵ متر کف چاه دستک می زنیم.

۲- دستکها با طول کافی و با مقطع کله قندی حفر می شود؛ طوری که از زیر و بر اثر فشار خاک، خطر فرو ریختن پیش نیاید. معمولاً عمل دستک زنی از دو جهت و در مواردی نادر از سه و یا چهار جهت انجام می شود. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ۵۹)

شفته ریزی

۱- عمل شفته ریزی از دستکها شروع می شود. بین شفته را با مصالح مقاوم مانند سنگ و جوش پر می کنیم تا به قسمت میل چاه برسیم.

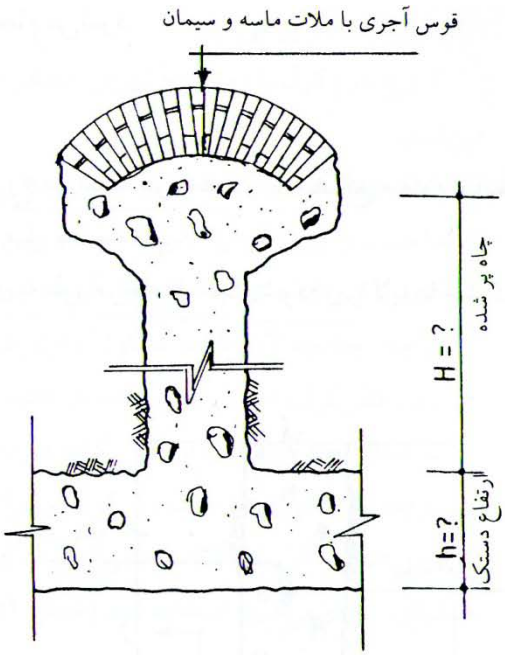
۲- اصولی تر آن است که شفته ریزی به طور مرحله ای انجام شود؛ زیرا لایه ها خشک می شوند (شکل ۵۲). (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ۵۹)



ساختن قوس آجری

۱- ابعاد پی با توجه به نیروهای وارده مشخص می شود. معمولاً اگر پی منفرد باشد، ابعاد آن گسترده تر از قطر چاه خواهد بود و ارتفاع شفته ریزی در سطح زیر پی، در سطحی گسترده جهت ساختن قوس انجام می شود.

۲- با ملات سیمانی و با تارد قوسی مدور روی چاه پر شده را بنایی می کنیم. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ٦۰)



شکل ۵۳

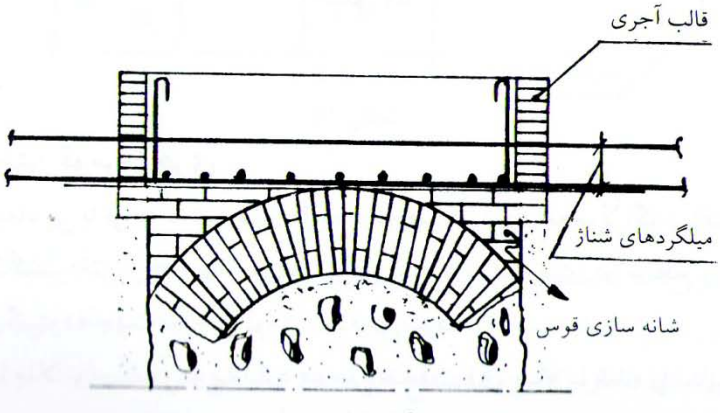
ساختن پی

۱ـ اطراف و شانه‌های قوس را کونال‌سازی می‌کنیم.

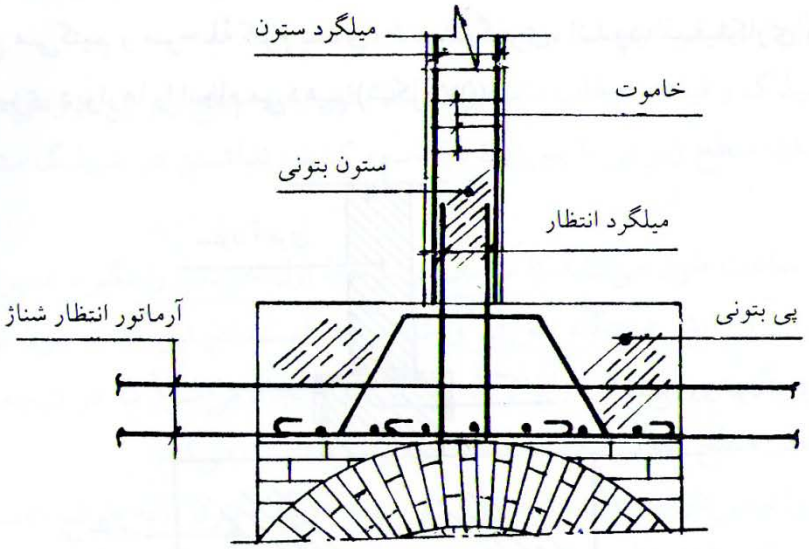
۲ـ سطح قوس را تخت می‌کنیم و سپس بتون مگر (کم عیار) می‌کشیم.

۳ـ برای ابعاد پی‌سازی از قالب‌بندی آجری استفاده می‌کنیم.

۴ـ در کف و محلهای لازم، آرماتور می‌گذاریم و اگر لازم باشد، برای شناژ میلگرد انتظار هم تعبیه می‌کنیم (شکل ۵۴).

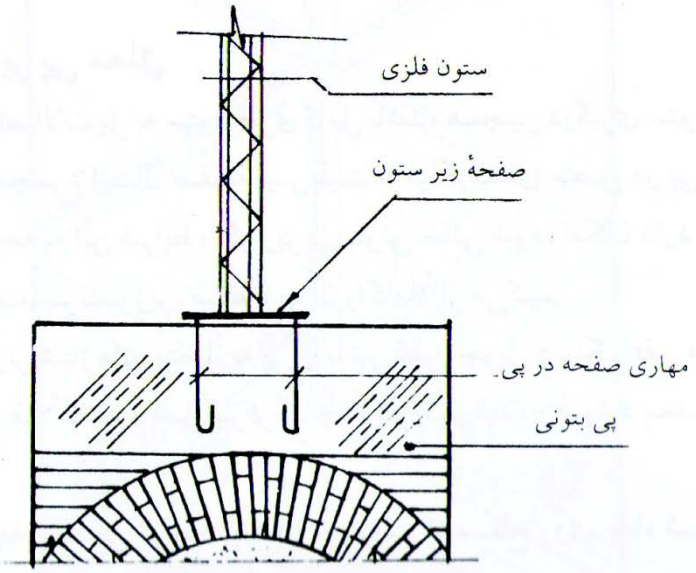


توجه ۱: چنانچه ستون بتونی مورد نظر باشد، با آرماتور گذاری به صورت انتظار در فونداسیون، مراحل بعدی اجرا برای ستون را به وجود می آوریم (شکل ۵۵).



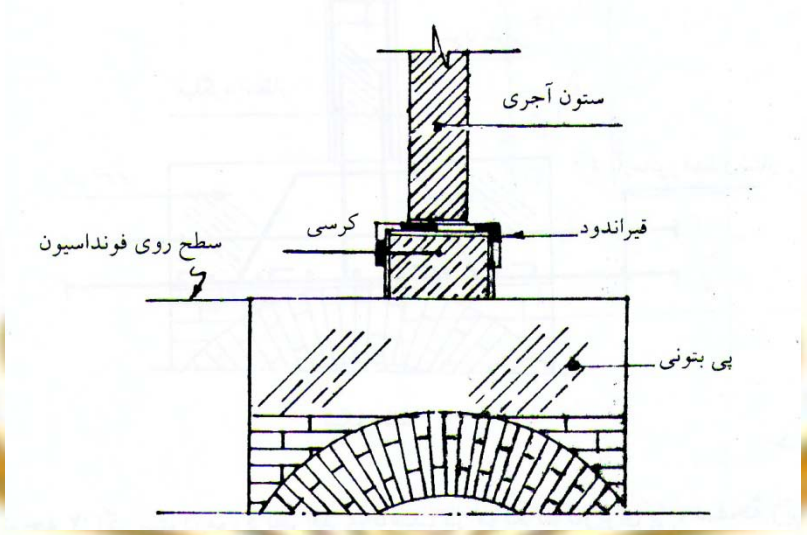
شکل ۵۵

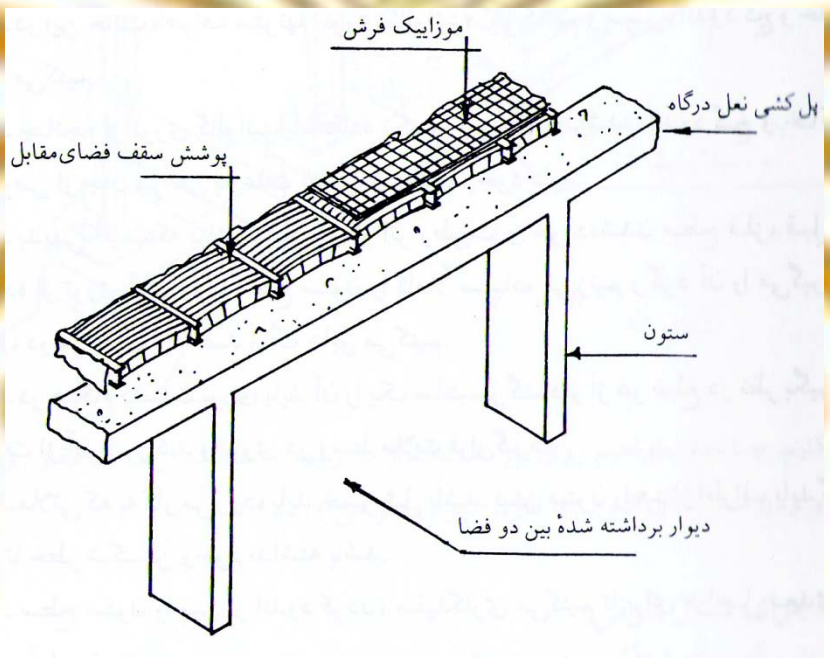
توجه ۲: اگر ستون مورد نظر فلزی باشد، در موقع بتون‌ریزی پی، صفحهٔ زیر ستون در آن تعبیه می‌کنیم (شکل ۵۶).



توجه ۳: اگر ستون آجری باربر روی فونداسیون مورد نیاز باشد، پس از اجرای کرسی چینی و رعایت قیر اندود، ستون آجری را بنایی می کنیم .

پس از ساختن ستون، قسمتهای همجوار با ستون را تعمیر می کنیم. سپس شمعبندی را جمع آوری می کنیم و مرحله کرم بندی، شمشه گیری، اندود، سفید کاری و در پایان رنگ آمیزی دیوارها را انجام می دهیم . (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ٦٢)





۱-۳. درک سازه ای پی ها

خاک رس مرغوب به نسبت ۲۵٪ و قلوه سنگ ریز، شن و ماسه به نسبت ۵۰ تا ۶۰ درصد با یکدیگر مخلوط شده به شکل آخوره درآمده و درون آن آب گرفته شده. مخلوط ۲۴ تا ۴۸ ساعت به حال خود رها می‌گردد تا دانه‌های خاک تورم کرده و از یکدیگر باز شود. شیره آهک به اندازه ۲۰۰ تا ۲۲۵ کیلوگرم برای هر متر مکعب به آخوره اضافه شده با اضافه کردن آب، شیره آهک و مخلوط آخوره کاملاً ورز گرفته، زیر و رو می‌شود و در حالت خمیری سفت در $\frac{1}{3}$ از ارتفاع «پی» به طور همگن در سطح تمام پی ریخته می‌شود.

چنانچه از وجود سنگ و جوش آجر که از کوره‌های آجرپزی به دست می‌آید، در شفته‌ریزی در قشر دوم و سوم ریخته می‌شود تا نزدیک به ارتفاع سطح پی رسیده از سنگهای عمقی و ریشه‌دار در درون شفته‌کارگذاری می‌شود. این اجرا سبب پیوند پی با کرسی چینی می‌گردد.

کرسی چینی: بعد از خشک شدن پی‌سازی عمل کرسی چینی با سنگ و ملات ماسه آهک با رعایت پیوندو رج به رج چیده می‌شود.

توجه: سنگهای مصرفی باید عاری از مواد لجنی و آلوده به گل و چربی و مواد شیمیایی باشد. ضخامت ملات مصرفی از چهار سانتیمتر کمتر نباشد.

ازاره سنگی: به ارتفاع ۶۰ تا ۸۰ و در مواردی تا ۱۰۰ سانتیمتر به وسیله سنگهای قواره شده مقاوم و بلوکه و ملات ماسه آهک با رعایت پیوند به عرض دیوار خستی بنائی می‌شود. این ارتفاع خطر نفوذ رطوبت و ترشح آب را به اسکلت بنا خنثی می‌سازد.

عایق رطوبتی: سطح ازاره سنگی به وسیله لاشه سنگ و ملات ماسه آهک کاملاً مسطح و تراز می‌گردد. به وسیله ملات ماسه آهک و آجر آبخوار و با رعایت بندهای کاملاً باز از یکدیگر به طوری که ملات ماسه آهک در ناحیه بالای بند آجر اثر نداشته باشد رج کاملاً تراز بنائی می‌شود.

سپس دقیقاً بندهای باز با ملات گچ و ماسه نرم پر و سطح آنها کاملاً صیقلی می‌شود. پس ازخشک شدن ملات اجرای قیر و گونی در دو لایه بسیار اصولی انجام می‌شود.(این اجرا اثر نفوذ آهک را با عایق خنثی می‌سازد)

توجه ۱: جهت محافظت قیراندود به وسیله آجر آبخوار و ملات گچ با مخلوط ماسه نرم روی قیر و گونی یک رج بنائی می‌شود.

توجه ۲: نظر به اینکه در اجرای ساختمان با مصالح سنتی«بخصوص» از سیمان و بدون استفاده از آن می‌گذریم. روش فوق‌العاده قابل اجرا می‌باشد. مسلماً با استفاده از ملات ماسه و سیمان در رج‌چینی و اندود ماسه و سیمان زیر قیراندود و حفاظت رج روی قیراندود به وسیله آن کار به سهولت و با اطمینان انجام می‌شود.

توجه ۳: امروزه از عایق رطوبتی ایزوگام نیز می‌توان استفاده کرد.

توجه ٤: قابل ذکر می‌باشد که در قدیم از ملات قیر جارو (گیر،سارو) همچنین قیر معدنی و کرباس و حتی ورقهای مس و سرب و در مواردی آب شیشه جهت عایق رطوبتی در بناها و آثار ایران به فراوانی استفاده شده است. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۸۹-۹۲)

همسطح کردن زیر پی

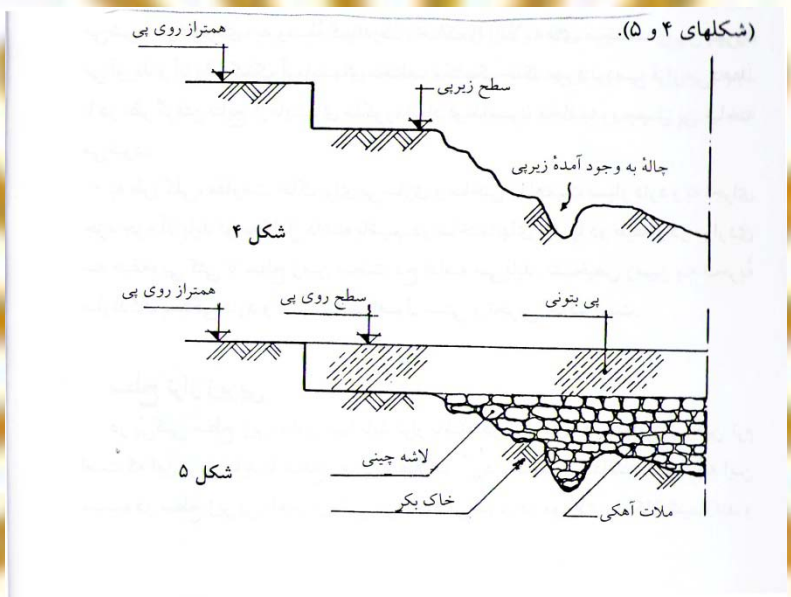
در بعضی موارد، قسمتی از زمینهای زیر پی لازم است و خاک را باید تا سطح سخت بکنیم در این صورت، چاله های عمیق یا شیبهای ملایم و در مواردی شیبهای تند به وجود می آید که پس از رسیدن به سطح سخت، عمل لاشه چینی به ترتیب زیر انجام می شود:

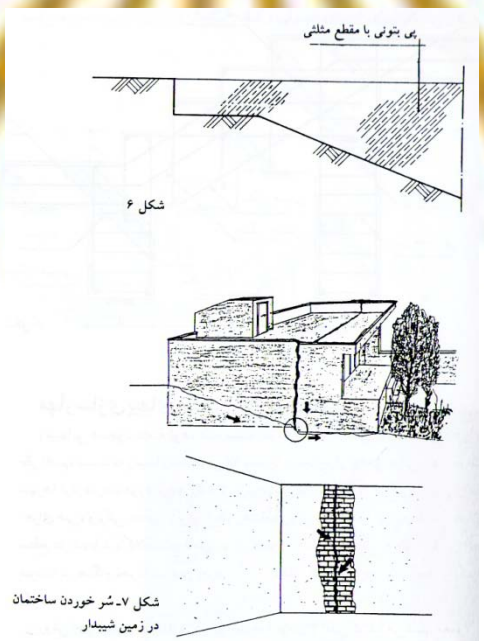
۱ -ابتدا گودالها و شیب پی را مرطوب می کنند و سپس با ملات مقاوم مانند ملاتهای آهکی و یا ملات "باتارد" از گودترین قسمت، رج به رج به وسیله سنگ-لاشه های سنگ جوش کوره های آجرپزی و یا پاره های آجرهای کهنه و یا مصالح دیگر با رعایت پیوند و به

صورت غوطه چینی و اصطلاحاً آب بندی کردن رجهای مذکور و با ترازسازی تا سطح زیر پی می رسند. سپس، مرحله پی سازی اصولی و با ریز مقادیر خواسته شده برابر با نقشه های اجرایی و جزئیات انجام می شود.

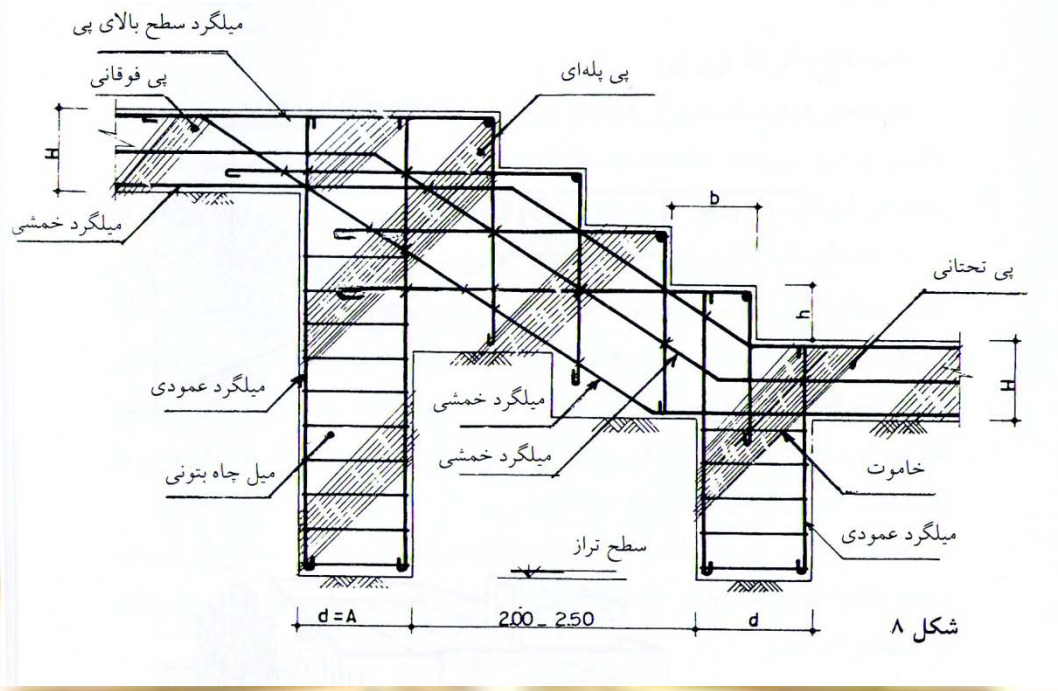
همسطح کردن زیر پی باعث می شود که پی سازی ساختمان در مقابل لرزشهای زمین، یکنواختی، یکپارچگی و مقاومت لازم را داشته باشد و عمل رانش پی پیش نیاید.

لازم به ذکر است که پیهایی با مقطع مثلثی در مقابل حرکات زمین و زلزله تحرک دارد .





برای پیشگیری از این حالت، باید پی سازی به شکل پله ای انجام شود. در صورت نیاز، برای مهار سازی هر چه بیشتر آن می توان در سطح زیر پی پله ای، چاهک اجرا کرد (شکل ۸). (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ١٦)



شکل ۸

فصل دوم

۲-۱. رفتار سازه ای دیوار ها

دیوار بسیاری از خانه ها آجری است. آجر از خاک رس ساخته می شود. گل رس را قالب گیری می کنند و آن را در اجاق های بزرگی به نام «کوره» می پزند.

برای ساختن دیوار، آجرها را با ملاط کنار هم می چینند. ملاط، ماده ی خاکستری رنگ است که از مخلوط کردن پودر سیمان، شن و آب به دست می آید. آجرها به گونه ای روی هم چیده می شوند که لبه ی آنها- که به آن «بند» می گویند- در تمام ردیف ها، روبه روی هم قرار نگیرد. به روش کنار هم قرار دادن آجرها «آجر چینی» یا «رج چینی» می گویند. روش های گوناگونی برای آجر چینی وجود دارد که بعضی از انواع آن در تصویر روبه رو نشان داده شده است.

دیوار خانه ها را معمولاً به صورت دو جداره می سازند؛ به طوری که بین آنها فضای خالی است. این فضای خالی باعث می شود هوای خانه گرم بماند. در خانه ها و ساختمان های آجری جدید، دیوارهای داخلی را از بلوک های بتنی یا «بلوک پوکه کک» می سازند. این مصالح، حرارت داخل ساختمان را بهتر حفظ می کنند. همچنین، ارزانتر هستند و آنها را سریعتر می توان روی هم چید. ساختمان سازان بین جداره ی داخلی و خارجی دیوار، بست هایی فلزی درون ملاط کار می گذارند. این بست ها، جداره ی داخلی و خارجی دیوار را به هم متصل می کنند و به دیوار استحکام می بخشند. امروزه، فضای خالی بین جداره ی داخلی و خارجی را با مواد عایق پر می کنند. این کار مانع هدر رفتن گرمای ساختمان در فصل زمستان می شود. (جنینگز، ۱۳۸۱، ص ۷)

نم بندی دیوارها:

دیوارهای خانه باید نم بندی شود. همچنین، آنها باید فضای داخلی خانه را در فصل زمستان گرم و در فصل تابستان خنک نگه دارند. فضای خالی بین جداره های داخلی و خارجی به این کار کمک

می کند. یکی از عیب های آجر این است که آب را جذب می کند و به عبارت دیگر، نم می کشد. یعنی در زمین های مرطوب، نم به سرتاسر دیوار آجری نفوذ می کند. در خانه های جدید، برای حل این مشکل یک لایه عایق رطوبتی ایجاد می کنند. این لایه ممکن است یک ردیف سنگ، پلاستیک یا قیرگونی باشد. لایه ی عایق رطوبتی، از نم کشیدن آجرها در زمین های مرطوب جلوگیری می کند. فضای خالی دیوارهای دوجداره نیز، مانع نفوذ رطوبت از خارج به داخل می شود. به احتمال بسیار در خانه های قدیمی، نه بین دیوارها فضای خالی وجود داشته و نه عایق رطوبتی به کار می رفته است.

در بعضی خانه ها ممکن است آجرهای هواکش را نزدیک به زمین دیده باشید. این آجرها در دیوار خانه هایی به کار می رود که کف طبقه ی هم کف آنها چوبی است. آجر هواکش باعث عبور هوا به فضای خالی زیر کف می شود و از نفوذ رطوبت به کف اتاق جلوگیری می کند.

دیوار خانه یا ساختمان ممکن است تزیین شده باشد. دیوار بعضی از خانه ها از سنگ یا سفال است. همه ی دیوارها آجری نیستند. بعضی از آنها نیز از گرانیت، سنگ آهک، ماسه سنگ، سنگ چخماق یا سنگ های دیگر ساخته می شود.

دیوارهای بتنی، چوبی و فلزی و شیشه ای نیز وجود دارد. (جنینگز، ۱۳۸۱، ص ۸)

خصوصیات ویژه خشت در بناهای خشتی

۱- خشت خوب که از تنگ بین خاک رس همگن با آب و پس از ورز دادن در ابعاد معلوم قالب زده می‌شود.

۲- خاک رس معدنی نرم شده با شکر سنگ و آب مخلوط شده و خشت تهیه می‌گردد.

۳- خاک رس مرغوب با کاه و خرده سنگ تهیه می‌شود. وجود کاه باعث اتصال دانه‌های خاک به یکدیگر شده و خرده سنگ مقاومت خشت را زیاد می‌سازد تا خشت در زیر بارهای فشاری بنا، تاب فشاری بیشتر را تحمل کند.

٤- چنانچه خاکهای آوار مرغوب از ساختمانهای تخریب شده به دست آید، می‌توان از آنها که دارای درشت دانه و ریز ددانه‌های سنگی است، خشت مقاومی تهیه کرد.

٥- خاک رس چرب کوبیده با مقداری خاکستر مخلوط شده و از آن خشت تهیه می‌گردد، معمولاً خاکستر دارای چربی ناچیزی می‌باشد که وجود آن در خشت حالت عدم مکش آب را به وجود می‌آورد. رنگ این نوع خشت خاکستری می‌باشد.

٦- به مخلوط خاک رس موی بز اضافه شده و خشتی مقاوم به دست می‌آید که ترک‌پذیری آن بسیار کم و در مواردی از بین می‌رود.

۷- خاک رس معدنی نرم با پشم شتر که به صورت پودر و تار در هم آمیخته شده به نسبت معلوم مخلوط شده و خشت تهیه می‌گردد.

۸- در مواردی پوست برنج(شلتوک) با خاک رس مخلوط شده و اتصال خوبی در خشت به وجود می‌آید و ترک‌پذیری خشت را نقصان می‌دهد.

۹- در مواردی به خاک رس، پِهِن چهارپایان اضافه می‌کنند. این ترکیب نیز خشت را در مقابل رطوبت مقاومت می‌دهد و از باز شدن آن جلوگیری می‌کند.

۱۰- ریشه گیاهی و علفی برخی از گیاهان با خاک رس مخلوط شده و خشت تهیه می‌گردد.

۱۱- خاک رس با الیاف خرما در اندازه لازم مخلوط شده و خشتی مقاوم تهیه می‌گردد. این خشت اصطلاحاً خشت«سازودار» گفته می‌شود.

قابل توجه می‌باشد که در بین خشتهای ذکر شده به میزان همگن بودن مواد ترکیبی در آنها و حرکت‌پذیری یکنواخت و غیریکنواخت یعنی «انبساط و انقباض» در مقابل گرما و سرما و عواملطبیعی برخی مقاوم و پایدار بوده و برخی ناپایدار می‌باشد که بنا به نوع آب و هوا و اقلیم مکان و عظمت و حجم ساختمان از آنها استفاده می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۷۲-۷۳)

محاسن بناهای خشتی

الف: خشت و ملات آن اکثراً خاک رس و یا ملات خاکی بوده که مخلوطی از خاک و ماسه می‌باشد که با خشت پیوند جالبی به وجود می‌آورد.

بدیهی است اگر گرد و غبار نشسته بر سطوح خشت کاملاً گرفته شود و در موقع کار با پارچه خیس کف مال و مرطوب گردد، سپس با ملات ورزیده با ضربه زدن به کار رود، اسکلت خشتی به صورت قامتی یک پارچه به وجود می‌آید. به علت ترکیب اجزاء و ضخامت دیوارهای خشتی بنا دارای مقاومتی ویژه می‌گردد. که اتکا و درگیری عضوها در یکدیگر موجب می‌شود که اینگونه بناها تا حدی در برابر زلزله‌های خفیف مقاوم باشند.

ب: از وجود خشت بیشتر در مناطق گرمسیری و کویری استفاده می‌گردد و به علت عدم رطوبت در زمینهای خشک، بناهای خشتی نزدیک به هزار سال با قامتی استوار پای برجا مانده است.

چنانچه خواسته شود از خشت جهت اقلیمهای معتدل استفاده شود، حتماً بایستی ریشه و پی سنگی و اِزاره‌سازی آن به شکل کرسی چینی تا ارتفاع یک متر از سنگ و ملات ماسه آهک که در مقابل رطوبت مقاوم می‌باشد استفاده گردد. چنانچه سطح تمام شده کرسی چینی سنگی با پستی و بلندیهایی ساخته شود، سبب درگیری رجهای خشتی با کرسی سنگی می‌شود. قابل توجه خواهد بود اگر در رج انتهایی کرسی چینی، سنگهای عمودی به شکل منفرد و بلند به صورت «میخ دوبل» به کار رود و یا از تنه درختهای مقاوم که اندود قیری شده باشد جهت «دوبل» کرسی چینی و

اسکلت خشتی استفاده کرده اتصال و پیوند خوبی در مقابل حرکات زمین و زلزله‌های خفیف ایفا می‌شود.

پ: به علت قطور بودن دیوارها و در مواردی پوششهای آنها عایق حرارتی و برودتی به وجود می‌آید. از این‌رو استفاده از خشت در اقلیمهای گرم و کویری مورد توجه می‌باشد و به همین علت است که زندگی طاقت‌فرسا را در تابستانهای گرم و زمستانهای خشک و سرد ممکن می‌سازد. قابل توجه می‌باشد که مصالح امروزی هرگز نتوانسته است مشکل گرما و سرمای کویر را حل کرده و جایگزین خشت گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۷۷-۷۹)

معایب بناهای خشتی

الف: به طوری که مسلم است پوششهای خارجی در بناهای خشتی نمی‌تواند بدون اندود و روکش باشد. چنانچه بنایی بدون اندود بوده باشد اثر رطوبت هوا و بارشهای زمستانی و یا در فصول دیگر سال بر قامت و اسکلت بنا بسیار سریع اثر گذارده دانه‌های خاک را مرطوب ومتورم ساخته و از یکدیگر باز می‌کند و باعث از بین رفتن پیوندهای اجزاء می‌شود. با گذشت زمان کوتاهی کلافهای بنا در هم ریخته و بنا تخریب می‌گردد. از این‌رو انواع اندودها و روکشها باعث محافظت بنا شده که آثاری چون ارگ بم کرمان را قرنها نگهداری کرده است.

ب: وجود رطوبت: به طوری که قبلاً اشاره شد در مکانهای مرطوب به سرعت رطوبت از دیوارها به طرف بالا سرایت می‌کند و باعث فرسودگی بنا می‌گردد. عدم توجه به این اصل در بناهای خشتی جبران‌ناپذیر است که بایستی با توجه به روکش کرسی چینی و عایق‌بندی ساختمان بناهای خشتی را بنا کرد.

توجه: برای پیشگیری از نفوذ موریانه در بناهای خشتی با به کار بردن خارهای «شتری» در ملاتها زیست این جانور را غیرممکن می‌سازند.

پ: ترکها: در اثر نفوذ آب باران و برف و حرکات حفیف در بناهای خشتی در نواحی ختم بنا و پشت‌بام و یا در قسمتهای دیگر خارجی ترکهای بزرگ و کوچک به وجود آمده که درز آنها کاملاً باز شده و با مصالح مقاوم ترک‌گیری می‌شود.

در بعضی موارد مسیر ترکها، تموشه‌گذاری می‌شود و این عمل حالت ناودانی را انجام می‌دهد. (به علت کوتاهی طول، تموشه می‌تواند در مسیر پیچ و خم‌ها حرکت کند تا به سطح زمین رسیده و سبب هدایت آب باران گردد.)

ج: عدم کلاف‌بندی بین دیوارهای جداشونده در محل نعل درگاهها

د: در پوششهای کروی فشار طاق بیشتر در تقاطع دیوارها می‌باشد. به علت عدم اتصالات این طاقها و طاقهای گهواره‌ای با دیوارها پیوندی به شکل دوبل نداشته و در مقابل حرکات شدید زمین مقاومت چندانی ندارد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۷۹)

اثر زلزله بر بناهای خشتی

یکی از موارد تخریب و متلاشی شدن بناهای خشتی وجود زلزله‌های شدید می‌باشد که بلافاصله و به طور ناگهانی برپیکر و قامت بنا ارتعاشاتی پدید آورده و در اثر امواجی که به وجود می‌آید دیوارها را حرکت داده و سبب غیرشاقولی شدن آنها می‌گردد.

اثر عمل و عکس‌العمل امواج زلزله، دیوارهای متقابل را به سرعت رانش داده و عدم هیچگونه اتصال و کلاف‌بندی در بین نعل درگاهها و پوششهای طاق با اسکلت بنا ابتدا طاق فضا فرو می‌ریزد، سپس قوسهای نعل درگاه که در جهت ارتعاشات زلزله واقع شده در اثر رانش دیوارها شکسته و فرو می‌ریزد.

از این‌رو با تدابیری خاص می‌توان تا حد امکان بناهای خشتی را در مقابل خطر زلزله نیز مقاوم کرد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۸۰)

کلاف‌بندی کش‌های چوبی

دست‌انداز روی نعل درگاهها به ارتفاع لازم چیده می‌شود و فضا و چهار دیواری آن آماده پوشش می‌گردد. به ترتیبی که در ستونها دیده شد، در تقاطع دیوارها در وسط کار چوب مشته‌گذاری می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۶۲)

اتصال تیرهای پوشش به کش(جهت مقاومت در مقابل زلزله)

فاصله تیرهای گرد باربر تا ۵۰ سانتیمتر می‌باشد که نسبت به طول فضا فاصله آنها محور تا محور تعیین می‌گردد. چنانچه عرض فضا کم باشد ته تیرها در سمت عقب و برای به وجود آوردن شیب‌بکش عقب میخ می‌گردد.

چنانچه عرض فضا زیاد باشد چوبها به صورت سر و ته بکشها میخ می‌شود(یعنی یک در میان سر چوب و ته چوب پهلوی یکدیگر واقع می‌شوند تا تعادل مقاومت در تیرها برقرار گردد.

ثقف‌ریزی: سرشاخه‌های راست از چوبهای مقاوم به قطر ۵ و طول ۷۰ سانتیمتر تهیه شده، زائده‌های آن وسیله تیشه گرفته می‌شود. محل نشست ثقف برروی تیر نعل برداشته شده تا حرکت‌ناپذیر گردد. قطعات ثقف به شکل چپ و راست و زیک‌زاک بر سطح تیرهای چوبی چیده شده. در مواردی این قطعات به تیرها میخ می‌شود تا در مواقع زمین لرزه خطر سُرخوردن سقف به وجود نیاید.

پس از استقرار ثقف‌ریزی، سطوح آن با «حصیر» یا «نی» مفروش می‌شود.

غوره گل‌ریزی: پس از مفروش شدن تیرها وسیله ورقهای پروار حصیر و نی‌بر سطح آن‌ها پهن شده و سپس به ضخامت ۱۰ سانتیمتر غوره گل ریخته می‌شود. سپس کاه پاچیده شده و لگد می‌گردد. زمانی که گل غوره خشک می‌شود ترک برداشته که با ملات دوغابه، درزها پر می‌شود و مجدداً لگد می‌گردد تا درزها به همدیگر متصل گردد.

شیب‌بندی: در طولهای طویل شیب‌بندی وسیله خاک‌کشی انجام می‌گردد. علاوه بر شیب دلخواهی که از خاک‌کشی به دست می‌آید. به طوری که قبلاً اشاره شد قشر خاک نم باران را از کاهگل گرفته و عدم سرایت به غوره گل می‌گردد.

کاهگل: سطح خاک‌کشی گل نم آب پاشیده شده بین ۳ تا ٤ سانتیمتر کاهگل که در آن جهت هر متر مربع یک کیلوگرم نمک طعام مصرف شده اندود می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٦۲-۱٦٤)

توفال

چه از نظر بهداشتی و چه از نظر زیبایی با رعایت فاصله سقف دومی در زیر سقف اصلی به وجود می‌آید. این سقف کاذب بوده و در بناهای آجری چوب‌پوش بیشتر از بناهای خشتی چوب‌پوش استفاده می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٦٤)

پیوند در دیوارهای باربر:معمولاً محل تقاطع دیوارها باید مانند کلاف فاق و زبانه بوده باشد که دو دیوار متقاطع بتوانند به یکدیگر تکیه کنند. جهت کلاف‌بندی پس از حداکثر ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر اگر از مفتولهای ضربدری که به طول ٦۰ سانتیمتر که سر آنها قلاب شده‌اند در تقاطع استفاده شود بسیار اصولی خواهد بود.

گیر تیر: نشست تیر در دیوارها بایستی به اندازه عرض دیوار و معمولاً از ۳۰ سانتیمتر کمتر نباشد مگر دیوار یک آجره باشد که گیر تیر در این حالت به اندازه طول آجر می‌باشد.

دیوارهای غیرمسطح و غیرباربر: تقاطع این نوع دیوارها نیز باید با پیوند و هشت گیر اصولی باشد، بطوری که اگر بر هر متر مربع ۲۵ کیلوگرم نیرو به شکل عمودی اثر کند سطح مذکور غیرقابل ارتعاش و حرکت‌پذیری باشد. اجرای این دیوارسازی جهت مکانهای خاصی مورد استفاده می‌باشد.

اتصال به وسیله واحدهای کله: در دیوارهای دو رو که یک رونما و سمت دیگر پشت‌کار می‌باشد قفل و بست بین دو جداره نما و پشت‌نما بایستی به اندازه ٤۰ درصد از سطح نما و به وسیله

آجرهای کله باشد. نشست این آجرها جهت پیوند دو جداره نباید از ۱۰ سانتیمتر کمتر باشد. واحدها نباید همگی کله و یا راسته باشند و چنانچه واحدها تمامی کله و راسته بکار روند این فاصله نباید از ٦٠ سانتیمتر بیشتر باشد.

پس‌نشین و فرورفتگی: پس‌نشین‌ها و طاقچه‌ها بایستی در سازه آجری طوری طراحی شود که در باربری دیوارها اشکال به وجود نیامده، اندازه پس‌نشین و طاقچه‌ها باید در حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر انتخاب شده و این پس‌نشین باید در دیوارهای عریض انجام شود. در هر صورت اگر وجود نعل درگاه با قوس باربر در پس‌نشین‌ها و طاقچه‌ها استفاده نشود بایستی دیوار «اسپر» پس‌نشین تاب فشاری و تحمل‌گیر تیر را داشته باشد. درطاق‌نماسازی از آجرهای کله استفادخ می‌شود تا وسیله‌ای باشد برای نگهداری اجزاء و رجهای بالائی.

برداشتن و بازکردن قالبها و شمع‌ها: در مواردی که از قوسهای طویل و باربر در سازه‌های آجری استفاده می‌شود مسلماً پس از پایان ساختن قوس مراحل بعدی آن انجام شده که خود نیز دارای وزن مشخصی می‌باشد. در چنین شرایطی بازکردن قالبها و در مواردی شمع نگدارنده در قسمت عضوها نباید کمتر از ۷ روز بوده و چنانچه باز کردن قالبها و شمع‌ها تا ۱۰ روز به طول انجامد ضریب اطمینان بیشتری به وجود نخواهد آمد. به طور کلی بر دیوارهای آجری بایستی در شرایط مجدود بعد از حداقل ۱۲ ساعت نیروی لازم و گسترده را وارد ساخته و اثر نیروهای متمرکز مانند تیرها و یا موارد مشابه باید بعد از ۳ روز انجام شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٦۸-۱٦۹)

دیوارسازی فاق‌دار در ساختمانهای چوبی زگمه‌ای یا کله‌چوبی: این روش دیوارسازی چوبی دارای ریشه سنتی می‌باشد که امروزه نیز به روش جدید از آن در ساختمانهای زیبای چوبی استفاده می‌شود. از اینرو بحث آنرا در جای مناسب بررسی می‌کنیم.

دیوار زگالی: این روش دیوارسازی در حواشی جنگلی در مناطقی که چوب فراوان وجود دارد استفاده می‌شود.

روش ساخت: ۱- این دیوارسازی برروی پی‌های چوبی سگتی انجام می‌شود و به شکل برجسته از سطح زمین واقع می‌گردد. معمولاً چهارتراش قطور با مقطع مربع به اندازه ۱۵ سانتیمتر و یا گردبینه‌هائی به قطر ۱۵ تا ۱۷ سانتیمتر بروسط پی‌های سگتی چوبی مستقر کرده و به وسیله میخ اتصال بوجود می‌آید. این روش یک شناژ افقی است که به نام نعل‌کشی نامیده می‌شود.

۲- تیرهای عمودی به ارتفاع فضا و به قطر ۱۵ سانتیمتر آماده می‌شود و به فاصله ۱۵۰ سانتیمتر از یکدیگر در روی نعل‌کشی به طور شاقولی واقع شده به وسیله میخ به شکل چپ و راست از دو طرف سبب اتصالات بالایی نیز انجام می‌شود.

۳- پس از استقرار ستونها نعل‌کشی بالایی نیز انجام می‌شود.

٤- از لاپه و یا تخته‌های ۳ سانتیمتر به شکل افقی و در بعضی موارد به طور مورب از طرفین به ستونها میخ شود.

توجه: جهت اندود قسمت داخلی فضا، تخته‌ها با فاصله کوبیده می‌شود که بعداً اندود گل کلوش‌دار و یا کاهگل می‌گردد.

۵- پس از تخته‌کوبی و کلیه کارهای چوبی بنا و پوشش سقف، فضاهای خالی با گلی که دارای کلوش نرم شده باشد پر می‌شود.

٦- در بعضی موارد سطوح اندود وسیله دوغاب آهکی و یا گچکاری اندود می‌شود.

توجه کف‌سازی: از تیرهای افقی به قطر بیشتر از ۲۰ سانتیمتر بر روی نعل‌کشی و به فاصله تقریبی ۵۰ سانتیمتر انجام می‌شود که به این موضوع بعداً می‌پردازیم.

روش دوم: ۱- پس از استقرار ستونها برروی نعل‌کشی، تیرهای فرعی به فاصله ٦٠ تا ۷۰ سانتیمتر در طرفین ستونها در حالت افقی وصل می‌شود.

۲- سرشاخه‌های یکنواخت به اندازه متن تیرهای فرعی افقی به تیرهای مذکور متصل می‌گردد. پس از انجام کلیه کارها سطوح آنها اندود کاهگل می‌شود.

دیوارزگالی ساده: ۱- در برخی از نواحی و حواشی جنگل از روش ساده‌تری جهت دیوارهای زگالی استفاده می‌شود که نحوهٔ اجرای آن چنین خواهد بود. پس از گرسی چینی سنگی بنام «کنو» برسطح زمین انجام می‌گردد. عمل نعل‌کشی که اصطلاحاً «نال» و از تخته چوب پهن می‌باشد انجام می‌گردد.

۲- ستونهای عمودی به نام «وادار» به ارتفاع فضا و به قطر ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر به فاصله ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر برروی نال واقع شده و میخ می‌گردد. قابل توجه این که در این روش، ستونها طوری انتخاب می‌شوند که انتهای آنها جهت نشست نعل بالایی در شیار هفت مانند، نشست داشته باشد.

توجه: این اجرا خود می‌تواند از اصول ضد زلزله باشد.

۳- شاخه‌های یکنواخت که «اجاردوس» نامیده می‌شود به صورت چپ و راست در دو طرف ستونها در حالت افقی و تا انتهای ستون تا زیر نعل فوقانی به ستونها میخ میشود.

٤- نعل بالایی در شیار ستونها واقع شده و میخ می‌گردد و سپس دیوار آماده پوشش سقف می‌شود.

۵- پوشش دیوار وسیله تیرکهای افقی از کف تا زیر سقف انجام می‌گردد. تمامی کارهای ساختمان بین شاخه‌های افقی که برستونها نصب شده با ملات گل کلوش‌دار در دو نوبت پر می‌شود. زیرا در این روش مصرف ملات گل جهت تسطیح دیوار به مراتب بیشتر از روش قبل می‌باشد.

پس از خشک‌شدن تقریبی گل، سطوح داخلی و خارجی دیوارها وسیله اندود کاهگل روکش می‌شود.

توجه: در این اجرا می‌توان مبانی ضدزلزله را به طریقی خاص به وجود آورد که در بحث(اصول زلزله در بناهای چوبی سنتی ساده) بررسی خواهیم کرد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۳۲۷-۳۲۹)

دیوار سگتی: این دیوارسازی بیشتر جهت فضای انبار برنج «کندوج» و تلمبار مورد استفاده می‌باشد که اجرای آن مانند دیوارهای زگالی در $\frac{1}{2}$ ارتفاع و در قسمت بالای ستونها می‌باشد. معمولاً تیرهای وادار از ناحیه کف«کندوج»و تلمبار به ستونهای کناری و در صورت وسیع بودن سطح فضا به ستونهای میانی نیز نشست کرده و سپس به سطح زمین منتقل می‌شود.

نحوه اجرا: ۱- به طوری که در پی‌سازی سگتی گفته شد ارتفاع این ستونها بلند و نزدیک به سه متر می‌رسد. قطر آنها بین ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر می‌شود. انتخاب بلندی ستونها از جهت مرتفع ساختن کف کندوج می‌باشد.

۳- تیرهای مقاوم به قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر نسبت به فاصله ستونهای پهلوی یکدیگر قرار گرفته و به پل‌ها میخ می‌گردد تا توان بارهای کندوج و تلمبار را داشته باشد.

٤- چنانچه فاصله ستونها نزدیک باشد، دیوارکشی از روش زگالی استفاده می‌شود. چنانچه فاصله آنها بیشتر از ۲/۵ متر باشد تیرهای باریک و یکنواخت به صورت افقی به فاصله ۵۰ تا ٦۰ سانتیمتر به ستونها متصل می‌شود.

۵- به وسیله تخته‌های ۳ سانتیمتری و یا سرشاخه‌های یکنواخت فاصله بین تیرچه‌ها پوشش می‌شود و دیوار به وجود می‌آید.

٦- در بعضی موارد از ناحیه خارجی درزهای قطعات نصب شده اندود کاهگل شده و یا در بیشتر موارد بدون اندود و با نمای چوبی مورد استفاده می‌باشد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۳۲۹)

دیوارهای چینه‌ای: در مناطق جلگه‌ای شمال به علت دوری از جنگل و عدم دسترسی به چوب فراوان از دیوارهای چینه‌ای استفاده می‌شود. به طور کلی از دیوارهای چینه‌ای در سایر نقاط ایران که دارای اقلیمهای متفاوت می‌باشد استفاده فراوان شده و می‌شود. اما دیوارهای چینه‌ای در شمال ایران دارای ویژگی خاص خود می‌باشد.

طرز ساخت: ۱- براثر عدم دسترسی به خاک مرغوب معمولاً گل رس از ته رودخانه‌ها جمع‌آوری می‌شود که در این ملات ریزدانه‌های نرم ماسه‌ای نیز فراوان می‌باشد.

۲- مقداری متناسب سنگ ریزه به ملات اضافه می‌شود که این خود در بوجود آمدن ملات مطلوب مؤثر خواهد بود.

۳- از کلوش به جای کاه به مخلوط اضافه می‌گردد و ملات سفت و ورزیده می‌شود.

توجه: به علت بلندی ساقه‌های کلوش، این ملات یکپارچگی بیشتری نسبت به دانه‌های کاه دارد که این خود از ویژگی ملات دیوارهای چینه‌ای در این خطه می‌باشد.

طریقه ساخت: ۱- روش چینه‌گذای در چندین لایه و رج انجام می‌گردد.

معمولاً اولین رج به عرض ۵۰ تا ٦۰ سانتیمتر و به ارتفاع تقریبی ۵۰ سانتیمتر می‌باشد.

۲- تکرار رجها تا سطح زیرپوشش که تقریباً ۲۵۰ سانتیمتر می‌باشد انجام می‌گردد. معمولاً آخرین رج این چینه‌گذاری به عرض ٤۰ سانتیمتر است.

توجه: ویژگی این چینه‌گذاری با سایر چینه‌های معمول در سایر مناطق درواچین بودن «جمع‌شدن» رجهای چینه در ناحیه داخلی فضا تقریباً شاقولی نشان می‌دهد. ضمناً با توجه به عرض دیوار در پایین و بالا و جمع شدن رجها بسیار کمتر، از سایر انواع دیوارهای چینه‌ای می‌باشد.

۳- پس از اجرای پوشش سقف و نصب چهارچوبهای در و پنجره سطوح داخلی اندود کاهگل می‌شود. در بعضی موارد از وجود رویه نرم سیم کاهگل نیز استفاده می‌گردد.

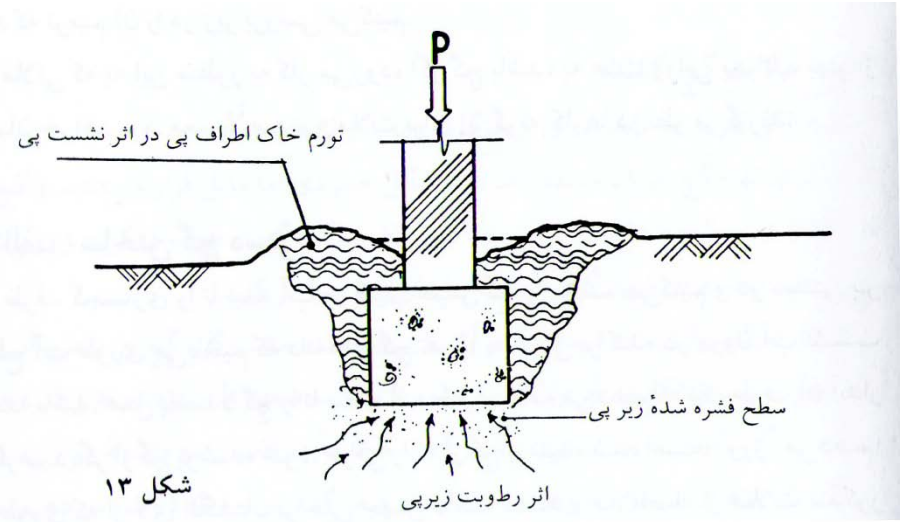
٤- پس از انجام اندود داخلی کف‌سازی شامل دو لایه انجام می‌شود. لایه اول شامل شن و خاک بوده که به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر در کف پهن و کوبیده می‌شود. لایه دوم اندود کاهگلی می‌باشد که پس از مرطوب کردن کف، انجام می‌گردد.

۵- پس از اجرای اندود داخلی و یا قبل از آن اندود کاهگل در سطوح خارجی نیز انجام می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۳۳۲)

۲-۲. رفتار سازه ای ستون ها

نشست خفیف ستون در اثر نشست فونداسیون:نشست پی به اجرای غیر اصولی بستگی کامل دارد. در پیهای ساخته شده قدیمی، امکان نشست به شکلهای مختلف پیش می آید که در زیر به شرح و بحث درباره آنها می پردازیم:

۱- وجود رطوبت: در سطح زیر پیها به علل مختلف و از جمله بر اثر چکه کردن لوله های فاضلاب یا آبرسانی، نفوذ از کانال و مجاری آب به شکلهای مختلف و یا اجرای غیر اصولی کارهای تاسیساتی، رطوبت به وجود می آید و در نتیجه، خاکهای زیر پی دچار مکش آب می شود. در مواردی، خاک اطراف پی متورم می شود. این اتفاق بر اثر فشار بر سطح زیرین پیش می آید. در اثر نرم بودن خاک، مکش آب و یا رطوبت، خاکهای نرم زیر فونداسیون فشرده و پی دچار نشستهایی می شود. به همین علت، خاکهای اطراف پی باد می کند. این حالت باعث ایجاد شکستهایی در کفسازیهای داخلی و یا محوطه اطراف و کناره پیها می شود .



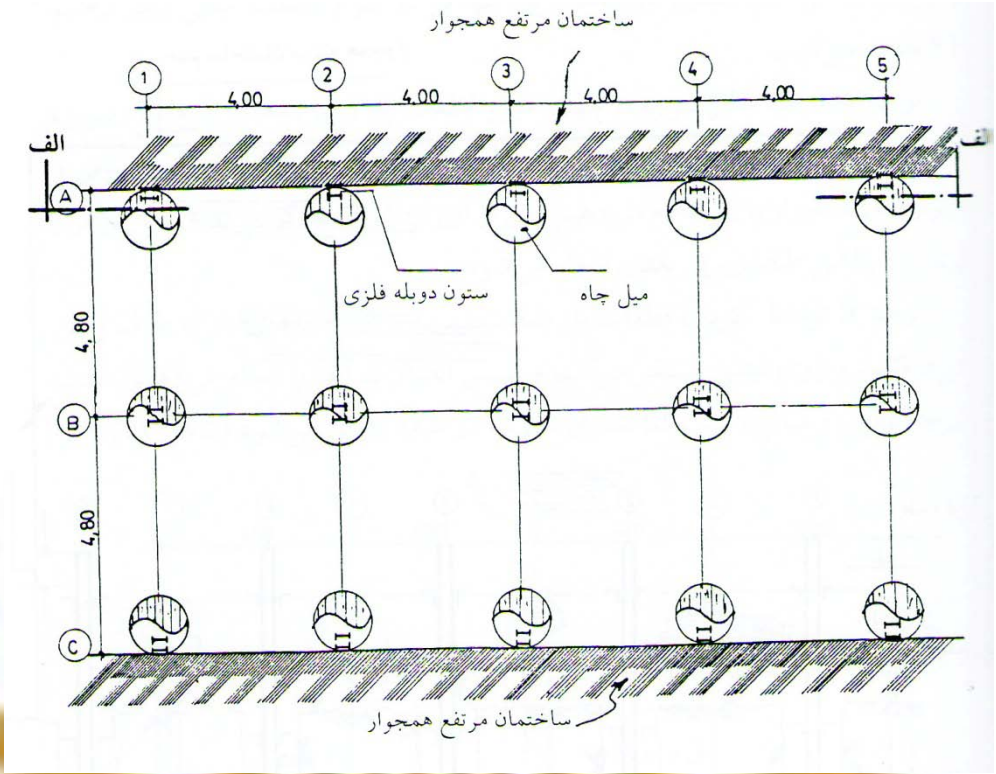
شکل ۱۳

۲- اثر نیروی اضافی: چنانچه روی دیوارهای قدیمی بار گذاری شود، نیروی فشار بر سطح پی زیاد می شود (برای مثال، ساختن یک یا دو طبقه دیگر روی طبقه یا طبقات زیرین) و در نتیجه، سبب نشستهایی در آن می شود که به علت نرمی خاک است. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ۲۱)

استقرار ستونهای فلزی درون چاه

بنا بر مشخصات فنی و نقشه های اجرایی، ساختن ستونها از روی پی سازی در عمق زمین با ارتفاعی بیشتر از یک طبقه بلندتر از سطح زمین اجرا می شود. سپس، بنا به ارتفاع طبقات زیر زمین، نبشی گذاری بر ستونها نیز انجام و به این ترتیب، ستونهای آماده نصب می شوند.

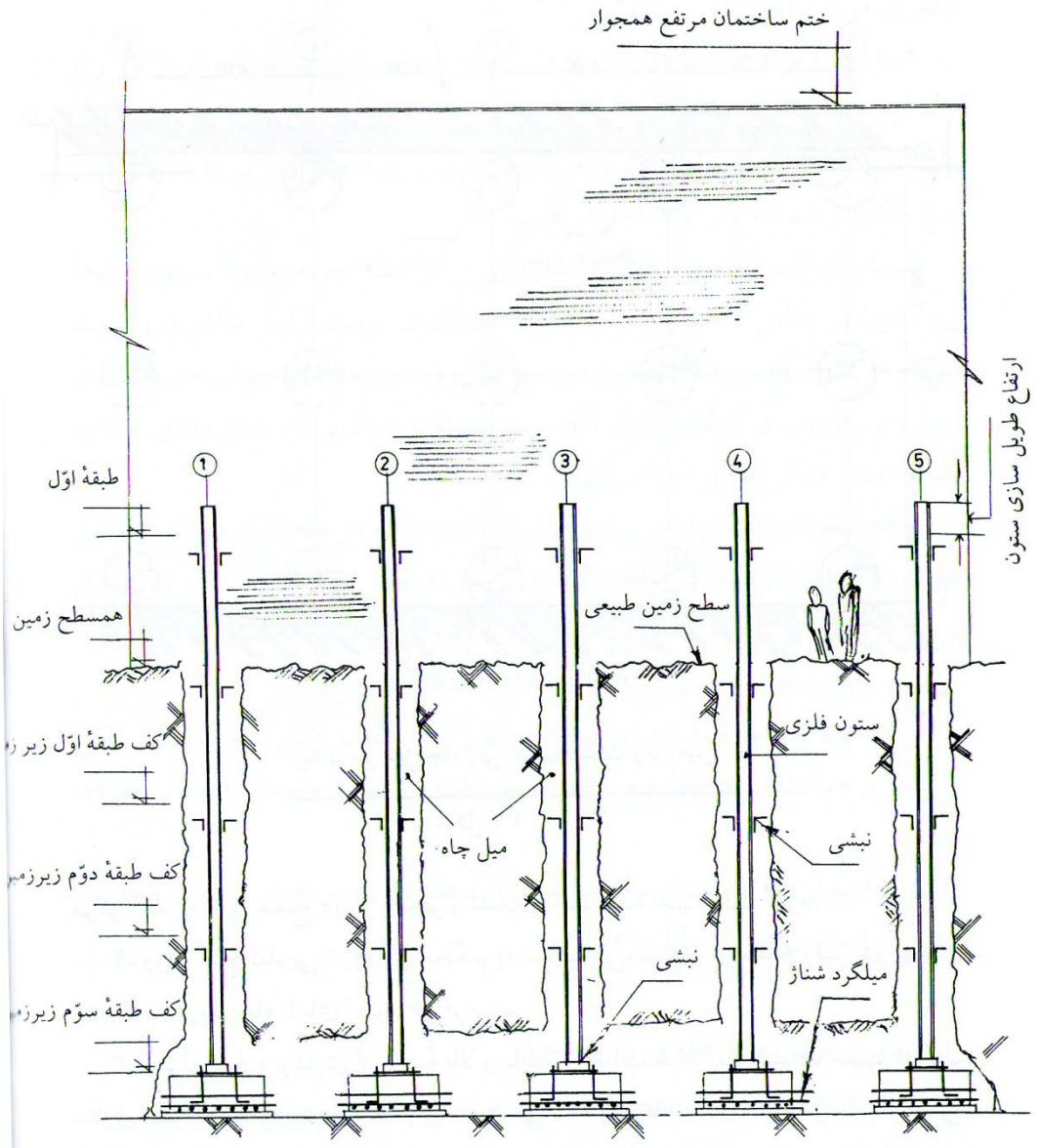
۱- توسط "کِرن" (جرثقیل گردان) ستونها را از سطح زمین بلند می کنیم و درون چاه به طور شاقولی روی صفحه بیس پلیت طوری مستقر می کنیم که امتداد شاقول ستون در مرکز آکسی که بر سطح دیوار همجوار نشانه و خط شده است، قرار گیرد.



۲- وزنه "پنج کیلویی ترازو" را محکم به طناب می بندیم و از سطح زمین در پهلوی ستون، به درون چاه تا پای ستون می فرستیم.

۳- کنترل اندازه برداری از ناحیه بالا و پایین از طناب شاقول تا ستون، سبب شاقول سازی ستون مستقر روی صفحه زیر ستون می شود و بلافاصله خال جوش زنی از نبشی متصل به ستون در صفحه زیر ستون را انجام می دهیم.

٤- شاقول سازی ستون را از پهلوی دیگر ستون نیز انجام می دهیم تا از دو جهت کاملاً شاقول شود و سپس اتصالات ستون به صفحه زیر ستون را به طور دقیق انجام می دهیم. بنا بر اصولی که گفته شد، ستونهای کناری دو دیوار همجوار و ستونهای میانی را روی صفحه زیر ستون درون چاهها مستقر می کنیم و اتصالات آنها را انجام می دهیم. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ٤٨)

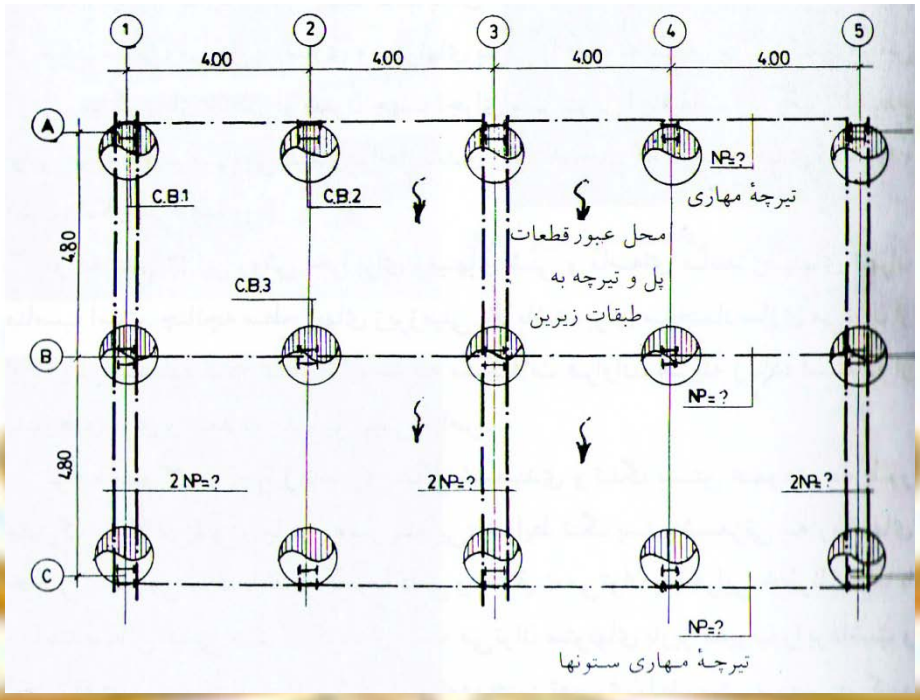


پل کشی

پل را در ستونهای کناری دیوار همجوار و میانی به ارتفاع یک طبقه بلند تر از سطح زمین نصب می کنیم. سپس، تیرچه ها را بین پلها در دو سر و قسمت میانی برابر ترسیم ٤١ نصب می کنیم.

توجه ١: نصب سایر تیرچه ها جهت عبور قطعات پل و تیرچه های طبقات زیرین، بعداً انجام خواهد شد. به این ترتیب، مرحله مهار سازی ستونهای کناری با میانی و دیوارهای همجوار را نیز انجام می دهیم. پس از این اجرا، مرحله گود برداری تا پایین تراز ارتفاع پل کشی طبقه زیرین بعدی انجام می شود.

توجه ۲: توسط "کِرن"، قطعات پل طبقات زیرین را از دهانه های باز به طرف پایین می فرستیم و روی نبشی مستقر می کنیم و سپس اتصالات آنها را انجام می دهیم. نصب تیرچه کناری و میانی، سبب کلافسازی ستونها در طبقه زیرین می شود .



توجه ۳: بترتیبی که گفته شد، گودبرداری و نصب پل و تیرچه در طبقات زیرین بعدی را نیز انجام می دهیم تا به سطح زیر پی سازی برسیم. در این حالت، شناژها را نیز برابر نقشه ها اجرا می کنیم.

توجه ٤: دیوار اطراف را می سازیم و عایق رطوبتی را اجرا می کنیم. سپس، برابر نقشه، اسکلت پله و بعد استقرار سایر تیرچه ها در فضای باز گذاشته شده قبلی جهت پوشش سقف آنها را اجرا می کنیم.

توجه ۵: ادامه دیوار سازیهای کناری، اجرای عایق رطوبتی آنها، دیوار سازی بعد از عایقکاری، استقرار سایر تیرچه ها در طبقات بعدی و پوشش سقف آنها را طبقه به طبقه از پایین به طرف بالا انجام می دهیم تا به اولین طبقه از سطح زمین برسیم. سپس، عمل ستونگذاری طبقات بالا بر مقطع

ستونهای زیرین و همچنین عمل طویل سازی آنها و سایر اجراهای فنی اسکلت فلزی طبقات روی زمین را دنبال می کنیم.

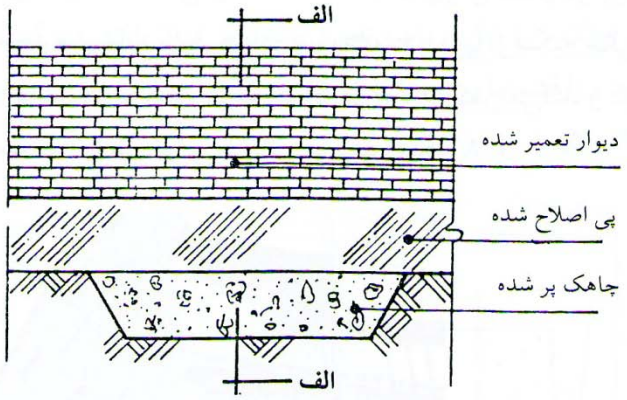
توجه مهم ۱: چنانچه سازه بتونی باشد، حفر چاههای کناری به قطر ۱/۵ متر و چاههای میانی حدود ۲ متر جهت قالب بندی ستونها و عدم محدودیت اجرا انجام می شود. سپس، مراحل پی سازی و ستونهای بتونی را طبقه به طبقه اجرا می کنیم. در این روش، میلگردهای انتظار از ستون جهت اجرای پوتر بتونی از طبقات زیر زمین تا سطح اولین طبقه را پیش بینی می کنیم و مراحل بعدی را مانند بحثی که در سازه فلزی گفته شده است، انجام می دهیم.

توجه مهم ۲: این روش اجرا برای زمینهای شنی و ماسه ای مانند زمینهای تهران مناسب استو چنانچه شطح آبهای زیر زمینی بالا باشد، برای ساختمان سازی می توان از این روش استفاده کرد؛ البته با توجه به مشکلات فراوان، هزینه زیاد، استفاده از پمپاژهای قوی و متعدد، و تدابیر ایمنی خاص.

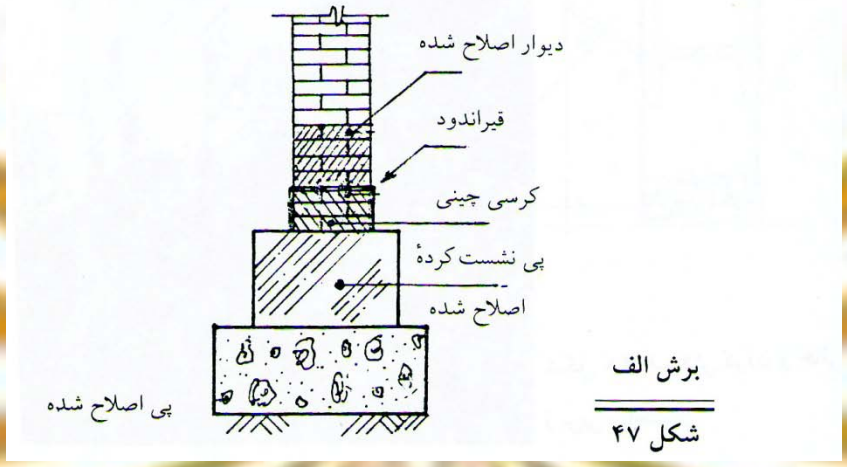
توجه مهم ۳: در اجرا و تعمیر، مسائل شمعبندی و تنگ بستن عمودی به طور مشترک انجام می شود. اما در تعمیر بتنهایی، شرایط تنگ بستن شمعزنی به روشهای خاصی انجام می شود. با تفکر، تجربه کافی و خلاقیت می توان به اجرایی خطرناک، امّا با رعایت مسائل ایمنی مبادرت کرد؛ از جمله می توان ستونهای باربر معیوب را برداشت و آنها را به طور اصولی بازسازی کرد. در ادامه، چنین تعمیری را بدرستی بررسی می کنیم . (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ۵۲)

تخلیه پی نشست کرده

بعد از شمع زنی و مهار کردن سقف و دیوار، اطراف پی نشست می کند و کنده می شود. باید مصالح آن تخلیه، خاک شوره اطراف حفره جمع اوری و حفره برای پر شدن آماده شود. (زمر شیدی، ۱۳۸٤،ص ٥٤)



شکل ۴۶



شکل ۴۷

۲-۳. درک سازه ای ستون ها

نگهداری بناهای خشتی به روشهای مختلف در مقابل رطوبت و بارندگیها از مسائل مهم می‌باشد. ملاتهایکه به عنوان اندود به کار می‌رود بیشتر همان کاهگل می‌باشد که دارای قدمتی فراوان و مصرفی چندین هزار ساله دارد. قابل توجه می‌باشد که برای سالم نگهداری بنا هرچند سال یکبار اندود قبلی تراشیده می‌شود و با رعایت اصولی از جهت خالی کردن درزهای اندودکاری مجدد انجام می‌گردد. زیرا وجود قشرهای اندود بر روی یکدیگر اولاً پیوندی نادرست و به صورت لایه‌لایه خواهد داشت و در ثانی وزن سقف از پوششهای کاهگل زیاد می‌گردد.

به طوری که در کاوشهای باستان‌شناسی انجام شده است، جهت حفاظت و اندود بناها در دوره ایلامی از وجود دیوارهای آجری برای نگهداری اسکلت خشتی استفاده شده است. در دوران هخامنشی از آجرهای بعابدار در دیوارهای بنا استفاده شده. در معماری دوران ساسانی بناهای خشتی با روکش اندود کاهگل و سپس با استفاده از ملاتهای گچی بوده است.

در دوران ساسانیان بناهای خشتی از روکش کاهگل و آجر و سنگ استفاده شده است. در معماری پرشکوه ادوار اسلامی نمای بناها با اندود کاهگل و سیم کاهگل و آجر همراه بوده و در دوران ایلخانی از وجود کاشی‌ها در ابعاد بزرگ نیز استفاده شده است.

اما استفاده از کاهگل به علت فراوانی و اقتصادی بودن آن و از همه بالاتر به علت همگن بودن نوع مصالح خاکی آن با خشت زیادتر از دیگر مصالح در هر زمان مورد توجه بوده است.

اندودهای داخلی: در دورانهای کهن از وجود کاهگل جهت پوشش میانی بنا استفاده شده و در سالهای بعد خصوصاً قبل و بعد از اسلام از اندود سیم کاهگل و اندود گچ نیز استفاده شده است.

ملات قیر جارو: از این ملات به عنوان زیرفرشهای پشت‌بام و زیر دیوارها بر روی پی‌ها جهت عایق‌بندی رطوبتی مورد توجه و استفاده بوده، امروز از به کار بردن ایزوگام می‌توان در عایق‌سازی زیر دیوار و پشت‌طاق نیز استفاده کرد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۸۰-۸۲)

تقویت بنا در مقابل حرکات زمین و زلزله

به طوری که قبلاً اشاره شد در بندهای و پنجره‌ها کلاف دیوارهای بنا خشتی را از یکدیگر جدا می‌سازد به علت استفاده از پوشش قوس به عنوان نعل درگاه فقط استقرار پا طاق برروی نبشهای در بند می‌باشد. این مکان محل انتقال نیرو از قوس به سطح پا کار خواهد بود. چنانچه در زیر قوس و یا در دل قوس(تنگ قوس) به کار رود کلاف مقاومی بین قوس و نعل درگاه و دیوارهای

پاکار به وجود می‌آید. این روش حرکت دیوار و طاق را از هر جهت به شکل لولا میسر ساخته و پیشگیری از تخریب قوس را در مقابل حرکات زمین و زلزله به وجود می‌آورد.

نحوه عمل:

به فاصله یکمتر پایین‌تر از سطح پا کار چوب مشته (عضو عمودی) که آن را «شاخص» نیز می‌گویند کار گذارده می‌شود. برای این کار چوب مقاومی که سطح آن وسیله قیر و یا قطران و یا دوغابه آهک و یا گچ‌اندود شده باشد و یا سطح چوب در قشری سوزانیده شده باشد استفاده می‌شود، دیوار چینی تا سطح پای قوس بنایی می‌شود.

شاخص‌گذاری در ضلع مقابل به ترتیبی که گفته شد انجام می‌گردد. عضو دوم تیر افقی است که به صورت نیم آنیم برروی دو شاخص(چوب مشته) نشست کرده وسیله میخ بلند و یا میخ اسکپ عضو افقی «کش» با عضو عمودی «شاخص» کاملاً درگیر و متصل می‌شود.

چنانچه از کلاف‌بندی مقاومت بیشتری خواسته شود بهتر است بین عضو عمودی و عضو افقی دستک و یا چپی تحت زاویه ٤٥ درجه نصب شود تا درگیری و پیوند کاملا به وجود آید. سپس بنایی قوس انجام شده و کلافی اصطلاحاً «دزد» در دل قوس و یا جدا از آن و بالاتر و یا در زیر قوس و در بند بوجود می‌آید.

توجه: چنانچه کلاف دردل کار باشد به مراتب بهتر خواهد بود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۸۲)

اتصال و کلاف‌بندی پوشش گنبدی یا اسکلت بنای خشتی

به طوری که در چوب مشته‌گذاری جهت نعل درگاه گفته شد، در تقاطع دیوارها و همچنین در قسمت میانی آنها چوبهای عمودی«شاخص» کار گذارده می‌شود. ارتفاع چوبها تا غلت دور پوشش مرتفع انتخاب می‌شود و سپس در چهارطرف عمل کلاف‌کشی انجام شده و به عضوهای عمودی میخ می‌گردد.

چنانچه نشست پل و یا کشها برروی یکدیگر به شکل نیم آنیم و تحت زاویهٔ پخ انجام گردد و سپس به یکدیگر میخ شوند، اتصالات بهتر به وجود می‌آید.

حال اگر کلاف‌بندی مذکور به وسیله کشهای کوچک تحت زاویه ٤٥ درجه به یکدیگر وصل شوند اتصالات کاملتر خواهد بود.

چنانچه در قسمتهای میانی پوشش کلاف‌بندی مذکور تکرار گردد، کاملاً طاق با اسکلت خشتی بنا درگیر و پیوند می‌شود. این کلاف‌بندی دقیقاً مانند شناژهای افقی می‌باشد که با اسکلت و یا شناژهای عمودی که همان چوبهای شاخص می‌باشد متصل و درگیر می‌شوند.

استفاده از این شیوه که از قدیم معمول بوده و از این گونه کلاف‌بندی در قسمتهای مختلف جهت اتصالات در گنبد سلطانیه و سایر بناهای قدیمی، در سطح وسیع استفاده شده است.

به علاوه در طاق بسیاری از بازارهای تیرهای چوبی افقی دیده می‌شود که همان کلاف‌کشی وصل به چوبهای شاخص است که به چوبهای عمودی در دل ستونها متصل می‌باشد و فقط کلاف افقی آن دیده می‌شود که حالت ضد زلزله را ایجاد می‌کند. قابل ذکر است که اگر در ارتفاع هر یک متر تا ۱/۵ متر بتوانیم یک کلاف‌کشی افقی در دیوار با اتصال آنها در گوشه‌ها اجرا کنیم، یک شناژ افقی در سطح چهار دیواری فضا به وجود آورده‌ایم.

به طور کلی با روش کلاف‌کشی می‌توان اسکلت بنا، قوسهای باربر درگاهیها و در بندها و همچنین پوشش سقفهای گنبدی و طاقهای گهواره‌ای را نیز در تمام جوانب به یکدیگر کلاف کرده و بنای خشتی را در مقابل حرکات زمین و زلزله مقاوم کرد.

موارد مذکور در پاره‌ای از بناهای خشتی به درستی اجرا شده است. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۸۲-۸۵)

دیوار پشت واره در مقابل حرکات زلزله

در بناهای خشتی و همچنین گلی، ساختن دیواره پشت‌بند و یا پشت‌واره امریست معمول که اجرای آن به صورت قائم و یا مورب انجام می‌گردد. ساختن دیواره‌های پشتواره همراه با رج‌چینی به صورت رج به رج انجام می‌شود تا پیوند و اصلاحاً «قفل و بست» در اسکلت بنا به وجود آید. این سرپایه‌ها بیشتر در محل تقاطع دیوار ساخته شده و معمولاً تقاطع و ارتباط آنها به شکل بعلاوه(+) می‌باشد، چنانچه پشتواره‌ها بدین شکل ساخته شوند بنا را از هر طرف مقاوم ساخته و در دیواره‌های پیش‌آمده متقاطع سبب افزایش مقاومت در مقابل نیروی رانش و زلزله خواهد شد. بطوریکه مشخص است ساختن پشتواره برای اسکلت‌های منفرد به کار می‌رود. چنانچه از کلاف‌بندی تیرها به صورت عبور کننده به شکل نیم آنیم در پشتواره‌ها استفاده شود مقاومت بنا در مقابل زلزله اضافه می‌گردد.

توجه: اگر شکل بنا طوری باشد که فضاها به یکدیگر تکیه داشته باشند مجموعه فضاها همراه با دیوارهای ضخیم نیز در مقابل زلزله مقاومت بیشتری خواهند داشت. از این‌رو در بناهای خشتی و گلین حواشی کویر اجرای طاق‌های تویزه در بین دو دیوار کوچه‌ها و گذرگاهها امریست بسیار اصولی که دیواره‌های خارجی حتی عبورگاههای اجتماعی را به یکدیگر کلاف کامل کرده تا مجموعه بناها در مقابل بروز زلزله مقاوم باشد.

همچنین به علت بلند بودن دیوارها، پوششهای تویزه باعث تقلیل نیروی فشاری و کوتاه کردن ارتفاع بنا از نظر ایستائی دیوارها می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۸۵-۸۷)

رعایت اصول ضد زلزله در بناهای گنبدی خشتی

به طوری که اشاره شد، بناهای خشتی گنبدی به دلیل نوع مصالح دارای مقاومت نبوده و در اثر حرکات زمین لرزه دیوارها مورد واکنش واقع شده، از اطراف باز می‌شود و طاق فرو می‌ریزد. از

این جهت مهار کردن پشت دیوارها به شکل پشتبند الزامی است. وجود پشت‌بندهای حایل در محل تقاطع خارجی دیوارها و همچنین در محل تقاطع دیوارهی داخلی از سمت خارج بنا مقابله کننده با حرکات زمین‌لرزه می‌باشد.. ابعاد پشت‌بندهای حایل هر چه طویل‌تر باشد مقاومت بنا را در مقابل زلزله اضافه می‌کند.

بنائی و ساخت پشتبندهای حایل بایستی با ساختن اسکلت بنا همراه بوده و به صورت رج به رج و با رعایت پیوند باشد. چنانچه پشتبند حایل بعد از اتمام بنا ساخته شود در اثر خشک‌شدن دو دیواره و براثر انقباض ترک برداشته و جدایی بین حایل و بنا به وجود می‌آید که اجرای کار بی‌نتیجه می‌باشد.

اجرای بناهای خشتی: بناهای خشتی به دو روش قابل اجرا می‌باشد:

الف: بناهایی که از زمانهای بسیار دور و از عهد اشکانیان تا دوران معاصر به شکل طاق پوش در فرمهای گوناگون بسیار معمول بوده، به تکامل رسیده و امروزه نیز مورد استفاده می‌باشد.

ب: بناهای خشتی تیرپوش که ذیلاً اجرای اصولی هر دو روش را بررسی می‌کنیم.

بناهای طاقپوش خشتی: ویژگی بناهای خشتی طاق‌پوش فقط در وضع پوشش قوسها و طاق‌گنبدی آن می‌باشد. بدیهی است که فشار حاصله از پوشش سقف بر ناحیه پا کار فوق‌العاده می‌باشد. علاوه بر نیروی فشار مذکور، نیروی دیگری که از رانش طاق حاصل می‌شود وجود دارد. قابل توجه بوده که برای خنثی سازی آن باشد دقت کافی مبذول داشت. با قطور ساختن دیوار زیر طاق می‌توان عکس‌العملی در مقابل رانش پوشش به وجود آورد.

به طوری که مشخص است زمانی که دیوار زیر طاق قطور انتخاب گردد اسکلت لما دارای مقاومت کافی خواهد بود. در مجموع نیروهای وارده از پوشش طاق به قوسها و از آنجا به دیوار و سپس به سطح زمین منتقل می‌شود. بنا به محاسبه ضخامت طاق، پوشش و دیوارهای زیر آن و ابعاد پی و

فنداسیون با توجه به مقاومت خاک تعیین شده پی‌سازی آغاز می‌گردد.(بدیهی است معماران و سازندگان بناها کاربرد محاسبه را فقط از راه تجربه بدست آورده و عمل می‌کرده‌اند.)

پی‌کنی به وسیله کندن خاک و رسیدن تا سطح «دژ» و اصلاحاً «زِد» انجام می‌شود. برای زمینهای خشک و غیرنمناک و اقلیمهای گرم از شفته استفاده می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۸۷-۸۸)

تله‌بست در بناهای آجری

در دوران معاصر برای ساختن طبقات اضافی و بناهای دو یا سه طبقه و در مواردی جهت استفاده یک طبقه اضافی بر اسکلت«خشتی» و یا ترکیب«خشت و آجر» از اسکلت‌بندیهای چوبی استفاده شده و این شیوه امروزه نیز در بسیاری از منطاق کاربرد دارد. اسکلت چوبی که در بسیاری از نقاط ایران به نام تله‌بست معروف است از ریشه لغوی تله«موش‌گیری» که فنر در حرکت سریع جانور را سخت درگیر و گرفتار می‌سازد، گرفته شده است. مسلماً بازکردن فنر و رهاسازی آن، کاری دشوار است به همین سبب برای مقاوم شدن اتصالات ساده از چند قطعه سیم نازک و فنر استفاده می‌کنند. از این‌رو معماران و سازندگانهٔ نام«تله‌بست» را برای این شیوه برگزیده‌اند.

شکل و کاربرد تله‌بست چوبی مانند اسکلت فلزی بوده و به طور کلی در همان مایه و اساس می‌باشد، ولی نوع مصالح و تحمل فشاری و کششی دو عنصر چوب و فلز با یکدیگر تفاوت فراوان دارند.

اجرای تله‌بست: چنانچه در نظر باشد طبقه دیگری برروی طبقه دوم بنای آجری و یا برروی طبقه اول خشتی که دارای زیرزمین نیز می‌باشد ساخته شود به شرح زیر عمل می‌شود. به شیوه‌ای که در بخشهای پیش اشاره شد، در گوشه‌های دیوار و در قسمتهای میانی طبقه زیرین، چوب مشته کار گذارده شده و کشهای زیر سری به چوب مشته میخ می‌گردد.

تله‌بست دارای شمع «ستون»است که شمعها در محلهای مشخص برروی کش قرار می‌گیرد. در حالت شاقولی از دو طرف وسیله میخ بلند ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتری بکش (پل) میخ می‌گردد. برای اتصال بهتر عضو مایل(چپی) تحت زاویه ٤٥ درجه که دو سر آن فارسی شده، در شمع و کش نشست کرده و میخ می‌گردد. در مواردی ممکن است ستون تقریباً کوم برداشته شود و چپی در کوم نشست کرده و میخ گردد.

چنانچه شمع در میان کش واقع گردد، می‌توان چپی را از دو جهت به کش و شمع متص کرد، که حرکت‌پذیری آن از دو طرف مهار می‌شود. درمواردی ممکن است دیوار متقاطعی در محل شمع و کش نیز باشد که در این حالت می‌توان از سه جهت شمع را با چپی متصل کرد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۲۳-۲۲٦)

اجرای کلاف‌بندی اصولی و ضدزلزله در تله‌بست

اجرای کلاف‌کشی افقی که اصطلاحاً «کش» گفته می‌شود، سبب درگیری و کلافبندی کامل تیرهای افقی با تیرهای عمودی شده، محل نشست و اتصال دو جزء ذکر شده به وسیله برداشتن اصطلاحاً نیم آنیم از تیر افقی و همچنین از تیرعمودی می‌شود.

توجه مهم: چنانچه محل نشست تیرهای افقی در تیرهای عمودی و یا نشست تیر عمودی در تیر افقی اصطلاحاً «کوم» خزانه برداشته شود و تیر دوم افقی و یا عمودی در کوم به شکل راستا در خزانه نشست بکند و سپس براتصالات تسمه‌کشی و یا میخ کردن انجام شود، لاغر شدن حالت نیم‌انیم که در حالت قبل در تیرهای ذکر شده به وجود آمده از میان می‌رود.

به طور کلی اجرای کش کشیدن چوبی در شروع کار و سپس استقرار تیرهای عمودی در خزانه تیر افقی و استفاده از تیرهای افقی در ناحیه زیر پنجره و همچنین در سطح نعل درگاه پنجره و یا درب ورودی به شکل پشت تا پشت طول و عرض فضا سبب کلاف‌بندی بسیار اصولی و در واقع اجرای

کامل ضدزلزله در اسکلت تله‌بست ساختمان آجری و یا خشتی و حتی ساختمانهای چوبی سنتی می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۲٦ تا ۲۲۷)

شمع‌بندی تله‌بست

به طور کلی شمعهای تله‌بست دو عمل را انجام می‌دهد.

الف: باربری نیروهای فشاری از وزن سقف و همچنین بارهای پیش‌بینی نشده آن با توجه به این که مقدار اصلی نیروهای مذکور را اسکلت آجری و یا خشتی در قسمت زیرین تحمل می‌کند.

ب- تعادل کلاف‌بندی اصلی « تله‌بست» به وسیله شمعها می‌باشد. در واقع شمعها خالت شناژ عمودی را داشته که از ناحیه پایین بکش زیرین وصل شده و از ناحیه بالا بکش بالایی که در مجموعه کش بالایی کار شناژ فوقانی را انجام می‌دهد متصل می‌گردد.

با توجه به عضوهای دیگر تله‌بست حالت ضد زلزله را در طبقه بالایی بناهای آجری و یا خشتی ایفا می‌کند. معمولاً پس از استقرار شمعها برروی کشهای زیرین کشهای بالایی نیز برروی شمعها نشست کرده و از ناحیه سر، میخ بلند باعث اتصال از کش به سرشمع می گردد. سپس با میخ اسکوپ دو عضو مذکور نیز از دو جهت اتصالات کافی را انجام می‌دهد. ضمناً بین شمع و کش از دو جهت دستک کوبیده می‌شود و بدین ترتیب اتصالات کاملی به وجود می‌اید. علاوه بر شمعها در تقاطع دیوار شمعهای میانی در فاصله‌های معینی بخصوص در نبش در بندها نیز بین کش زیرین و بالایی نصب می‌گردد.(نبش دربندها جهت میخ کردن چهارچوب به شمع می‌باشد.)

وابند تقسیم کننده: پوشش و ضخامت دیوار در تله‌بستها متغیر بوده، از یک نیمه بصورت پاتوپا تا ۱/۵ آجر چیده می‌شود که در ضخامت ۱/۵ آجر اسکلت تله‌بست چوبی در دل، سفت‌کاری واقع می‌گردد. به طوری که در دیوارهای یک خشته و بخصوص یک نیمه ایستائی دیوار آن هم با ملات

خاکی غیرممکن می‌باشد. از اینرو وسیله وابندهای تخت، تقسیم‌کننده ارتفاع بین دو شمع به سه قسمت تقسیم می‌شود درج در زیر وابند با ملات‌گچ قفل می‌گردد.

وادار عمودی: چنانچه فاصله دو ستون باربر زیاد باشد از ستون فرعی به نام وادار جهت نگهداری دیوار یک نیمه و یا جهت اتکاء و اتصال چهارچوب و تقسیم کننده استفاده می‌شود. وابند افقی و تخت در بین شمع و ستون مذکور نیز به کار می‌رود تا کلاف‌بندی را تقویت کند. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۲۹تا۲۳۰)

چپ و راست‌بندی در تله‌بست

به طوری که گفته شد تله‌بست مجموعاً از کشهای زیرین و استقرار شمعها برروی کشهای مذکور و اتصالات وسیله میخهای بلند و یا میخ اسکوپ و چپی‌ها که تحت زاویه ٤٥ درجه بین شمع و کش کوبیده می‌شود، سبب می‌گردد. به علاوه استقرار کش بالایی بر سرشمعها و اتصالات وسیله میخ و دستک‌ها از چهار جهت در اسکلت به وجود می‌آید. همچنین شمعها و کشهای میانی نیز تشکیل دهنده عضوهای اسکلت تله‌بست را به وجود می‌آورند.

توجه: عدم چپ و راست در تله‌بست، در اثر کمترین حرکت، اسکلت چوبی را از محورهای عمودی خود خارج کرده و اسکلت مکعب را در شکل پلام متوازی‌الاضلاع درآورده و باعث تخریب می‌گردد. دقیقاً چپ و راستها می‌باشند که جوانب اسکلت چوبی بخصوص قسمتهای میانی را نیز کاملاً درگیر ساخته و تله‌بست را در مقابل حرکات زمین حتی زلزله‌های معمولی مقاوم می‌سازد.

به طور کلی می‌توان گفت چپ و راستها همان بادبندهایی می‌باشد که قابهای اسکلت فلزی به صورت ضربدر با ذوزنقه‌ای درگیر یکدیگر شده و گره‌های اسکلت فلزی طویل را در مقابل زلزله مقاوم می‌دارد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۳۰تا۲۳۱)

تیرریزی بر پلهای تله‌بست

جهت تیرریزی از تیرهای مقاوم یکدست و یکنواخت که تقریباً سر و ته آنها در یک قطر بانشد جهت پوشش سقف استفاده می‌گردد. فاصله تیرهای باربر از یکدیگر تقریباً ۵۰ سانتیمتر بوده که در ناحیه بالا و محل نشست پروازها ابتدا کف برداشته شده و اولین تیر از گوشه دیوار که تکیه‌گاه کناری می‌باشد برروی دودکش جلو و عقب مستقر می‌گردد و میخ می‌شود. تیرهای بعدی به ترتیب سر و ته با رعایت اکس تا اکس و فاصله مشخص برکشها میخ شده و آماده مراحل بعدی می‌شود. معمولاً پس از دیوار چینی در کلاف‌بندی تله‌بست و تخت شدن دیوارها با رعایت دست‌انداز انتهایی جهت پوشش کشهای بالایی مراحل پروازریزی و یا ثقف‌گذاری- که بحث آن قبلاً گفته شد- و اجرای گل‌ریزی تا انجام کاهگل‌کشی دنبال می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۳۰ تا ۲۳٤)

فصل سوم

۳-۱. رفتار سازه ای سقف های تیر پوش

انتقال نیرو در دو جهت:

عناصر سازه ای که تا کنون مورد مطالعه قرار گرفته اند دارای وجه اشتراک نیرو در یک جهت می باشند. انتقال نیروی مؤثر بر کابل یا تیر در طول کابل یا محور تیر صورت می گیرد. یک قوس، یک قاب و یک تیر سراسری نیز دارای همان ویژگی توزیع و انتقال نیروها در یک جهت می باشند. این سازه ها را سازه های مقاوم یک بعدی می نامند، زیرا می توانند بوسیله یک خط مستقیم یا منحنی که در آن امتداد تنشها بارها را انتقال می دهند، مشخص شوند. (این خطوط، اجزای یک بعدی هستند زیرا فقط یک عدد مثلاً فاصله نقطه از انتهای یک خط کافی است که وضع آن نقطه را روی خط مشخص کند).

ممکن است از عناصر مقاوم یک بعدی برای پوشاندن یک سطح مستطیل شکل استفاده کرد، اما چنین ترکیبی معمولاً غیر عملی و با بازده پایین است. برای مثال، برای پوشش سطح مستطیلی می توان از یک سری تیر که همه آنها با یکدیگر و با یکی از اضلاع سطح موازیند، استفاده کرد. اما اگر بار متمرکزی بر روی چنین سیستمی وارد شود فقطبوسیله تیری که زیر این نیرو قرار دارد تحمل می شود، در حالی که تیرهای دیگر بدون تنش هستند،

این سیستم غیر عملی است زیرا فقط یک تیر خم می شود، در حالی که بقیه تیرها در حالت افقی باقی می مانند. به علاوه این روش دارای بازده پایین است زیرا همه تیرها نمی توانند بطور یکپارچه در انتقال نیرو عمل کنند. بار ئارده همیشه در جهت تیرها انتقال می یابد و بارها توسط دو دیواری که در انتهای تیرها قرار دارند تحمل می شوند، در حالی که بر دیوارهای موازی با تیرها هیچ باری وارد نمی شود. ممکن است این راه حل برای مواردی که دیوارهای غیر باربر برای مقاصد

عملکردی لازم هستند مناسب باشد، ولی بازده آن هنگامی که هر چهار دیوار محصور کننده فضا قادر به تحمل بار سقف باشند، پایین است.

این موارد نشان می دهد، هنگامی که امکان انتقال بار در دو جهت داشته باشیم، سازه می تواند مؤثرتر واقع گردد. توزیع و انتقال بار در چنین شرایطی بوسیله شبکه ها، صفحه های مسطح یعنی سازه های مقاوم دو بعدی که در یک سطح هموار کار کنند، میسر می باشد. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱۷۵ و ۱۷٦)

شبکه های مستطیل شکل (موازی):

اگر دو تیر با مقاومت یکسان و تکیه گاه ساده که با زاویه قائمه نسبت به یکدیگر روی هم قرار دارند را در محل تقاطع به هم متصل کنیم و در آن نقطه بار متمرکزی را وارد نماییم، هر دو تیر بطور مشترک بار را به تکیه گاههای انتهایی تیرها منتقل می کنند و به این ترتیب بار بطور دو طرفه منتقل می شود.

این مکانیزم مستلزم این است که بار روی تیر بالایی قرار گرفته و باعث خمیدگی آن شود و تیر زیرین در اثر رفتار تیر فوقانی خم شده و تحمل بار توسط دو تیر صورت گیرد. از آنجایی که تیر بالایی به تیر پایینی تکیه دارد، دو تیر باید تغییر شکل مشابهی داشته باشند. و از آنجا که تیرها مشابه یکدیگرند، تغییر شکلهای برابر باید ناشی از بارهای برابر باشند، از این رو هر تیر باید نیمی از بار را تحمل کند . در نتیجه هر تکیه گاه یک چهارم بار ار تحمل می کند. انتقال بار دوطرفه بار روی تکیه گاهها را به نصف مقداری که در حالت انتقال یک طرفه به تکیه گاهها وارد می شد، کاهش می دهد.

دو تیر عمود برهم حتی با طولها یا سطح مقطعهای متفاوت باید در نقطه تقاطعشان به یک اندازه تغییر شکل دهند. با این حال برای اینکه تغییر شکل یک تیر سخت برابر با تیر انعطاف پذیرتر

مشابه خود باشد، باید بار بزرگتری بر آن وارد شود. از این رو تیرهای سخت تر نسبت به تیرهای انعطاف پذیر سهم بیشتری از بار را تحمل می :نند و بارهای وارد بر دو تیر نمی توانند مساوی باشند. سختی یک تیر اثر بار متمرکز با مکعب طول آن نسبت عکس دارد. بنابراین اگر دو تیر با سطح مقطع یکسان دارای دهانه های با نسبت یک به دو باشند نسبت سختی آنها ۸ به ۱ خواهد بود. در نتیجه تیر کوتاه $\frac{8}{9}$ بار و تیر بلند $\frac{1}{9}$ بار را حمل خواهد کرد.

این مثال نشان می دهد فقط در صورتی که دو تیر از نظر سختی کاملاً یا تقریباً مساوی باشند، انتقال دو طرفه صورت می گیرد. به محض اینکه یک تیر نسبت به تیر دیگر بسیار سخت تر باشد، تیر سخت تر مقدار بیشتر بار را حمل خواهد نمود و انتقال بار اساساً در جهت آن تیر خواهد بود. برای برقرار کردن یک انتقال دو طرفه مؤثر در دهانه های نامساوی یا باید تیر بلندتر را با سطح مقطعی سخت تر انتخاب کرد که این سختی بیشتر نیز در اثر همان اینرسی بالاتر بوجود می آید، و یا باید شرایط تکیه گاهی سخت تری، برای تیر بلندتر ایجاد نمود. برای مثال اگر نسبت طول دو تیر مشابه یک به ۱/۵۹ باشد. نیبت تغییر شکل مقطع وسط دهانه آنها تحت بار یکسان به نسبت $(۱/۵۹)^۳$ به ا یا به ٤ به ۱ است. اما اگر تیر بلندتر با تکیه گاه گیردار باشد، تغییر شکل آن ٤ برابر کمتر می شود. از آنجایی که تغییر شکلهای دو تیر اکنون برابر هستند، تیر کوتاهتر با تکیه گاه ساده و تیر بلندتر با تکیه گاه گیره دار که در وسط دهانه به هم متصل شده اند، بار متمرکزی که بر محل تقاطع وارد می شود را بطور مساوی تحمل می کنند.

می توان با استفاده از تیر سراسری عمود بر چند تیر که هر کدام تحت اثر باری هستند، اشتراک تحمل بار متمرکز بین دو تیر را در بین تعداد بیشتری از تیرها توسعه داد. مجدداً نقاط تقاطع باید به مقدار مساوی تغییر شکل بیابند. در ترتیب تیرهای تیر بلندتر در نقاط $\frac{1}{4}$ طول خود تغییر شکل

کمتری نسبت به وسط دهانه دارد، از این رو اگر تیر بلندتر بر ۳ تیر کوتاه عرضی که دارای سختی یکسان می باشند قرار گیرد، تیر وسط نسبت به تیرهای کناری تغییر شکل بیشتری داده و سهم بیشتری از بار را تحمل می کند. برای تیرهای با سطح مقطع مساوی در حالتی که طول تیرهای کوتاهتر نصف طول تیر بلند باشد، بارهای وارد بر تکیه گاهها مطابق شکل خواهد بود.

بدیهی است توزیع بیشتر در دهانه کوتاهتر و سخت تر صورت می گیرد. اضلاعِ بزرگترِ سطح ۹٤ درصد از مجموع بار را تحمل می کنند. با یک تیر بلند که ۸ بار سخت تر از تیر مذکور می باشد، اضلاع بزرگ هنوز حدود ٦٥ درصد مجموع بار را تحمل می نمایند. بارها تمایل دارند در امتداد کوتاهترین مسیر ممکن به طرف تکیه گاه حرکت کنند و عمل دو طرفه به محض اینکه نسبت اضلاع مستطیل بیشتر از ۱/۵ شود، از بین می رود.

در نهایت می توان یک سطح مستطیل شکل را با یک شبکه تیر که در زوایای قائمه همدیگر را قطع می کنند پوشاند و بدین ترتیب توزیع دو طرفه بار در هر نقطه تقاطع از شبکه بوجود می آید، اگر همه تیرهای شبکه که در یک جهت قرار دارند، بر روی تیرهای دیگر شبکه، بدون آنکه به آنها متصل باشند، تکیه کنند، هر یک از تیرهای بالایی همچون یک تیر سرتاسری عمل می کند که روی تکیه گاههای انعطاف پذیر متشکل از تیرهای زیرین قرار دارد. در این شبکه باری که بر نقطه ای جز مرکز سطح وارد می شود می تواند تغییر شکل رو به بالا در تیر بالایی ایجاد کند و آن را از روی تکیه گاه خود بلند نماید.

یک اثر متقابل بهتر با بافته شدن تیرها در هم بوجود می آید. در نتیجه موقعیت قرارگیری هر تیر در نقاط تقاطع متوالی عوض می شود.

در این حالت سیستم شبکه قادر به ایجاد تکیه گاه برای تیرها هم از پایین و هم از بالاست: یک تیر به طرف بالا حرکت می کند بوسیله تیر عمود بر آن که بالای آن قرار دارد بطرف پایین فشار داده

می شود. در حالی که تیری که به طرف پایین حرکت می کند بوسیله تیر زیر آن به بالا رانده می شود. در عمل می توان این رفتار را با جوش دادن یا پیچ کردن و پرچ کردن اتصالات بین تیرهای شبکه فولادی بدست آورد، این حالت بطور طبیعی در شبکه های بتن مسلح به علت ساخت یکپارچه و پیوسته آنها حاصل می شود.

جایگزین خرپاها بجای تیرها، شبکه ها را قابهای فضایی مستطیل شکل تبدیل می کند که دارای همان رفتار دوطرفه می باشند.

اتصالات صلب بین تیرهای دو سیستم رفتار سازه ای دیگری را در شبکه ها ارائه می دهد. وقتی دو تیر که در وسط دهانه به هم متصلند تحت اثر یک بار متمرکز در نقطه تقاطعشان قرار گیرند، مقاطع وسط دهانه آنها به طرف پایین حرکت می کنند اما به علت تقارن همچنان عمودی باقی می مانند وقتی محل تقاطع دو تیر در وسط دهانه نباشد مقاطع تیر منحرف شده و محور آن حول خود می چرخد .

پیوستگی حاصل اتصالات صلب، تغییر شکل خمشی یک تیر را به تغییر شکل دورانی (پیچشی) تیر دیگر تبدیل می کند. اساساً صلبیت شبکه هنگامی که تیرها دارای اتصالات صلی هستند، بیشتر از زمانی است که بصورت ساده به هم تکیه دارند، این نشان می دهد که مکانیزم پیچش قادر است قسمتی از بار را به تکیه گاهها انتقال دهد، بنابراین جابجاییهای کوچکتری در شبکه ایجاد می شود. با استفاده از یک نمونه شبک بندی که در آن تیرها بصورت درهم بافته قرار دارند، می توان نشان داد که اتصالات نسبتاً صلب باعث ایجاد مقداری پیچش در تیرها می شوند، و شبکه های درهم بافته سخت تر از شبکه های معمولی (که تیرها به هم بافته نشده اند) هستند.

سیستم های شبکه ای در انتقال بارهای متمرکز از کارآیی ویژه ای برخوردار می باشند و کل سازه در عمل تحمل بار شرکت می کند. این خاصیت نه فقط در توزیع بهتر بارها به تکیه گاهها مؤثر

است بلکه در کم کردن نسبت ضخامت (ارتفاع مقطع تیر) به دهانه شبکه های مستطیل شکل نیز نقش مؤثری دارد. در سیستم های معمولی که تیرهای موازی بکار می روند نسبت ضخامت به دهانه حدود $\frac{1}{10}$ تا $\frac{1}{20}$ می باشد. این نسبت با نوع مصالحی تیر تغییر می :ند. ممکن است ضخامت تیرهای بتن مسلح بیشتر است و تیرهای چوبی بازهم ضخیمتر هستند اما برای مناسب بودن تیرها هم از نظر مقاومت و هم از نظر تغییر شکلهای تیرها، نسبت ضخامت به دهانه نمی تواند کمتر از $\frac{1}{20}$ باشد. سیستم های شبکه ای مستطیل شکل که اضلاعشان تقریباً برابر هستند، ممکن است با نسبت ضخامت به دهانه خیلی کم، در حدود $\frac{1}{30}$ تا $\frac{1}{40}$ طراحی شوند. وقتی تعداد طبقات ساختمان زیاد باشد، این کاهش ضخامت، با کم کردن ارتفاع کلی ساختمان تاثیر زیادی بر کاهش مخارج سازه ای و سایر هزینه های ساختمان دارد. علی رغم خصوصیات جالب شبکه ها، باید بخاطر داشت که در عمل غالباً سیستم تیرهای یک طرفه از نظر اقتصادی نسبت به سستم شبکه های دو طرفه مقرون به صرفه تر می باشند زیرا مخارج اجرای اتصالات در شبکه های دو طرفه زیاد است. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱۷٦ تا ۱۸۲)

شبکه های مورب:

راه حل دیگر برای کاهش ضخامت کفها و هزینه های کلی ساختمان استفاده از شبکه های مورب می باشد که در آن تیرها بر هم عمود نیستند . در نتیجه امتیازات حاصل از این کار دو برابر خواهد بود.

در حالی که یک ضلع مستطیل بسیار بزرگتر از ضلع دیگر باشد، بیشتر دهانه های تیرهای شبکه مورب برابر خواهند بود و در نتیجه فقدان رفتار دو طرفه تا حدود زیادی جبران می شود. از طرف دیگر تیرهای قطری نزدیک به رئوس مستطیل کوتاهتر و در نتیجه سخت تر از سایر تیرها بوده،

تکیه گاه قویتری برای تیرهایی که با آنها تقاطع دارند، خواهند بود. برای بارهای متمرکز در اطراف مرکز صفحه، و حتی برای بارهای یکنواخت، این تکیه گاههای سخت حالت انحنای معکوس به تیرهای بزرگتر می دهند، در نتیجه این تیرها که در واقع دارای تکیه گاه ساده هستند مانند تیرهای گیردار عمل می کنند. از آنجا که ظرفیت تحمل بار یک تیر گیردار ۱۲۰ درصد بیشتر از تیر مشابه خود با تکیه گاه ساده است، شبکه های مورب از توان سازه ای بیشتری برخوردار می باشند. نسبت ضخامت به دهانه آنها می تواند حتی به $\frac{1}{40}$ تا $\frac{1}{60}$ کاهش یابد. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱۸۲ و ۱۸۳)

مرتفع بودن بناهای خشتی چوب پوش

معمولاً بناهای طاق‌پوش خشتی در یک و یا دو طبقه می‌باشد در صورتی که با استفاده از چوب در بناهای خشتی می‌توان این‌گونه ساختمانها را بین دو و در مواردی با توجه به اصول کار تا سه طبقه ساختمان کرد. قابل توجه این که این بناها اکثراً دارای زیرزمین، سرداب و حوضخانه نیز می‌باشند.

به طور کلی این بناها را می‌توان نزدیک به نوع بناهای آجری دانست در این بناها کاربرد «طاق و تویزه» نیز از اهمیت خاص برخودار می‌باشد.

کاربرد گچ در بناهای خشتی چوب‌پوش بسیار معمول بوده در صورتی که در بنای خشتی طاق‌پوش فقط ملات‌گل مورد توجه می‌باشد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۵۵-۱۵۷)

طرح در بناهای خشتی چوب‌پوش و طاق پوش

الف- طرح ساده ایوان‌دار: فضاها در این گونه طرح در یک ردیف می‌باشد. اطاقها جدا از یکدیگر با واشو در و پنجره از طرف حیاط، آشپزخانه و در راستای اطاقها و منبع و چاه آب در کنار آن

مطرح است و در جلوی ساختمان وجود حیاط شامل حوض و باغچه‌ها و خیابان کشی مورد نظر می‌باشد.

این‌گونه طرح جهت اقلیمهای معتدل و یا در اقلیمهای گرم و کویری مورد نظر خانواده‌های کم درآمد می‌باشد و به نام طرح سه قسمتی معروف است.

ب- طرح چهار صفه: در این طرح هال وسیع در وسط فضاها واقع شده و اطاقها معمولاً در چهار گوشه آن واقع می‌گردد و بنام اطاقهای گوشواره‌ای معروف می‌باشند. اطاقهای گوشواره به صورت مربع نیز طراحی می‌شود. در مجموع بنا یا از یک جهت و یا از دو طرف متصل به حیاط می‌باشد یعنی ساختمان در وسط دو حیاط واقع می‌گردد.

ج: طرح حوضخانه‌ای: این طرح می‌تواند کاملتر از دو نوع کر شده باشد. فضاها در این طرح بمراتب بیشتر از نوع چهار صفه می‌باشد. معمولاً در وسط مجموعه طرح اطاق وسیعی به نام پنج‌دری پیش‌بینی می‌شود. در طرح از دو جهت محل و فضای بادگیر مرتفع پیش‌بینی می‌شود که کانال بادگیر باد خنک و نسیم را به داخل پنج‌دری می‌رساند.

در زیر فضای پنج‌دری سرداب ساخته می‌شود.

د: طرح‌های تابستان نشین و زمستان‌نشین:

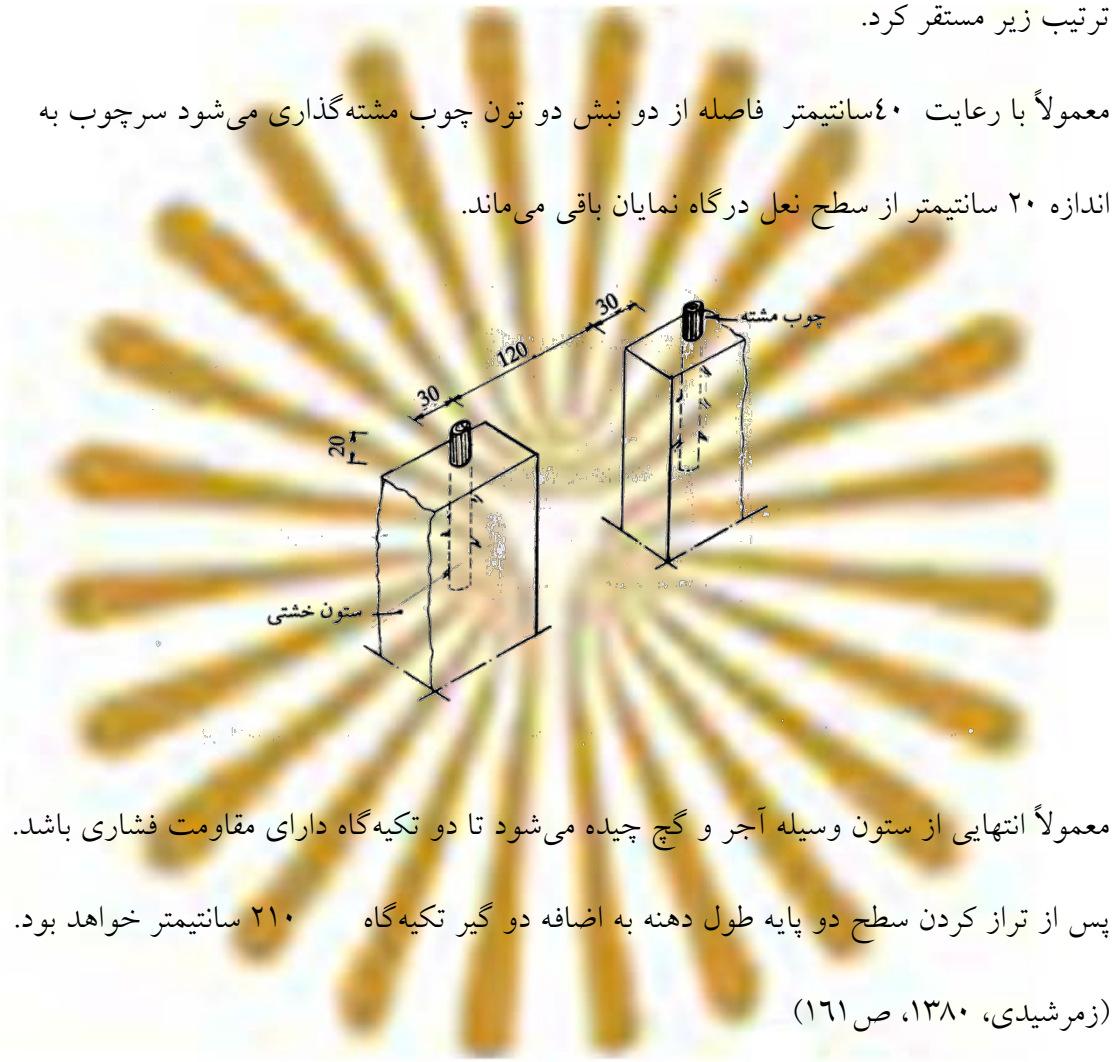
معمولاً در این طرحها حیاط وسط و سه طرف آن ساختمان می‌باشد. شکل بناها و طراجی طوری می‌باشد که این گونه مجموعه‌ها دارای بخش تابستان‌نشین شامل فضاهایی با هواکش و بادگیرهای بزرگ بوده و دارای ایوان تابستان خواب نیز می‌باشد. این قسمت طوری ساخته می‌شود که در تابستان دقیقاً پشت به آفتاب بوده و اثر تابش خورشید بر دیوارهای خشتی قطور بی‌نتیجه می‌باشد. بخش زمستان‌نشین در زمستان دارای آفتاب کافی بوده که اطاق به مراتب گرمتر از ضلع

تابستان‌نشین می‌شود. معمولاً این قسمت فاقد هواکش از سقف می‌باشد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۵۷-۱۶۰)

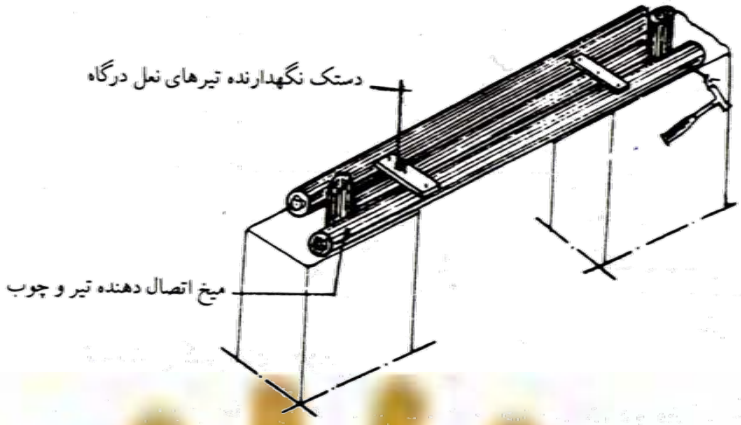
اصول ضد زلزله در بناهای خشتی تیرپوش

نعل درگاه پنجره‌ها و درها را می‌توان از چوبهای گرد و مقاوم با طول تکیه‌گاه و گیر کافی به ترتیب زیر مستقر کرد.

معمولاً با رعایت ۴۰سانتیمتر فاصله از دو نبش دو تون چوب مشته‌گذاری می‌شود سرچوب به اندازه ۲۰ سانتیمتر از سطح نعل درگاه نمایان باقی می‌ماند.



معمولاً انتهایی از ستون وسیله آجر و گچ چیده می‌شود تا دو تکیه‌گاه دارای مقاومت فشاری باشد. پس از تراز کردن سطح دو پایه طول دهنه به اضافه دو گیر تکیه‌گاه ۲۱۰ سانتیمتر خواهد بود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۶۱)



دورپالونه

چنانچه دست‌اندازی روی تیرهای گرد نعل درگاه مرتفع باشد. از چیدن چند رج به صورت پخ و مدور، دوری به وجود می‌آید که اصطلاحاً پالونه نامیده می‌شود. نیروی دست‌انداز برپالونه وارد می‌شود که نتیجه آن منعکس شدن مقدار زیادی از نیروهای باربر، برستونها خواهد بود و تیرهای نعل درگاه فقط مقدار زیادی از نیروهای باربر، برستونها خواهد بود و تیرهای نعل درگاه فقط مقداری از وزن پالونه را تحمل کرده و نیروی اضافی را ستونها متحمل می‌شوند.

۳-۲. رفتار سازه ای سقف های شیبدار

پوشش سقف در بناهای چوبی سنتی به دو صورت شیبدار و تخت انجام می‌شود که به ذکر آن می‌پردازیم.

گالی پوش: در اصطلاح محلی به این پوشش گالی‌پوش خانه گفته می‌شود زیرا هم از نظر اجرا ساده می‌باشد و هم از جهت هزینه مناسب ساختمانهای چوبی روستائی بوده که به طرق مختلف ساخته شده و مورد استفاده می‌باشد.

به طور کلی کلاف‌بندی اسکلت چوبی به شکل خرپا انجام می‌گردد که نیرو از پوشش بر اجزای خرپا و سپس بر دیوارها وارد می‌شود.

معمولاً در گالی‌پوش جهت اسکلت‌بندی خرپا و جزئیات آن از تیرهای گرد استفاده می‌شود که قطر چوب نسبت به ابعاد فضاهای طویل، قطورتر و در اطاقهای تکی و انبار و آغلها کمتر می‌باشد.

به طور کلی در خرپاسازی بیشتر از تیرهای یکنواخت به قطر ۱۵ سانتیمتر استفاده می‌شود.

پیش‌آمدگی پوشش جهت پیشگیری از ریزش آب باران برسطوح دیوارها الزامی می‌باشد که در طول آن در عضوهای مورب که اصطلاحاً «سره‌چو» نامیده می‌شود، رعایت می‌گردد.

معمولاً در اطاق تکی «سره‌چوها»به یک نقطه که اصطلاحاً «ستیغ» نامیده می‌شود ختم می‌گردد. اما در فضاهای بزرگ، طول‌کش انتهایی $\frac{2}{3}$ تا $\frac{1}{2}$ طول بزرگ فا می‌باشد و عضوهای مایل بدان ختم می‌گردد و در نتیجه شیب‌پوشش به وجود می‌آید. البته شیب پوشش به ارتفاع آن نیز بستگی کامل دارد که در این پوششها ارتفاع بلند و شیب با زاویه‌ای اصطلاحاً «تند» انجام می‌شود.

نحوه اجرای اسکلت پوشش: ۱- پس از اتمام دیوارکشی کلاف‌انتهایی به نام نعل‌کشی یا «نال» و یا «اکن» که اصطلاح محلی می‌باشد انجام می‌گردد. اکن کلافی است در چهارطرف اسکلت و در زیر پوشش. در اکثر موارد تیرهای مورب با رعایت پیش‌آمدگی برروی نعل‌کشی نصب می‌شود. اما در

برخی مواقع بیشتر برروی نعل‌کشی تیرهای عمودی کوتاه نصب می‌گردد و روی تیرهای مذکور مجدداً نعل‌کشی شده و عضوهای مورب برآنها نصب می‌گردد. از فضاهای بین دو نعل جهت تیر پوشش داخلی سقف استفاده می‌شود.

۲- محل نشست تیرهای مورب‌بکش انتهائی به شکل پخ بوده و به وسیله میخ یکدیگر متصل می‌شود و اسکلت به شکل خرپا شکل می‌گیرد.

۳- پس از به وجود آمدن کلاف‌بندی به فاصله تقریبی ۵۰ سانتیمتر تیرهای مورب‌بکش زیرین و کش انتهائی وصل می‌شود تا کلاف‌بندی خرپا به وجود آید.

٤- از شاخه‌های یکنواخت درختان که اصطلاحاً «ترکه» نیز گفته می‌شود مشبکهای شطرنجی به فاصله ٤۰ تا ۵۰ سانتیمتر به تیرهای مورب متصل می‌شود و سطوح آماده پوشش می‌گردد.

توجه: در اکثر مواقع عمل شطرنج‌بندی به وسیله تیرچه‌ها و شاخه‌ها یکنواخت انجام شده و به وسیله شاخه‌های ملایم درخت به یکدیگر کلاف و درگیر می‌گردند.

پوشش داخلی: از تیرهای یکنواخت به قطر تقریبی ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر با رعایت طول گیر بر سطح نعل‌کشی نشست کرده و متصل می‌شود و جهت پوشش به دو صورت آماده می‌گردد.

روش الف: سطح تیرهای مذکور سرشاخه‌چینی شده و روی آن با حصیر مفروش می‌شود و روی حصیر کاهگل می‌گردد. در این روش از طنابهای علفی استفاده کرده به شکل قلاب به تیرها وصل شده که به نام «مکرومه» جهت نگهداری مواد غذایی، اشیاء و یا موارد دیگری استفاده می‌شود.

روش ب: پوشش سقف داخلی وجود نداشته و سقف داخلی همان زیرپوششهای کلوش و کلافبندی چوبی می‌باشد.

پوشش خارجی: ۱- از کلوش ساقه‌های برنج که دارای ٦٠ تا ٧٠ سانتیمتر طول باشد و در ناحیه وسط دارای شیاری که قطرات آب باران را به زیر می‌راند استفاده کرده به شکل دسته‌های پهن بسته‌بندی می‌گردد.

۲- دسته‌های کلوش از شروع اسکلت تا ستیغ‌بام با رعایت پوشش(اورلپ) «نشست قسمتی برروی قسمت دیگر» برروی دسته‌های زیر به وسیله «وریس» به ترکه‌ها که اصطلاحاً «بام‌دار» گفته می‌شود بسته شده. عمر این کلوش‌بندی بین ۷ تا ۱۰ سال می‌باشد.

توجه: غیر از کلوش از گیاه مردابی دیگری به نام لیق که دارای ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر طول و عرضی تا ۳ سانتیمتر که در وسط پهنای آن نیز شیاری دارد جهت استفاده در پوشش سقف واقع می‌شود. عمر لیق از کلوش بیشتر می‌باشد و در مواردی تا ۱۰سال می‌رسد.

در نواحی ساحلی از نی‌های مردابی به نام ملچ نیز استفاده می‌شود. بجز ساقه‌های ذکر شده از «لی» نیز که گیاهی مردابی است و دارای قطری ۳ تا ٤ برابر ساقه گندم می‌باشد، جهت پوششها استفاده می‌شود. این گیاه سخت مقاوم بوده و دارای طولی تا ۱/۵ متر می‌باشد. اما به علت فراوانی ساقه‌های برنج بیشتر از آن استفاده می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص٣٣٤تا٣٤٠)

لت‌پوش یا لت‌پوش خانه

در نواحی جنگلی و حواشی آن که دارای چوب فراوان می باشد، برای پوشش سقف الاچیق‌ها و کلبه‌های جنگلی و منازل مسکونی روستائی و انبارها و غیره از تخته‌های مقاوم و نراد و یا از راش و بخصوص از چوب بلوط استفاده می‌شود.

معمولاً پس از قطع درخت، چوب آن را به گردبینه تبدیل کرده که پس از خشک شدن پوست آن گرفته می‌شود و به قطعات ۵۰ تا ۷۰ سانتیمتر بریده شده، سپس با تبر به لایه‌های ۳ تا ٤ سانتیمتری تبدیل می‌شود و سطوح آن نیز با تبر هموار می‌گردد. امروزه این عمل با ماشین به قطر ۲ تا ۲/۵

سانتیمتر و در برخی موارد به شکل سروته باریک برش داده می‌شود و جهت پوشش نهایی سقف و در بعضی موارد بدنه‌های خارجی نیز استفاده می‌شود.

اصولاً کلمه لت از شکل‌گیری قطعات تخته برروی یکدیگر مانند کتاب باز شده، آمده است. این قطعات در ناحیه تارک خطالرأس تخته‌های زیرین را می‌پوشاند. متأسفانه امروزه از این نوع پوشش کمتر استفاده می‌شود.

نحوه اجرای لت پوشش: ۱- به علت محدود بودن ابعاد این بناها، طول خرپا نیز کوتاه می‌باشد که اصول اجرای آن با گالی‌پوش دارای تفاوت مختصر و در مواردی مشترک می‌باشد.

در خرپاسازیهای گالی‌پوش، بیشتر از چوبهای گردبینه جهت کلاف‌بندیها استفاده می‌شود. اما برای پوشش لت می‌توان از نعل برداشتن تیرهای گرد نیز استفاده کرد. اما برای بکنواختی کار بیشتر از چهار تراشهای مقاوم ۱۰×۱۰ سانتیمتری و یا بیشتر جهت باربری تخته‌های لت استفاده می‌شود.

۲- در اسکلت‌بندی لت پوش جهت بوجود آوردن پیش‌آمدگی به شکل کنسول، نعل‌کشی با رعایت اندازه پیش‌آمدگی آن برروی ستونها مستقر شده و میخ می‌شود.

۳- در ناحیه انتهایی پیش‌آمدگی «کش» از چهار تراش به عنوان لب‌بند استفاده می‌شود. این کش افقی سبب درگیری تیرهای مورب خرپا با نعل‌کشی می‌گردد.

٤- نسبت به اندازه تخته‌های لت و اورلپ آنها «ترکه‌کشی» از چهارتراشها ۸×۸ یا ۱۰×۱۰ به فاصله ٤۰ تا ٦٥ سانتیمتر به عضوهای مورب خرپا اتصال و میخ می‌شود.

٥- تخته‌های لت به طول ٥۰ تا ۷٥ و به عرض ۲۰ تا ۲٥ سانتیمتر برروی «ترکه‌ها» از ناحیه پیش‌امده به شکل رج به رج و نشست پوشش «اورلپ» در ردیف اول میخ می‌شود.

٦- رج دوم با رعایت $\frac{1}{2}$ پیوند نسبت به رج زیرین و پوشش «اورلپ» هم از جهت عمودی و هم از جهت افقی به اندازه ۵ تا ۱۰ سانتیمتری طوری میخ می‌شود که میخ از تخته لت زیرین عبور کرده و به ترکه متصل می‌شود.

توجه۱: «پوشش اولپ جهت پیشگیری از نفوذ آب انجام می‌گردد.»

۷- پس از پوشش تخته‌های لت به شکل رج به رج تا ستیغ خرپا در چهارسطح به وسیله تخته در خط‌الرأس و خط شیب دو سطح همجوار و با رعایت اورلپ پوشش می‌شود. میخ از قطعات عبور کرده در تخته‌های زیر نشست می‌کند و به ترکه‌ها نیز متصل می‌شود.

توجه ۲: این پوشش نیز از ناحیه پایین تا ستیغ با رعایت «اورلپ» انجام می‌شود. توجه به پیش‌آمدگی‌کشها به فاصله ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر و در مواردی بیشتر این اصول سبب می‌شود که آب از ناحیه کنسول به زیر ریخته و به زیر سقف کنسول و دیوارهای بنا سرایت نکند، ضمناً شیب تند خرچا سبب هدایت سریع آب باران و برف از سقف می‌گردد.

قابل ذکر است که در قدیم برای نگهداری قطعات لت در مقابل باد از قراردادن قطعات سنگ برروی آنها استفاده شده. مسلماً در این حالت تخته‌ها خمیده شده که هر سال باید برگردانده شود تا خمیدگی آن برطرف گردد.

اما در زمانهای بعد به وسیله آهنگری انواع میخهای اسکوپ و میخهای سروته باریک و نوک تیز در اندازه‌های کوچک و بزرگ جهت اتصالات ساخته می‌شد که در مواردی این نوع میخهای اسکوپ تا امروز نیز مورد استفاده می‌باشد. به طور کلی امروزه از انواع میخ بخصوص میخهای پیچ که یکی از مصالح مؤثر در اجرای ساختمانهای چوبی می‌باشد، بهره کافی گرفته می‌شود.

پوشش سقف داخلی: ۱- از تیرهای مدور که سطح آنها نعل برداشته شده و یا از چهارتراش به فاضله هر ۵۰ سانتیمتر جهت پوشش سقف داخلی استفاده می‌شود.

۲- سطح تیرها با پرواز مفروش می‌شود، سپس روی آن حصیر کشیده و اندود کاهگل می‌گردد.

توجه ۱- در مواردی به جای پرواز از سرشاخه‌گذاری به نام ثقف نیز استفاده می‌شود.

توجه ۲- معمولاً این پوشش قبل از اجرای لت‌پوش انجام می‌گردد.

کف‌سازی: معمولاً بناهای ذکر شده در مکانهای بلند و مرتفع ساخته می شود تا نفوذ رطوبت به ساختمان کمتر باشد، ضمناً در بناهای گالی‌پوش و بخصوص لت‌پوش کف‌بنا از زمین طبیعی حدود یکمتر بلندتر ساخته می‌شود تا خطر نفوذ رطوبت از بین برود.

کف‌سازی به دو صورت کاهگلی و تخته‌پوش انجام می‌گردد.

الف: کف‌سازی ساده: به طوری که قبلاً نیز اشاره شد، به ضخامت ۲۰ سانتیمتر شن‌ریزی می‌شود سپس جهت عایق رطوبتی خاک خشک و خاکه ذغال را با یکدیگر مخلوط کرده روش شن پهن کرده و آن را می‌کوبیم تا متراکم گردد. بعداً به ضخامت ۲/۵ تا ۳ سانتیمتر اندود کاهگل می‌شود.

ب- کف‌سازی چوبی: کف‌سازی چوبی نیز به دو شکل انجام می‌شود.

روش اول: ۱- به ارتفاع لازم روی کرسی چینی و یا ستونهای چوبی با تیرهایی به قطر ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر نعل‌کشی می‌شود. قطور بودن این تیرها از «لم» (الاستیسته) کف‌سازی پیشگیری می‌کند.

۲- از تیرهای گرد به قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر که سطح آنهابه اندازه ۵ سانتیمتر نعل برداشته می‌شود به فاصله ٤٠ تا ۵۰ سانتیمتر در حالت سر و ته به تیرهای نعل‌کش میخ می‌شود.

توجه۱: سر و ته قرار دادن چوبهای گرد جهت تحمل فشاری و اثر نیروی یکنواخت در هر دو سر تیر می‌باشد. ضمناً جهت همسطح شدن تیرها در یک ضخامت از گوه‌گذاری در زیر سرتیرهای

ضعیف و یا نعل برداشتن در سر تیرهای قطور استفاده شده و با ریسمانکشی سطوح آنها یکنواخت می‌گردد.

۳- از سرشاخه‌های یکنواخت و بدون زائده به قطر ۵ سانتیمتر و به فاصله آکس تیرها تهیه می‌شود و به آنها میخ می‌گردد.

٤- جهت یکنواخت بودن کف و پیشگیری از حرکت سرشاخه، روی آنها به قطر ٤ تا ۵ سانتیمتر اندود کاهگل می‌شود.

روش دوم: در این حالت پس از استقرار تیرهای گردبینه برروی نعل‌کشی و همسطح کردن آنها به وسیله نعل برداشتن از تخته‌های ۳ سانتیمتری با عرضهای متفاوت در طول ۱/۵ و یا ۲ تا ۳ متر با رعایت ٤ میلیمتر فاصله برسطح گردبینه‌ها مفروش شده و میخ می‌گردد و کف‌پوشی مسطح-هموار و جالب بوجود می‌آید.

توجه ۱: به اینگونه کف‌سازی چوبی اصطلاحاً «لمبه‌کوبی» گفته می‌شود. این پوشش با هزینه‌ای بیشتر از روش قبل همراه خواهد بود، اما در این روش خطر تابله شدن کاهگل از ثقف‌ها وجود ندارد.

توجه ۲- فاصله ٤ میلیمتری بین تخته‌ها به خاطر جلوگیری از انبساط و انقباض در مقابل واکنشهای گرما و سرما هنگام بازشدن و جمع شدن چوب می‌باشد. که اصطلاحاً به آن درز انبساط می‌گویند.

توجه ۳: رعایت ارتفاع در کف‌سازی چوبی و خالی بودن زیر آن، سبب گردش هوا در زیر ساختمان می‌شود و در نتیجه کف ساختمان کاملاً خشک و عاری از رطوبت می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۳٤۷)

رفتار صفحه ای (ورقهای مسطح):

عملکرد دو طرفه شبکه تیرها بخاطر نقطه ای بودن اتصال سیستم دو تیر در محل تقاطع آنهاست. چنین عملکردی در عمل بسیار مشخص تر است، زیرا سوراخهای میان شبکه تیرها بوسیله صفحات یا ورقهای مسطح پوشانده می شوند، و باعث یکپارچگی بیشتر سازه سقف یا کف نیز می گردند. مزایای یک سازه کاملاً یکپارچه با رفتار دو طرفه در تمام نقاط طبعاً بیشتر خواهد بود.

یک ورق یا دال مسطح یک عنصر ساختمانی یکپارچه با ضخامت نسبی کم است که سطحی را می پوشاند، در اولین مرحله سطح را مستطیل فرض می کنیم. می توان هر نوار باریک از صفحه که موازی با یک ضله مستطیل است را مانند یک تیر با رفتار خاص خود در آن جهت در نظر گرفت. هر باریکه دیگری که عمود بر باریکه اول است را نیز می توان تیر دیگری فرض کرد. چون دو تیر عمود برهم، تحت تاثیر نیروها توأماً رفتار خواهند کرد، بنابراین خمش یک تیر، در دیگری پیچش بوجود خواهد آورد. رفتار یک صفحه قابل مقاسیه با شبکه ای از تیرهای بسیار باریک به هم جوش داده است که تعداد تیرها در آن بسیار زیاد و فاصله آنها نسبت به هم بی نهایت کم باشد. اما تیرهای این شبکه می توانند در هر مسیری عمل کنند زیرا می توان صفحه را به باریکه های عمود یا مورب تقسیم کرد و این باریکه ها می توانند هر دو نقطه ای از مرز را به هم متصل کنند . علاوه بر آن چون در تمامی اتفاقات فیزیکی، طبیعت آسانترین راه را انتخاب می کند، عناصر سازه ای نیز بارها را با مؤثرترین مکانیزم خود تحمل می نمایند و یک صفحه که مانند شبکه تیرهای جوش داده شده عمل می کند با کمترین تنشهای ممکن بار وارده را به تکیه گاه انتقال می دهد. مقایسه با یک شبکه تیر نشان می دهد که یک صفحه تحت اثر بار وارده در هر نقطه دچار خمش و نیز پیچش می شود. خمش تیر رفتارِ تیر مانند ایجاد می کند (بروز تنشهای خمشی و برشی) و از طرف دیگر پیچش، برشهای پیچشی ایجاد می نماید. براحتی می توان نقش تنشهای خمشی، برشی

و پیچشی را در انتقال بار متمرکز، تحت رفتار صفحه ای تصور کرد. اگر صفحه از یک سری تیر موازی غیر مرتبط تشکیل شده بود، فقط تیری که زیر بار قرار داشت تغییر شکل می داد و بنابراین بار را توسط خمش و برش به تکیه گاه انتقال می داد. اما تیرهای یک صفحه همگی به هم متصل می باشند بطوری که تیر بارگذاری شده تا حدودی بر تیرهای موازی مجاورش تکیه کرده و قسمتی از بار را به آنها منتقل می کند. این انتقال نیرو بخاطر برش ایجاد شده بین کناره های عمودی تیرها مجاور رخ می دهد و خمش و برش را در تیرهای مجاور بوجود می آورد.

دو تیر مجاور نیز به نوبه خود مقداری از بار را از طریق برش عمودی به تیرهای کناری انتقال می دهند. تفاوت مقدار بین برشهای رو به پایین در تیر بارگذاری شده با برش رو به بالای انتقال یافته به تیرهای مجاور، عمل پیچش را بوجود می آورد. بنابراین ترکیبی از برش و پیچش بار را در امتداد عمود بر تیر بارگذاری شده منتقل می کند و همزمان با آن خمش و برش بار در مسیر تیر بارگذاری شده انتقال می دهند. از آنجا که یک صفحه بصورت شبکه ای مستطیلی از تیرها در نظر گرفته می شود، عمل انتقال بار نه در یک جهت، بلکه در دو جهت صورت می گیرد، و رفتار صفحه معادل رفتار تیرها در دو جهت عمود بر هم بعلاوه رفتار پیچشی در این دو جهت می باشد. تحمل بار توسط پیچش یکی از مشخصه های صف٥حه ها است و وجه تمایز آنها با تیرها و شبکه ها بشمار می رود، زیرا حتی شبکه های جوش داده شده نیز نمی توانند رفتار پیچشی را بطور کامل ارائه دهند. در این رابطه، جالب است بدانیم که پیچش صفحه درصد قابل ملاحظه ای از قابلیت تحمل بار صفحه را به خود اختصاص می دهد. برای مثال، در یک صفحه مربع، تحت اثر بار یکنواخت، با تکیه کاههای ساده در چهار طرف رفتار پیچشی تا حدود ٥٠ درصد در انتقال بارها به چهار رأس مربع تاثیر دارد. یک شبکه مستطیل که قابلیت پیچش ندارد، ٨٠ تا ٩٠ درصد بار انتقال یافته توسط عمل خمش (رفتارِ تیر مانند) تحمل می شود.

نکته ای که قبلاً ذکر شد، این است که یک صفحه ممکن است توانایی آنرا داشته باشد که رفتار شبکه ای را در هر جهتی اراده دهد. این بدان معنی است که هر نقطه ای از صفحه ممکن است به عنوان نقطه تقاطع دو تیر یک سیستم شبکه مستطیل عمل کند. همینطور می توانیم فرض کنیم که تعداد زیادی از سیستم های شبکه مستطیل از نقطه ای خاص از صفحه عبور می کنند . تنشهای خمشی در یک نقطه با توجه به مسیر سیستم شبکه مستطیل متغیر خواهد بود. زیرا دهانه های تیر برای رسیدن به محدوده شبکه در جهات مختلف، متفاوت است. ارزیابی تنشهای خمشی مختلف در یک نقطه نشان می دهد که دو مسیر عمود بر هم وجود دارد که در آنها تنشهای خمشی بطور نسبی حداکثر یا حداقل هستند و برای آن مسیرها برشهای پیچشی صفر باشند. اینها مسیرهای اصلی هستند که در بخشهای اخیر مورد مطالعه قرار گرفتند. با تعیین مسیر اصلی در نقاط نتغیر در صفحه بوسیله علامت ضربدر، می توان خطوط اصلی تنش یا ایزواستاتیک را ترسیم کرد که جریان تنشهای خمشی را در صفحه نشان می دهد. از آنجا که هیچ برش پیچشی در طول خطوط ایزواستاتیک وجود ندارد، می توان صفحه را بصورت یک شبکه از تیرهای منحنی در سطح صفحه در نظر گرفت که با هم زاویه قائمه می سازند، ولی بار را توسط برش پیچشی به تیرهای مجاور خود منتقل نمی نماید. خطوط ایزواستاتیک برای یک صفحه مربع شکل با تکیه گاه ساده تحت اثر بار گسترده یکنواخت نشان داده شده است.

نوارهای مرکزی صفحه مانند تیرهای با تکیه "اه ساده تغییر شکل زیاد پیدا می کنند. در گوشه ها، دو طرف صفحه به علت اینکه در کنار قرار دارند و می توانند واکنشهای رو به بالا یا پایین داشته باشند، مجبورند که بصورت افقی باقی بمانند در شرایطی تمام سطح گوشه ها سخت و صلب هستند. بنابراین از حرکت و دوران انتهای نوارهای قطری و مورب ممانعت می شود و این نوارها مانند تیرهای گیردار عمل می کنند، در نتیجه در انتها دارای انحنای معکوس می شوند.

در صورتی که یک صفحه مستطیل با تکیه گاه ساده دارای اضلاعی باشد که تنها می توانند واکنشهای روبه بالا ایجاد کنند، حالت ویژه ای از رفتار صفحه ها در گوشه رخ می دهد. گوشه های صفحه پیچیدهو به بالا خم می شوند. برای اینکه تمام نقاط اضلاع صفحه با تکیه گاهها تماس داشته باشد، باید با استفاده از نیروهای متمرکز در گوشه ها، آنها را به طرف پایین فشار داد. در محاسبه واکنشهای تکیه گاهها باید این بارهای گوشه ای را به بار وارد بر صفحه افزود. برای یک صفحه مربع شکل، تحت اثر بار متمرکز در وسط، بارهای گوشه ای تقریباً ۵۰ درصد به کل واکنشهای صفحه ای می افزایند.

می توان سختی یک صفحه مربع شکل با تکیه گاه ساده تحت اثر بار گسترده را با سختی تیرهای با تکیه گاه ساده با دهانه های مساوی و موازی با ضلع صفحه مقایسه کرد. تغییر شکل مرکزی صفحه، ٤٢ درصد کمتر از تغییر شکل تیر مشابه است. تنشهای خمشی در صفحه مسطح، ۲۹ درصد کمتر از تنشهای تیر هستند. تنشهای خمشی معکوس در گوشه های صفحه دو برابر و نیم کمتر از تنشهای تیرهای گیردار مورب می باشند که نقاط مقابل را به هم متصل می کند. هر چند که توزیع تنش خمشی در ضخامت صفحه مانند توزیع تنش در مقطع تیر بصورت خطی است که از نظر سازه ای دارای بازدهی بالایی نیست، اما رفتار دو طرفه صفحه از میزان تنشهای ماکزیمم بطور اساسی می کاهد.

اطلاع از میزان تنشهای ماکزیمم و مینیمم با تنشهای معکوس و جهاتی در صفحه که در آنها تنشهای برشی پیچشی به حداکثر میرسند برای تعیین محل صحیح میلگردهای تقویتی در صفحه‌های بتن مسلح بسیار ضروری است. برشهای ماکزیمم همیشه با زاویه ٤٥ درجه نسبت به مسیر اصلی خمش ایجاد می‌شوند. در گوشه‌های صفحه تنشهای برشی به صورت نمایش داده شده

در نیمه بالای صفحه عمل می‌کنند. میلگردهای تقویتی مورب باید در جهتی که در شکل نشان داده شده است قرار گیرند تا تنشهای کششی معادل را مستقیماً جذب کنند.

سیستم‌های شبکه مستطیل رفتار دو طرفه خود را به محض اینکه یک ضلع مستطیل بسیار بزرگتر از ضلع دیگر شود، از دست می‌دهند. صفحات هم همین رفتار را دارند و همانطور که در مورد یک صفحهٔ مستطیل شکل با اضلاعی با نسبت ۲ به ۱ نشان داده شده است. تغییر شل قسمت مرکزی صفحه ۱۵ درصد کمتر از تغییر شکل تیرهای موازی با اضلاع کوتاه آن است در حالی که این مقدار برای صفحات مربع شکل ٤۲ درصد کمتر بود. بیشترین تنش در صفحه فقط ۲۰ درصد کوچکتر از تیرکوتاه معادل است. از آنجایی که در دهانه کوچک صلبیت بیشتری نسبت به دهانه بزرگتر وجود دارد، حدوداً $\frac{2}{3}$ بار به تکیه‌گاههای واقع برضلع بزرگتر منتقل می‌شوند.

مطلبی که دربارهٔ صفحات با اضلاع دارای تکیه‌گاه ساده گفته شده است برای صفحات با اضلاع‌گیردار نیز صحیح است. چنین صفحاتی صلبترند و رفتاری شبیه یک شبکهٔ مستطیل شکل از تیرهای گیردارِ به هم جوش داده شده، دارند. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱۸۳ تا۱۹۰)

سازه‌های صفحه‌ای:

صفحات با شکلهای گوناگون و شرایط تکیه‌گاهی متفاوت موارد استفاده زیادی در ساختمان‌ها بخصوص بعنوان دال‌های کف دارند.

وضعیت تکیه‌گاههای چهارطرف یک صفحه ممکن است متفاوت باشد. در یک صفحه ممکن است دو ضلع موازی دارای تکیه‌گاه ساده و دو ضلع موازی دیگر دارای تکیه‌گاه گیردار باشند. در این حالت افزایش صلبیت برای دهانه‌های طویلتر، بخاطر گیردار بودن آنها، می‌تواند نسبت نامتعادل

دهانه‌ها را جبران کرده و صفحه از خود رفتار دو طرفه نشان دهد که مانند رفتار صفحه مربع شکل با تکیه‌گاههای ساده است.

مشابه حالت فوق صفحهٔ گوشه‌ای بالکن است که دو تکیه‌گاه ساده برای اضلاع مجاور آن وجود دارد و اضلاع دیگر اصلاً تکیه‌گاه ندارند. واضح است که شبکه‌ای با تکیه‌گاه ساده که در هم بافته نشده باشد، نمی‌تواند به این صورت ساخته شود، زیرا تیرهای سیستم زیرین بدون تکیه‌گاه رها خواهند شد. در عوض یک شبکهٔ بافته شده، قادر به حمل قسمت بیشتر بار توسط عمل پیچش می‌باشد، صفحه هم رفتار مشابهی از خود نشان خواهد داد.

بارگیرکردن دو ضلع مجاور یک صفحهٔ گوشه که دو ضلع دیگر آن بدون تکیه‌گاه هستند صفحه سخت‌تری نسبت به حالت قبل بدست می‌آید. در این حالت نیز تشابه با سیستم شبکه‌ای پابرجاست، زیرا هر تیر سیستم مشابه، رفتار طره‌ای دارد و رفتار خمشی دوباره غالب می‌گردد.

صفحات مستطیل شکل ممکن است علاوه بر محیط خود در نقاط دیگر تکیه‌گاه داشته باشند. در طراحی ساختمانهای اداری مدرن این روش متداول است که دالها طبقات در قسمت خارجی روی دیوار با یک ردیف ستون خارجی و در قسمت داخلی روی هسته مرکزی قرار گیرند. از هستهٔ مرکزی آسانسورها، کانال‌های تهویهٔ هوا و قسمتهای دیگر سیستم‌های مکانیکی، برقی و لوله‌کشی عبور می‌کند. بنابراین یک طبقهٔ کاملاً آزاد بدست می‌آید.

مرز اطراف (محیط) یک صفحه می‌تواند اشکال متنوعی داشته باشد. بجای پوشش سطح مستطیل ممکن است، صفحه یک سطح مورب یا چند ضلعی یا مدور را بپوشاند. رفتار یک صفحه دایره‌ای با تکیه‌گاه ساده در محیط آن با یک صفحه مربع شکل با تکیه‌گاه ساده که بر دایره محیط باشد فوق اساسی ندارد. زیرا گوشه‌های صفحهٔ مربع صلب می‌باشند و فقط قسمت مرکزی آن تغییر شکلهای

قابل توجهی پیدا می‌کند. رفتار یک صفحهٔ دایره‌ای با لبه‌های گیردار شبیه یک صفحه مربع شکل محاط در آن دایره است.

می‌توان صفحات دایره‌ای شکل را برای پوشش دهانه‌های محدود به تکیه‌گاههای دایره‌ای شکل هم مرکز(داخلی و خارجی) بکار برد. به مجردی که دهانه شعاعی صفحه در مقایسه با شعاع متوسط آن کوچک شود، رفتار دو طرفه صفحه تحت اثر بار یکنواخت بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و تنشهایی که صفحه از خود نشان می‌دهد به همان بزرگی تنشهای تیرهای شعاعی است که دهانهٔ بین دو مرز دایره‌ای را می‌پوشانند.

صفحات همچنین می‌توانند توسط ستونها بطور نقطه‌ای چه با تکیه‌گاه مفصلی و چه با تکیه‌گاه گیردار تحمل شوند. اتصال بین ستون و صفحه باید به گونه‌ای طراحی شود که در مقابل نیروی برش سوراخ کننده ستونها مقاومت نماید و ممکن است بین دالها و ستونها از قطعات خاص یا صفحات واسطهٔ توزیع کننده به نام سرستون استفاده شود.

در صورتی که نخواهیم سرستون بکار ببریم می‌توان از اتصال دهنده‌های برسی فولادی در طراحی بتن مسلح استفاده نمود که موجب انتقال بار به دال بتنی می‌شوند.

دالهایی که به عنوان کف طبقات به کار می‌روند یا دالهای مسطح مزیت ساختمانی برخورداری از سطح زیرین صاف و یکنواخت را دارند که عبور لوله‌ها، کانال‌ها و سایر سیستم‌های مکانیکی متنوع در ساختمانهای مدرن را به سادگی امکان‌پذیر می‌سازند. صرفه‌جویی که از پیچ و خم ندادن لوله‌ها و کانال‌ها در اطراف بیرون‌زدگی تیرها بدست می‌آید معمولاً انتخاب سیستم دال مسطح برای کفها و بامها را توجیه می‌کند. سیستم ستون و دال مسطح بتن مسلح از اقتصادی‌ترین سازه‌ها برای ساختمانها با دهانه‌های محدود هستند و در ساختمانهای بلند در سراسر دنیا به صورت متداول استفاده می‌شود.

اجرای صفحات بتن‌آرمه که بار خود را به ستونهای فلزی یا بتنی منتقل می‌کنند با استفاده از یک قالب ساده مسطح براحتی امکان‌پذیر است. بعلاوه برای صرفه‌جویی در هزینه سیستم قالب‌بندی می‌توان کلیه سقف‌های یک ساختمان بلند را در سطح زمین ساخته و سپس آنها را با استفاده از جک‌های هیدرولیکی به بالای ستونها انتقال داد. نمونه‌های زیادی از ساختمانهای بلند با این روش ساخته شده‌اند.

یک استفاده مهم از دالهای بتن مسلح کاربرد آن به عنوان دیوارهای عمودی و کفهای افقی در ساختمان‌سازی با پانل‌های پیش‌ساخته است. دالها که در کارخانه ساخته و به عمل آورده می‌شوند، در محل ساختمان به هم متصل می‌گردند. با این عمل بخصوص اگر سیستم‌های الکتریکی و لوله‌کشی در پانل‌ها کار گذاشته شوند، در نیروی انسانی و زمان اجرا صرفه‌جویی می‌شود.

سیستم‌های پانلی متفاوتی که تا به حال ابداع و استفاده شده‌اند بیشتر در روشهای اتصال پانل‌ها تفاوت دارند. در ساختمان‌سازی جعبه‌ای جعبه‌های(سلولهای) ساخته شده از پانل‌ها بطور یکپارچه در کارخانه تولید می‌شوند. این روش از دهه ۱۹۵۰ در روسیه استفاده شده است و سفدی در سال ۱۹٦٦ از آن در ساخت یک مجموعهٔ آپارتمانی به نام هبیات در مونترال استفاده کرده است.

صفحات مایل در طراحی سقف‌های شیبدار مانند سقفهای شیروانی با کناره‌های شیب‌دار سقف‌های با نور شمال بکار می‌روند و در آنها مرز مرتفع‌تر صفحه توسط خرپاهایی تحمل می‌شود.

اعضاء خرپاهای عمودی سبک بوده و اجازه استفاده از سطوح وسیع شیشه‌ای را می‌دهند که معمولاً روبه نور یکنواخت شمال بوده و در ساختمانهای صنعتی و استودیوهای هنری استفاده می‌شود.

ضفحات شیبدار را می‌توان در محفظه‌های انبار و سایر اجزاء واحدهای صنعتی نیز مشاهده نمود.

چنین صفحات شیبداری مقداری از بار را توسط کشش و فشار در جهت پایین شیب خود حمل

کرده و مقداری را نیز توسط رفتار صفحه‌ای در جهت عمود بر صفحه تحمل می‌کنند. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱۹۰ تا ۱۹۵)

۳-۳. درک سازه ای سقف ها

خرپاسازی جهت پوششهای ورق و سفال

گرچه قدمت پوششهای ورق و سفال کمتر از لت‌پوش می‌باشد، اما کاربرد این مصالح در پوشش خرپا نیز قدیمی می‌باشد.

امروزه از پوشش ورق در روستاها نیز استفاده می‌شود. اما نسبت بهره‌گیری از آن به مراتب کمتر از شهرکها و بخصوص شهرهای بزرگ می‌باشد. در شهرهای بزرگ شمال علاوه بر پوشش ورق از سفال‌پوشها نیز جهت پوشش نهایی در انواع خرپاها استفاده می‌شود.

به طور کلی بناهای روستایی در حواشی جنگل و جلگه‌ای و خصوصاً در مناطق کوهستانی دارای ابعادی محدود می‌باشد که خرپاسازی آن نیز به شکل ساده قابل اجرا است. اما مساحت زیربنا در شهرها به مراتب بیشتر از روستاها بوده که در نتیجه اساس خرپاسازی و پوشش آن نیز با یکدیگر تفاوت می‌کند.

در بناهای گالی‌پوش و لت‌پوش از چوب برای دیوارسازی استفاده فراوان می‌شود، در صورتی که در بناهای سفالپوش و ورق‌پوش که اصطلاحاً شیروانی گفته می‌شود، دیوارها بیشتر عریض و با حجم سنگین و مصالح مقاوم‌تر نظیر دیوارهای آجری یا سنگی است که امروزه از بلوکهای سیمانی نیز برای ساختن این دیوارها استفاده می‌شود.

به طور خلاصه علاوه بر بناهای سفالپوش به نام «سفالخانه» و پوشش ورق به نام «سیمکاخانه» علاوه بر استفاده از کلافبندی در نواحی شمال که بایستی دارای خرپاسازی باشد، از اسکلت

خرپاسازی در ابعادی وسیع جهت پوششهای شیروانی همچنین پوششهای ورق کوچک آرداواز و از سفال استفاده می‌شود. این اساس در سایر نقاط کشور نیز مورد استفاده زیاد می‌باشد که اساس کلی آن را بررسی کرده و سپس به نحوهٔ پوشش آنها خواهیم پرداخت.

به طور خلاصه خرپاسازی به سه طریقی مثلثی، دو طرفه وچهارطرفه قابل اجرا می‌باشد. اسکلت خرپاسازی چهارطرفه کاملترین شکل خرپاها می‌باشد که به نحوهٔ ساخت آن می‌پردازیم.

اتصال خرپا به استخوان‌بندی بنا: در دیوارهای چوبی و یا تله‌بستهای چوبی که شرح آن قبلاً گفته شد، تیرافقی به نام نعل یا کش به ستونهای چوبی میخ می‌شود و به وسیله دستکها اتصالات آن به وجود می‌آید. اما در دیوارهای آجری و یا با مصالح دیگر در محل تقاطع دیوارها و یا به فاصله هر سه متر در دیوارهای طویل، تیرچه عمودی به قطر ۱۵ تا ۱۸ سانتیمتر که به نام چوب مشته معروف هستند، مستقر می‌سازیم. این چوب مشته در ارتفاع $\frac{2}{3}$ ارتفاع و به اندازه ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر در دیوار کار گذارده شده، سپس دیوارسازی تا ارتفاع لازم بنائی می‌گردد. برای اتصال و درگیر بودن چوب مشته عموماً از چوبهایی که دارای سرشاخه می‌باشد استفاده می‌گردد. این سرشاخه در دیوار به خوبی پیوند می‌شود و سبب نگهداری کامل اسکلت خرپا می‌گردد.

نعل‌گذاری: ۱- پس از اتمام دیوارسازی با استفاده از خط تراز، سطح چوب مشته‌ها نعل‌کشی و آماده می‌شود. یعنی اضافی آنها بریده شده و همگی در یک سطح همتراز می‌شوند.

۲- برای نشست کامل‌کش برروی چوب مشته‌ها نقاط لازم از کش اصطلاحاً نعل برداشته می‌شود تا سطحی از گردی تیر تسطیح شده و حرکت‌پذیری کش از میان برود، سپس کش به طور معلوم و به قطر ۲۰ سانتیمتر برسرچوب مشته مستقر می‌شود و به وسیله میخ بلند و با رکاب کشی اتصال به وجود می‌آید.

توجه: چنانچه از کش و همچنین چوب مشته جهت نشست دو عضو کنار یکدیگر «نیم‌آنیم» برداشته شود و اتصالات به وجود آید پیوند قطعات اصولی خواهد بود.

تیرک وسط«عصایی»: ۱- وسط اسکلت خرپا مشخص می‌شود به ارتفاع جست و خیز اسکلت خرپا تیر مقاوم به قطر حدود ۲۰ سانتیمتر برروی کش میانی به نام عصایی یا شاخص به شکل شاقولی نصب کرده و میخ می‌شود.

۲- طرفین شاخص وسیله دستکها با نشست زباله در فاق سبب نگهداری تیر عمودی می‌شود.

۳- برای مقاومت بیشتر و کلاف‌بندی دو عضو تیر قائم و کش از تسمه‌کشی در اطراف آنها که اصطلاحاً «رکابی» گفته می‌شود استفاده شده و به وسیله میخ کردن اتصالات کافی به وجود می‌آید تا مقاومت اسکلت خرپا در مقابل بادهای شدید مؤثر باشد.

توجه ۱- چنانچه مسیر دو سوراخ مقابل رکابی وسیله مته سوراخ شود و پیچ عبور داده شده و به وسیله مهره سفت شود اجرا کاملاًاصولی خواهد بود. ضمناً (از روش مذکور باید در تمامی مفاصل استفاده گردد.)

توجه ۲- چنانچه تیرک میانی«عصایی» واحد و تکی باشد جهت نشست تیرهای مورب بایستی سر تیر مذکور با شیب لازم پخ شود.

تیر خطالرأس: ۱- تیر گردبینه در اندازه لازم تهیه می‌شود و برروی تیرهای قائم عصائی مستقر شده و به وسیله میخ بلند و رکاب‌کشی اتصالات آن انجام می‌شود.

توجه: چنانچه به جای تیر گرد از چهارتراش جهت اتصالات عضوها استفاده شود کاملاً بهتر خواهد بود. زیرا تیر قائم به شکل زبانه، در فاق انجام شده از تیر افقی و خطالرأس نشست می‌کند.

۲- جهت پیوند بیشتر از تسمه‌کشی فلزی برای کلافبندی در بین تیرهای قائم و تیر خطالرأس استفاده می‌شود.

تیرهای مورب: ۱- بنا به اندازه طول شیب، تیرهای مقاوم به قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر از یکطرف به تیر قائم و نقطه خطالرأس، و از طرف دیگر به کش و یا نعل متصل می‌گردد.

توجه ۱: جهت نصب آبرو، طول تیر مورب نیز محاسبه شده و با رعایت برداشتن فاق از کش و نشست تیر مورب در آن با رعایت داشتن کوم شیب‌دار سبب اتصالات اصولی شده و به وسیله میخهای بلند یا پیچ و سپس رکاب‌کشی قطعات با یکدیگر متصل می‌شوند.

توجه ۲: تیرهای مورب کناری در محل تقاطع دو بدنه جهت زیرسازی لاپه‌کوبی و تیرهای مورب دیگری به فاصله ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر برابر اصول ذکر شده در اسکلت خرپا به وجود می‌آید.

توجه ۳- چنانچه فاصله دو تیر مورب انتهایی کم باشد، تیرهای میانی در بین آن دو کشیده شده و سطح آنها آماده لاپه‌کوبی می‌گردد.

تیرچه‌های قائم: معمولاً جهت به وجود آمدن یک اسکلت خرپای اصولی، تیرچه‌های فرعی قائم که عضوهای مؤثر می‌باشد به فاصله ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر در زیر تیرهای خطالرأس و تیرهای مورب و سایر تیرهای باربر نصب می‌شود.

ضمناً علاوه بر اتصالات اصولی استفاده از تسمه‌کشی بر عضوها به مقاومت و یکپارچه شدن اسکلت خرپا کمک فراوان می‌کند.

دریچه شیروانی«خورشیدی»: جهت تمیز کردن آبرو و محل سرکاسهٔ ناودانی و یا مواردی دیگر همچون رفت و آمد برروی اسکلت شیروانی الزامی می‌باشد که در ناحیه $\frac{1}{2}$ ارتفاع خرپا و در وسط شیب از یک بدنه که بیشتر جهت نمای اصلی موردنظر می‌باشد، ساخته می‌شود. کلافبندی جهت دریچه به عرض ۵۰ و به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر به وجود می‌آید. علاوه بر نصب دریچه به

وسیله تخته، اطراف کلاف دریچه را پوشیده و سطحی برای نصب ورق، به وجود می‌آید.

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۳۷۰تا۳۷۳)

فرم‌بندی ساختمان

طرح بنا بایستی به صورت مستطیل باشد. در طرحهای مستطی مرکز صلبیت در تقارن دو محور وجود دارد. و باعث پایداری بنا در مقابل حرکات زمین و یا زمین‌لرزه شده، در صورتی که طرحها با شکستگیها نامأنوس و نامتعادل بخوبی حرکت‌پذیر می‌باشد. به طور کلی باید متقارن کردن نما و پلان در ساختمان وجود داشته باشد تا از تنشهای پیچشی در موارد مذکور جلوگیری شود. در هر صورت طراحی و ساخت بنا باید طوری باشد که ساختمان از هر دو محور دارای مقاومت باشد.

جدائی ساختمانهای مجاور از یکدیگر: ارتفاع طبقات در سازه‌های آجری مجاور یکدیگر بایستی در یک تراز باشد. در تعادل ارتفاع اثر امواج زلزله و حرکت‌پذیری زمین در سطح بناها به طور یکنواخت خواهد بود. در صورتی که اگر یک بنا مرتفع و یک بنا کوتاه بوده و اثر نیروهای ضربه‌ای در هر دو بنا نیز متغیر باشد، اثر حرکات و فشار از بناهای مرتفع بر بنای کوتاه بی‌اثر نخواهد بود. از این رو باید بند انبساط به صورت عمودی در دیوارهای مجاور در نظر گرفته شود. این بند در مناطق زلزله خیر حائز اهمیت است و اندازه آن ۲ سانتیمتر رعایت می‌شود.(البته بناهای بتونی و سازه‌های فلزی خود دارای استاندارد خاص می‌باشد).

اثر نیروی فشاری پله: در سازه‌های آجری باید نیروهایی که از قسمتهای پله وارد می‌شود فقط بر سطح پی‌پله اثر کند. چنانچه اتکای قسمتهایی از تیرهای باربر پله به دیوارهای ضخیم اثر کند، مشکلی پیش نخواهد آورد، اما اثر نیروهای مداوم به شکل ضربه‌ای و «الاستیسیته» که از اسکلت پله بردیوارهای کم‌عرض و با مصالح نامرغوب وارد می‌شود، در دیوارهای متکی به تیرهای پله خالی از اشکال نخواهد بود.

طول دیوارهای باربر: معمولاً طول دیوار سازه‌های آجری نباید از ۸ متر بیشتر باشد زیرا دیوار طویل در اثر حرکت زمین و زلزله، براحتی حرکت‌پذیر بوده که احتیاج به بند انبساط می‌باشد.

طول کوتاه دیوار معادل یک متر می‌باشد که کمتر از این حد دیوار به ستون تبدیل می‌شود. پایه جزیی کوچکتر از ستون می‌باشد.

ضخامت دیوار: به طوری که قبلاً اشاره شد، ضخامت دیوار نسبت به نیروهای وارده بر آن تعیین می‌شود اما می‌توان رابطه $\frac{1}{15}$ ارتفاع طبقه را برای ضخامت سازه آجری در نظر گرفت. ضمناً اگر رابطه $\frac{1}{15}$ ارتفاع کمتر از ۲۱ سانتیمتر باشد، حتماً باید دیوار یک آجره انتخاب شود.

توجه: برای طبقات بالایی، عرض دیوارهای طبقه زیرین باید ۱۰ سانتیمتر بیشتر از عرض دیوار طبقه بالایی باشد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۷۱-۱۷۲)

سوراخ و مجاری در سطح دیوار

۱- سطح بالای سختمان باید در یک تراز ساخته شده تا اگر لازم شود نعل درگاه در یک سطح ختم گردد و اثر نیروهای وارده در یک تراز باشد.

۲- مجموع مساحتهای سوراخو مجاری نباید از $\frac{1}{3}$ مساحت کل چهاردیواری یک فضا تجاوز نماید.

۳- مجموع سوراخها بر سطح دیوار نباید از نصف مجموعه طول و عرض یک فضا بیشتر باشد.

محل سوراخها باید دور از تقاطع دیوارها بوده و معمولاً فاصله دو سوراخ نباید کمتر از $\frac{1}{4}$ ارتفاع سوراخ کمتر باشد.

۵- چنانچه به دلایلی بین دو سوراخ قائم، مجاری افقی در بین آن دو در نظر باشد طول ان مجرا نباید از $\frac{1}{2}$ ارتفاع سوراخ کوچکتر بیشتر باشد.

٦- به طور کلی از سوراخهای رویهم در یک مسیر نباید استفاده شود. چنانچه به عللی سوراخی بالاتر از سوراخ زیرین موردنظر باشد این اندازه نباید از ٦٠ سانتیمتر کمتر باشد.

٧- سوراخ، مجرا و دودکشها باید با رعایت گونه‌سازی و با ضوابط در اسکلت آجری اجرا شود. ضمناً از لوله‌های سیمانی و ایرانیت و غیره، که دیوار را می‌برد، باید اجتناب گردد.

اتصال دیوار و تیغه: محل تقاطع دیواره‌های آجری و تیغه‌ها باید با رعایت پیوند باشد. معمولاً با گرفتن نیمی از ضخامت یک رج و با رعایت پس‌نشین رج بالایی و یا گودکردن آن، گیرایی در عرض آجر به وجود می‌آید. پیوند تیغه باید کمتر از $\frac{1}{4}$ طول آجر نباشد و در محل اتصالات، ملات به صورت غوطه‌ای به کار رود.

طول تیغه: طول تیغه باید کمتر از ٣ متر بوده، چنانچه از دیوارهای تیغه‌ای طول بیشتری خواسته شود، باید تیغه در مهار نگهدارنده‌ای واقع شود. این مهار کننده می‌تواند ستونهای چوبی و یا شمشمهای پروفیلی باشد.

توجه: ستون مذکور باید از پائین به کف‌سازی و از بالا به سقف کاملاً درگیر شود.

رعایت فاصله استقرار در و پنجره: فضاهای ساختمان به صورت کلاف در هم در مقابل زلزله مقاوم بوده. چنانچه جدایی در چهاردیواری فضاها بیش از نیاز به وجود آید، گسیختگی در کلاف‌بندی پدید آمده که در نتیجه قسمتهای باز به هنگام حرکات زمین و زلزله به سرعت گسیخته می‌شود. در صورتی که قسمتهای بسته و کلاف در هم، به مراتب از نواحی باز مقاومتر خواهد بود.

شکل زیر پلانی را نشان می‌دهد، که اثر نیروهای رانش در ناحیه در بند با واکنش و در ناحیه پشت که دیوار فاقد در و دربندی می‌باشد، با عکس‌العمل متقابل همراه خواهد بود.

به طور کلی بایستی نحوه طراجی در بند، درگاه، پنجره و درهای ورودی به شکلی انجام شود که فضاهای باز به طور متساوی در چهاردیواریها تقسیم شود.

مسلماً پنجره در بین دیوار واقع شده و سرپایه‌ها در دو جهت باید مساوی انتخاب گردند. همچنین محل دربهای ورودی چنانچه در وسط دیوار منظور شود، کلاف‌بندی در محل نعل درگاه باعث یکپارچگی دیوار شده و در مجموع عملکرد دیوار در مقابل نیروهای وارده از زلزله به مراتب مقاومتر از دربندهای نامتناسب خواهد بود. ضمناً باید سعی شود از دربندهای اضافی به هر شکل خودداری شود. برای درک بیشتر به دو طرح زیر مراجعه کرده و معایب و محاسن نوع محلهای در و پنجره و فاصله آنها از یکدیگر بررسی و ملاحظه می‌کنیم.

به طور کلی چنانچه در سازه‌های آجری از بتون و فولاد در قسمتهای حساس بنا استفاده شود، اولاً نحوه اجرای آن با ساختمان بنای آجری به طرق سنتی تفاوت فراوان خواهد داشت و ثانیاً مقاومت بنا در مقابل حرکات زمین و بخصوص زلزله بسیار تفاوت کرده که در شکلهای جامعتری قابل ساخت می‌باشد، با این بحث، آن از موضوع اجرای معماری سنتی خارج می‌باشد.

توجه: (در اجرای ساختمانهای آجری سنتی از مباحث این فصل جهت اجرای صحیح و اصولی استفاده می‌کنیم) (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۷۲-۱۷٤)

رفتار عضوها در اسکلت خرپا

یک اسکلت خرپا از تعدادی زیادی چوب مشته، نعل تیرهای عصایی، تیرچه‌های قائم، بچه تیرچه‌ها، تیرهای افقی، تیرهای مورب و اسکلت‌سازی آبرو، فرش تخته در شروع بعد از آبرو، لاپه‌کوبی، ترکه کوبی، پوشش کف خرپا، سقف کاذب، دریچه‌های شیروانی و غیره تشکیل می‌شود. معمولاً در حالت سنتی این قطعات از تیرهای گرد تشکیل شده و با قراردادن آنها برروی یکدیگر و در مواردی نادر با پخ‌سازی دو عضو در محل تماس به یکدیگر متصل و میخ می‌شود. این راجرا

کاملاً نادرست و غلط می‌باشد. چرا که یک اسکلت خرپا همانند استخوان‌بندی بنا بایستی دارای پیوند و نشست هر عضو در عضو دیگر و نسبت به عملکرد آن دارای اتصالات لازم باشند. علاوه بر نشست قطعات از پیچهای اصولی در تعداد لازم و همچنین استفاده از دوبل‌های چوبی سبب درگیری اساسی وفنی در اتصالات چوبی می‌گردد. به علاوه از تسمه‌کشی آهنی «رکابی» در قطعات و محل مفاصل عضوها باید بهره کافی گرفته شود. در چنین مواردی نشست قطعات در یکدیگر و رفتار اجراء از عضوهای مذکور در مقابل تحرکات زمین و بخصوص بادهای موسمی و شدید و در مواردی طوفانهای سهمگین کاملاً مقاوم خواهند بود. عدم اتصالات اصولی در خرپاسازی دیده شده که بادهای شدید اسکلت خرپا را از جا کنده و دیوارهای ساختمان را نیز فرو ریخته و حتی تا مسافتها اسکلت خرپا و شیروانی را پراکنده ساخته است. از این‌رو اتصالات صحیح سبب کلافبندی اسکلت خرپا به دیوارهای ساختمان شده و در شکل شناژهای عمودی کارآیی دارد. همچنین درگیر بودن عضوها از اتصالاتی نظیر انواع فارسی و اصطلاحاً دُم گاوی در طویل کردن کشها نیم‌آنیم در نشست قطعات و عضوهای تیرچه‌ها که در چنین اجرای اصولی بایستی از چهارتراشهای مقاوم در ابعاد لازم جهت عضوهای تیرچه‌ها که در چنین اجرای اصولی بایستی از چهار تراشهای مقاوم در ابعاد لازم جهت عضوهای مؤثر استفاده شود، چرا که از تیرهای گرد نمی‌توان این اتصالات را بخوبی چهار تراش که اجزاء در مقاطع یکنواخت و ابعاد مستقیم در یکدیگر نشست داشته بوجود آوریم.

علاوه بر اتصالات اصلی ذکر شده از اتصالات فرعی نظیر اجرای کنشکاف، قلیف و نیم‌آنیم سرتاسری و غیره جهت اسکلت آبرو و نصب تخته قبل از لاپه‌کوبی نیز استفاده می‌شود تا پیوند و درگیر بودن تخته‌ها با کلافبندی زیر آنها نیز بتواند عملکرد در مقابل واکنشهایی که به وجود می‌آید داشته باشد.

توجه: به طوری که قبلاً اشاره شد(کلیه عضوهای ذکر شده به وسیله اتصالات پیچ و مهره و در بعضی موارد با میخ چوبی دوبل سبب کلافبندی کامل می‌گردد). مسلماً ساخت یک اسکلت خرپا با چنین روشی از حالات اصطلاحاً ثقف‌کاری خارج شده و تلفیقی از خرپاسازی و درودگری به وجود می‌آید که بایستی با حوصله تمام و دقت اجرا، تمام مراحل ساخت آن انجام شود.

مسلماً در مقابل حرکات ذکر شده رفتار اجرا در عضوها به خوبی عملکرد داشته بدون این که اجزا از یکدیگر جدا و اسکلت خرپا دچار مخاطره شود، شکل‌پذیری آن خنثی و اسکلت خرپاکه تارک ساختمان می‌باشد، سالها با خود استخوانبندی ساختمان پابرجا خواهد بود. در اشکال ذیل نمونه‌ای از این اتصالات را در ابتدا بررسی کرده و سپس از آنها جهت چگونگی ساخت یک اسکلت اصولی اسکلت خرپا بهره می‌گیریم.(شکل ٤٥٥ تا ٤٧٥) (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۳۸۱ تا ۳۸۲)

رعایت اصول ضد زلزله در خرپاسازی

در مواقع بروز زمین لرزه و حرکات حاصله و اثرات آن بر اجزاء چوبی در اسکلت‌سازی خرپا واکنشهایی به وجود می‌آید. علاوه برداشتن قفل و بستهای کامل و بستهای کافی و کلافبندی اجزا در آنها بایستی بدون تغییر فرم‌گیری اسکلت خرپا حرکت‌پذیری در آن نیز وجود داشته باشد.

مسلماً به علت داشت کشوهای متحرک و حرکت‌پذیری پیچ و مهره دربست مفاصل، اجرای رکابی‌های فلزی اثر واکنشهایی که از فشارهای حاصله برگره‌های چوبی(مفصل‌ها) و اتصالات آنها وارد می‌شود به درستی دفع می‌گردد، که در درجات پایین زلزله جهت بناهای چوبی مستقر در روی خط زلزله خواهد بود. این روش خود سبب پایداری اسکلت چوبی در خرپاسازی می‌باشد.

در اشکال زیر عملکرد اتصالات یک خرپا را در مقابل اثر تئوری نیروهای وارده برگره‌های مفصل را بررسی می‌کنیم.

توجه: رعایت کلی اصولی ضدزلزله با غلتکی کردن ستونها اما به شکل مهار شونده برروی پی‌ها از اصول ساختمانهای چوبی برروی خط زلزله‌های مداوم خواهد بود.(شکل ٤٧٦-٤٧٧) (زمرشیدی، ١٣٨٠، ص٣٨٦ تا ٣٨٧)

نصب ورق: سیمکوپوش

ورق سفید را اصطلاحاً سیمکو می‌گویند، کلمه سیمکو روسی می‌باشد و به علت اقلیم ایران و کشورهای همجوار، در شهرهای ساحلی دریای خزر، در روسیه از پوششهای سیمکو استفاده می‌شود. از این‌رو در دوره قاجاریه بنا به تقلید و کارآیی مفید ورق، جهت پوشش در ساختمانهای شمالی ایران مورد استفاده واقع شده و بدین سبب به نام ریشه لغوی خود «بسیمکاخانه» معروف گردیده است.

اجرای پوشش ورق: پوشش ورق از ناحیه آبرو شروع می‌شود که اجرای آن به شکل درجاسازی و نصب براسکلت تخته‌ای بوده و یا به صورت معلق ساخته می‌شود.

الف: برای پوشش آبرو با زیرسازی چوبی به اندازه عرض آبرو با توجه به تورفتگی آن و اورلپ ورق جهت نشست در زیر ورق دیگری و برگشت آن در ناحیه لب‌بند و زیر کار تعیین می‌شود. عرض ورق ١٠٠ و طول آن ٢٠ سانتیمتر می‌باشد.«معمولاً از ورق ضخیم ٠/٦ میلیمتر برای پوشش استفاده می‌شود» در مواردی اندازه عرض آبرو و برگشت آن در ناحیه لب‌بند و زیرکار به شکل کنسول بیشتر از ١٠٠ سانتیمتر خواهد بود که در این حالت به شکل مرحله‌ای پوشش می‌شود.

١- بطور کلی بنا به عرض آبرو و طول ورق در دو متر، ورقها با رعایت برگشت، دو لایه در جوار هم واقع شده و اتصال یکسره به وجود می‌آید.

٢- محل سوراخ ناودانی اصطلاحاً چاک داده شده و این شکافها در لوله کف خواب که بعداً شرح آنرا بررسی خواهیم کرد، نشست می‌کند.

۳- در قدیم به وسیله میخ پرچهای ورق و امروزه به وسیله میخهای کوتاه و چهارسوی قطور، ورق به اسکلت چوبی زیر خود همچنین به تخته سرتاسری آبرو، و بعد از آبرو به تخته لب‌بند و کنسول زیرکار میخ می‌شود و متصل می‌گردد.

توجه: در مواردی عرض آبرو و لب‌بند و زیرکار بیشتر از ۱۰۰ سانتیمتر خواهد بود. در این حالت ورق لب‌بند و کنسول جداگانه تهیه شده با رعایت پوشش اورلپ به ورق آبرو متصل می‌شود.

ب: آبروی معلق: ۱- به طوری که قبلاً گفته شد، زیرسازی جهت نگهداری آبرو به وسیله تسمه‌های آهنی مدور انجام می‌شود. عرض ورق به اندازه طول تسمه نیمدایره بریده شده و در حالت مدور تسمه شکل خمیده به ورق داده و سپس هر قطعه با برگردان در قطعه همجوار نشست می‌کند.

۲- آبرو مدور در روی تسمه‌ها طوری مستقر می‌گردد که از طرف جلو جهت نگهداری با برگشت تسمه درگیر شود و از ناحیه عقب به کش سرتاسری نیز میخ می‌شود.

۳- برگشت ورق آبرو به فاصله هر یک متر و به وسیله میخ پرچ ورق به پوشش آبرو متصل می‌شود.

پوشش شیروانی: ورقهایی که جهت پوشش شیروانی انجام می‌شود به عرض ۷۵ و به طول ۲۰۰ سانتیمتر می‌باشد. طویل شدن ورق با قراردادن طول در جوار طول ورق دیگر می‌باشد. جهت اتصال دو ورق به یکدیگر که اصطلاحاً پیچک گفته می‌شود ۷/۵ سانتیمتر با برگشت در دو لایه خواهد بود که با چکش‌زنی دو برگشت از دو قطعه ورق پرس شده اتصالات طویل شدن بدون نفوذ آب به وجود می‌اید.

قطعات طولی تهیه شده ورق نیز با رعایت ۷/۵ سانتیمتر جهت برگشت پیچکها، که برای ردیفهای عرضی برگشت داده می‌شود آماده نصب برروی ترکه‌ها می‌گردد.

توجه: عمل طویل کردن ورقها به شکل طولی و برگردان ساختن پیچکها در سطح زمین انجام شده و جهت نصب برروی کلاف و لاپه‌ها حمل می‌شود.

نصب ورقها: با رعایت پیچک افقی و اتصال با ورق آبرو از یک جهت و اتصال پیچک در پیچک همجوار در سطح شیب‌دار خرپا، طویل کردن ورق به وجود می‌آید. با کوبیدن چکش پیچکهای همجوار در یکدیگر پرس شده و عمل برگرداندن پیچ مشترک را به شکل «واحد» و تکی انجام می‌دهد. در نتیجه ورق یکسره شده و به وسیله میخ‌پرچ حلبی ورق طویل شده سپس «به ترکه» و یا لاپه‌ها میخ و متصل می‌شود.

توجه ۱- شیارهای به دست آمده از پیچکها باعث می‌شود که آب باران در مسیری مانند جوی به طرف پایین سرازیر گردد.

توجه ۲- میخ‌پرچ، میخی است که از زائده‌های ورق سفید شیروانی به شکل مثلث بریده شده و به شکل میخ ساخته می‌شود. معمولاً محل نشست میخ برروی ورق با «سمبه» زدن برورق و سوراخ کردن آن در ناحیه«لاپه» محل عبور میخ پرچ به وجود آمده با چکش زدن میخ از ورق گذشته در لاپه نیز نشست کرده و اتصال ورق با لاپه و در نتیجه به اسکلت شیروانی به وجود می‌آید. مزیت این میخ، مخروطی بودن آن و گل میخ پهن آن می‌باشد که این اساس باعث درگیر بودن بیشتر ورق با لاپه می‌سود. در صورتی که میخهای معمولی فلزی به قطر یکنواخت و با گل میخ کم در مقابل باد مقاومت چندانی ندارد و همیشه خطر بلند شدن ورق از جای خود وجود دارد.

توجه: بعد از میخ‌کوبی بلافاصله اطراف میخ را با «بتونه» که از مخلوط کردن روغن الیف و یا برزک با پودر«گل مهل» ساخته می‌شود، با انگشت پر می‌کنیم تا نفوذ آب را از هر جهت غیرممکن سازد.

هواکش با کفترخوان: برای نفوذ هوا به داخل شیروانی، معمولاً در چند نقطه از سطح شیروانی قطعاتی از ورق را به شکل نیمه مخروط ساخته شده و در ناحیه جلو آن با رعایت پس‌نشین ورق مشبک به آن وصل می‌شود. ضمناً شیاری باز در ورق شیروانی در ناحیه زیر کفتر خوان داده شده و پوشش مخروط برروی آن مستقر می‌گردد. این پوشش که از ریزش آب باران و برف به داخل اسکلت پیشگیری می‌کند، وسیله میخ‌پرچ به لاپه متصل می‌شود.

توجه: در برخی از پوششهای شیروانی حالتهای یکطرفه و دو طرفه نیز مطرح می‌باشد. در چنین مواردی جهت پیشگیری از نفوذ و یزش آب برف و باران از دیوار همسایه در محل تقاطع با دیوار شیروانی ورق پوشش با برگشت ۹۰ درجه و میخ کردن آن به دیوار همسایه و با اندود ماهیچه انجام می‌گردد.

علاوه بر موارد ذکر شده در محل تقاطع گونه دودکش با شیروانی بایستی با رعایت برگشت پوشش ورق همراه باشد تا امکان نفوذ آب در محل تقاطع از بین برود.

رنگ‌آمیزی پوشش: بیشتر ورقهایی که جهت پوشش شیروانی به کار می‌روند سفید و «گالوانیزه» هستند، اما در مواردی از ورق سیاه و غیره گالوانیره نیز برای پوشش شیروانی استفاده می‌شود که سریعاً اکسیده می‌شود و به اصطلاح زنگ می‌زند.

رنگ‌آمیزی بخوبی خطر اکسید شدن و زنگ‌زدگی و پوسیده شدن این نوع ورقها را در مقابل رطوبت و آب از بین می‌برد. قابل ذکر است که رنگ‌آمیزی برروی چنین ورقهایی باید هر چند سال یکبار به طور اصولی انجام شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۳۸۸ تا ۳۹۳)

سفال‌پوش(سفالخانه)

قدمت پوششهای سفالین کمتر از لت‌پوش ولی بیشتر از شیروانی با ورق‌پوش می‌باشد.

در قدیم استفاده از پوشش سفال، تکاملی بوده است در پوشش اسکلتهای چوبی. اما با پیدایش ورق در شیروانی و سایر مصالح دیگر از این پوشش بیشتر به عنوان تزئین استفاده می‌شود.

سفال‌پوشها در شکلهای مختلف انجام می‌شود که در مجموع قطعات آن از سفالهای «استوانه‌ای مخروطی» که نیمدایره نیز گفته می‌شود، تاجی، موجدار، شیاردار و تخت تشکیل می‌گردد.

معمولاً سفالهای استوانه‌ای با دست ساخته می‌شود و از میان بریده شده به کوره برده می‌شود. پس از پختن، به صورت درگیر و کلاف در یکدیگر در پوششها دوبندیهای دو سطح همجوار، یعنی در خط شیبها و در پوشش دو بند خط‌الرأس استفاده می‌شود. این سفال به نامهای سفالهای رشتی و گیلانی معروف می‌باشد.

سفالهای موجدار نیز با دست و یا امروزه با ماشین ساخته شده و جهت پوششها به خصوص در کناره دیوارهای مشترک و ساختمان همجوار جهت برگرداندن آب به داخل و به طرف پوشش سفال به کار می‌رود. سفالهای شیاردار از مقاومترین سفالهای موجود می‌باشد که شیارهای آن حالت تیرچه را در سفال به وجود می‌آرود. و سبب نگهداری سفال می‌گردد. ضمناً با استقرار شیار، سفال بالایی در شیار سفال زیرین سبب درگیر بودن بیشتر آنها می‌شود.

در پشت سفالهای تخت که در اشکال مختلف ساخته می‌شود، پشت‌بندی جهت نگهداری آن تعبیه می‌شود که در پشت «ترکه» واقع می‌گردد. به طور کلی سفالها دارای شیارهایی می‌باشند که از پشت و روی به شکل نری از یک قطعه در مادگی از قطعه دیگر سبب کلاف دو عضو سفال می‌شوند.

ضمناً پشت‌بند نگهدارنده به طور سرتاسری ساخته می‌شود تا هم سبب درگیری با ترکه شود و هم سفال بالایی را نگهداری کند.

معمولاً سفالهای تخت و شیاردار به نام سفالهای ماشینی معروف می‌باشند که طول آنها حدود ۳۵ و عرض آنها ۲۰ و ضخامتشان به ۲ سانتیمتر می‌رسد. جهت عایق بودن سفالها در مقابل رطوبت از لعاب‌دادن آنها به طرق مختلف استفاده می‌شود.

زیرسازی پوشش سفال: قبل از کارگزاری پوشش سفال، زیرسازی آن دارای اهمیت فراوانی می‌باشد که به نحوه اجرای آن می‌پردازیم.

ترکه‌بندی: ۱- اسکلت خرپاسازی و آبروسازی به شکل اسکلت‌سازی و معلق مانند اسکلت‌بندی شیروانی می‌باشد که قبلاً ذکر گردید. معمولاً پس از نصب تخته به اندازه ۵۰ تا ٦۰ سانتیمتر در شروع اسکلت، به جای لاپه‌ریزی در پوشش ورق در این مرحله جهت پوشش سفال، از «ترکه»بندی استفاده می‌شود.

۲- ترکه از چوبهای چهارتراش به ابعاد ٤×٦ سانتیمتر به طول محور تا محور تیرهای مورب می‌باشد معمولاً فاصله تیرهای مورب کمتر از ۱۲۰ سانتیمتر بوده زیرا فاصله‌دار بودن تیرهای مذکور سبب باربری بیشتر «ترکه»ها خواهد شد تا خطر شکستن در آنها پیش نیاید.

۳- فاصله ترکه‌ها با رعایت ۱۰ سانتیمتر از لبه آبرو و سپس ۲۵ سانتیمتر و در نصب ترکه‌های بعدی تماماً ۳۰ سانتیمتر تا خط‌الرأس رعایت می‌شود، که اصولاً با ریسمانکشی و همسطح شدن آنها یکی بعد از دیگری در موازات یکدیگر به تیرهای مورب میخ می‌شود و آماده پوشش سفال می‌گردد.

توجه ۱- جهت همسطح شدن ترکه‌ها معمولاً دو ترکه شروع دارای قطر کمتری می‌باشد و این به علت استقرار آنها برروی تخته‌پوش زیر می‌باشد.

توجه ۲- در محاسبه ترکه‌بندی باید به ترکه‌های انتهایی و خط‌الرأس توجه داشته باشیم که فاصله آنها از دو جهت شیب فقط ۱۰ سانتیمتر باشد. حالت مذکور را در برش ملاحظه خواهیم کرد.

سفال‌گذاری: پس از ورق‌کوبی آبرو در اسکلت‌چوبی و سا ساختن آبروی معلق به شرحی که قبلاً گفته شد اولین سفال با رعایت پیش‌آمدگی به اندازه ۱۰ سانتیمتر در آبرو به پشت ترکه متصل می‌گردد.

۲- پس از پوشش ردیف اول ردیف دوم و ردیفهای بعدی سفال با رعایت پیوند $\frac{1}{2}$ در پوششهای تخت و یا شیاردار و با توجه به پشت‌بند هر سفال به پشت ترکه نصب آنها انجام می‌شود. در پوششهای استوانه‌ای با استقرار قطعات سفال و با پوشش اورلپ به شکل نری و مادگی در خمیدگی یکدیگر عمل سفال‌گذاری تا خط‌الرأس و شیبهای کناری دو سطح دنبال می‌گردد.

۳- جهت پوشش تارک و خط‌الرأس و دو سطح شیب، پوششها از سفالهای نمیگرد با استفاده از ملات مقاوم ماسه سیمان برروی سفالتهای انتهائی و پرکردن ملات در سفال نیمگرد، عمل سفال‌گذاری این نواحی انجام می‌گردد.

توجه ۱- در قدیم به جای ملات ماسه سیمان از ملات ساروج استفاده می‌شده است.

توجه ۲- در دیوارهای مجاور همسایه و ساختمانهای بلندتر و همچنین در کناره دودکشها باید سفال‌گذاری کناره‌ها، با رعایت شیب به طرف داخل پوشش و با استفاده از ملات در زیر آنها انجام شود. تا نفوذ آب در کناره‌های دیوار و دودکشها به داخل اسکلت پیش نیاید. ضمناً کشیدن ملات به شکل اندود ماهیچه برروی سفال در کناره‌های مذکور از اصول کار می‌باشد.

معایب و محاسن در سفال‌پوشها: به علت عدم اتصال بسیار دقیق و نگهداری کامل با ترکه‌ها خطر بلند شدن سفالها در مقابل بادهای شدید ممکن می‌باشد. از این‌رو در قدیم از پوشش سفال در ارتفاعات به طور نادر بهره‌گیری می‌شده است اما امروزه از تسمه‌کشی و یا میل‌گرد به وسیله سیم‌پیچی، محکم با ترکه سبب اتصال می‌شود.

مسلماً وزن فلز و اتکای سرتاسری سبب نگهداری سفالها می‌گردد. ضمناً پوشش سفالهای نیمگرد با ملات در خط شیب پوشش سیم‌پیچ می‌شود.

توجه ۱- چنانچه ترکه‌ها قطورتر انتخاب شوند و از اندودهای شیمیایی که دارای چسبندگی فراوان می‌باشد در بین دو پوشش سفال در ناحیه ترکه استفاده می‌شود، پیوند جالبی در پوشش به وجود می‌آید.

توجه ۲- بجز از ملات شیمیایی از چسب کاشی نیز می‌توان جهت چسبانیدن دو قطعه سفال استفاده کرد.

محاسن سفال پوشها: ۱- چنانچه سفالی بکشند قطعه مذکور به راحتی قابل تعویض می‌باشد.

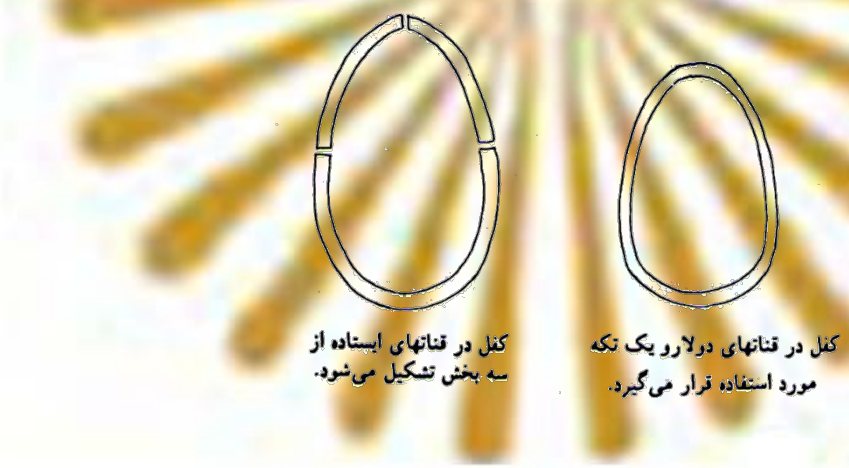
۲- زیبایی سفال و پوشش در سطح وسیع از ویژگی آن می‌باشد با توجه با اینکه امروزه از پوششهای دیگری چون ارداوازهای معمولی و رنگین نیز استفاده می‌گردد اما جدا از حالت سنتی زیبایی پوشش سفال همیشه مورد توجه خاص بوده است. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۴۰۰ تا ۴۰۷)

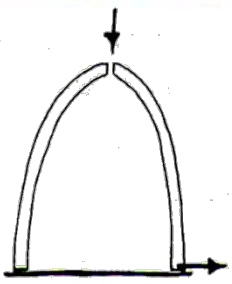
فصل چهارم

٤-١. رفتار سازه ای طاق ها

پوشش منحنی (سغ)

این نوع پوشش به علت کمبود مصالح چوبی و امکان دسترسی به خشت و گل در اکثر نقاط کشور ما متداول شده است. با توجه به اینکه قدرت ایستایی پوششهای منحنی بسیار قابل توجه است و پوشاندن دهانه های بزرگ با آنها میسر است، این نوع پوشش همواره مورد توجه بوده است. برای مثال، می توان قدرت لایه های منحنی را در کفل قناتها مشاهده کرد که ضمن تحمل وزن بسیار زیاد خاک، وظیفه مورد نظر خود را نیز انجام می دهند . همچنین در سیلوها به منظور تحمل فشار بار انبار غله از پوشش منحنی استفاده می شود . در پوششهای خاکی یا تخم مرغی از قسمت (۱) برای پوشش دهانه های وسیع و از قسمت (۲) برای پوشش دهانه های کوچک (مانند درگاهی) استفاده می شود.





سه نوع پوشش منحنی در معماری سنتی ایران قابل مشاهده است: ۱. چَفد (قوس)؛ ۲. تاق ۳. گنبد. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۲۸)

چَفد (قوس):

این پوشش در نقاط مختلف کشور نامهای متفاوتی دارد؛ [1] در مناطقی به چُغد و یا سَفد موسوم است و به زبان لاتین آرک یا آرگ نامیده می شود.

چفد یا قوس باریکه ای است که بین دو پایه یا دو دیوار اجرا می شود و مانند تیر حمال (باربر) وزن تاق و سقف را به پایه ها منتقل می کند. معمولاً در محل تکیه گاههای قوس رانش ایجاد می شود ، در معماری ایران، برای تضمین تعادل قوس و خنثی کردن رانش آن از روشهای زیر استفاده شده است:

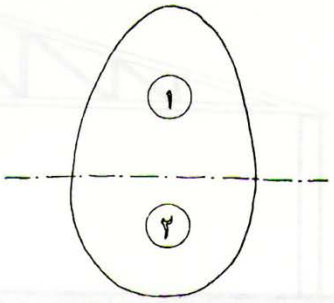
الف) سنگین کردن تکیه گاه قوس (ایجاد ضخامت بیشتر در پایه چرز) .

ب) استفاده از مهارچوبی .

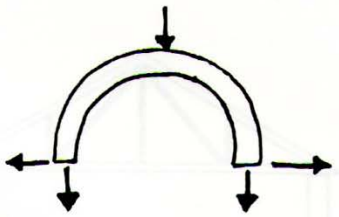
پ) استفاده از پشبند.

گاه نیز از ترکیب این روشها استفاده می شود.

[1] تویزه، لنگه، باریکه، شاخه هاي منحني شكل.

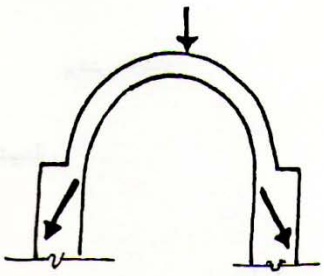


شکل ۱۳ پوشش خاگی (تخم‌مرغی)



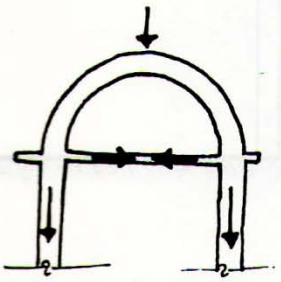
شکل ۱۴ نمایش توزیع نیروها. *

* مأخذ: مهدی فرشاد، تاریخ مهندسی در ایران تهران، گویش، ؟.



شکل ۱۵ سنگین کردن تکیه‌گاه قوس. *

* مأخذ: مهدی فرشاد، تاریخ مهندسی در ایران تهران، گویش، ؟.

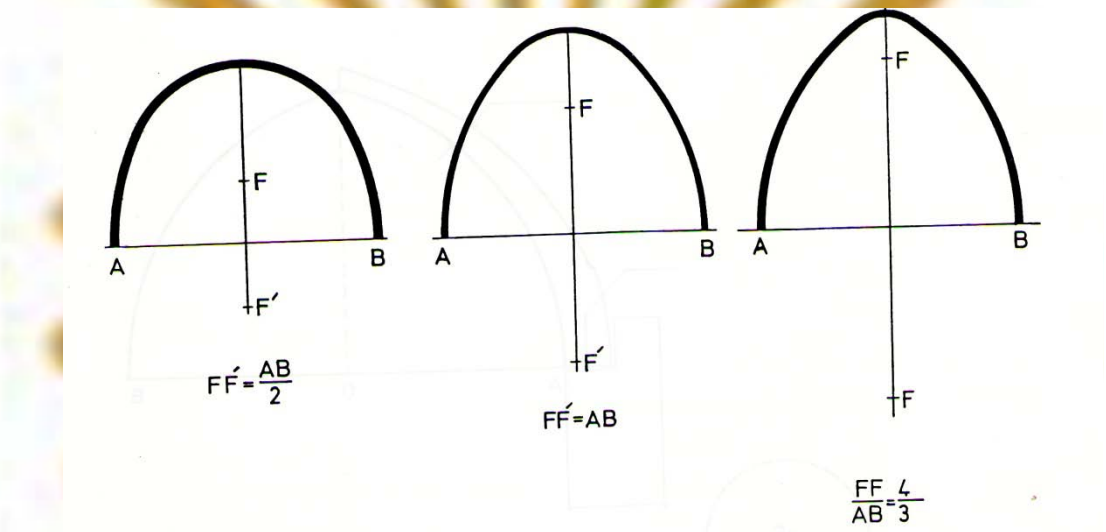


چفد (قوس) دارای انواع گوناگونی است و از نظر اجرا نیز متفاوت است. به طور کلی، بار وارد بر قوس سبب فعل و انفعالاتی در آن می شود که با توجه به آنها، نوع منحنی و طریقه اجرا نیز

متفاوت می شود. اکنون برای آشنایی با قوس، به معرفی قسمتهای مختلف آن (شکل ۱۷) و تاثیرات بارگذاری و تقویت نقاط ضعف آن می پردازیم.

هر قوس از قسمتهای مختلف شامل دهانه، افراز، شُلال یا راستین قوس، پاکار، شانه و تیزه تشکیل می شود. تاق شامل ضخامت، کیز یا نشیمنگاه قوس است.

بخشهای مختلف قوس نیمدایره بر اثر بارگذاری عکس العملهای مختلفی از خود نشان می دهند. مثلاً در شکرگاه (۵۰ ر ۲۲) قوس چاکیده به بیرون، در اِوارگاه چاکیده به درون و در نوک قوس کلکن می شود .



در قوسهای ایرانی، برای رفع این مشکل سعی شده منحنی قوس را به منحنی رانش نزدیک کنند و به همین دلیل (ضعف در باربری)، در کشور ما هیچ گاه از قوس دایره استفاده نشده است، چرا که میزان بارگذاری در تمام قوس یکنواخت نیست، حتی در قسمتهای ضعیفتر با افزایش و یا کاهش بار به ایستایی قوس کمک می کنند. برای مثال، در بخشی از قوس با زاویه ۵ ر ۲۲ (شکرگاه) با افزودن بار اضافی یا کنال پوشش (کانه پوش) از شکستن قوس جلو گیری می شود. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۲۸ و۲۹)

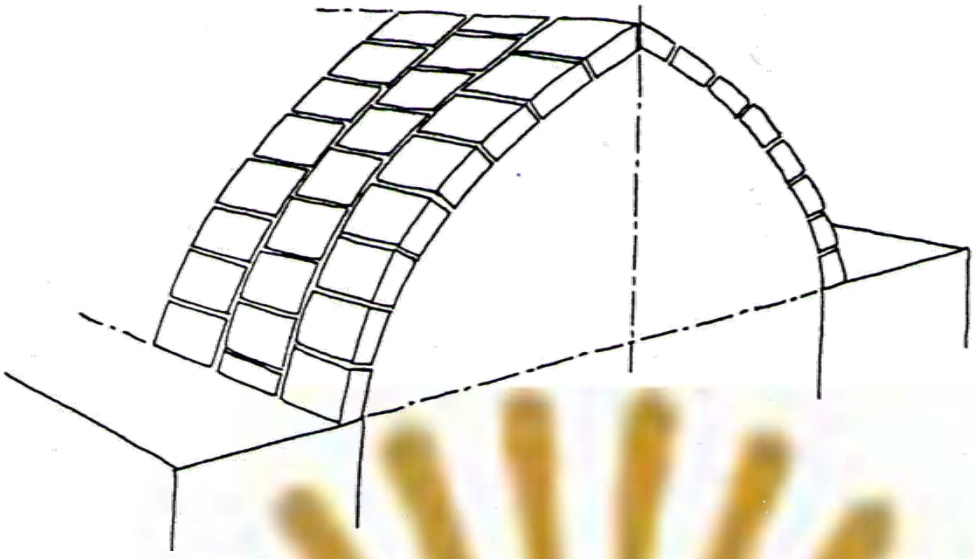
قوسهای بیضوی:

پیش از اسلام در ایران از قوسهای بیضی شکل استفاده می شده و با توجه به دهانه های مختلف، نوع منحنی بیضی متفاوت بوده است .در دهانه های وسیع فاصله کانونی بیش از دهانه است، در دهانه های متوسط فاصله کانونی تقریباً برابر دهانه است و در دهانه های کوچک فاصله کانونی نصف دهانه است. نمونه این نوع قوس را در بناهای دوره ساسانی از جمله در فیروزآباد، سروستان و تخت سلیمان می توان مشاهده کرد.در دوره بعد از اسلام، به علت وجود ارتفاع زیاد قوسهای بیضوی، برای پرهیز از عظمت گرایی، تلاش در چهت کاهش قوسها به عمل آمد و بدین منظور از دو بیضی متداخل استفاده شد . قوس حاصل به قوس تیزه دار معروف شد. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳۰)

اجرای قوس به روش ضربی یا پَر: در این روش، آجرها از بخش زیرین به صورت نره و از پهلو به صورت صفحه کامل قابل مشاهده هستند. در آن یک لایه آجر را به قاب می چسبانند و پس از اجرای این ردیف، رجهای بعدی را اضافه می کنند، به صورتی که درز آجرها روبه روی هم قرار نگیرند . این نوع قوس نیز در ایران دارای ریشه تاریخی است. اجرای آن بسیار آسان است، ولی دوام آن از شیوه رومی کمتر است، زیرا امکان در رفتن آجرها از کناره ها بیشتر است. به همین دلیل از این روش بیشتر در بخش وسط سازه های قوسی استفاده می شود و اطراف آن را به شیوه رومی می بندند. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳٤)

اجرای قوس به روش لاپوش یا تیغه ای:

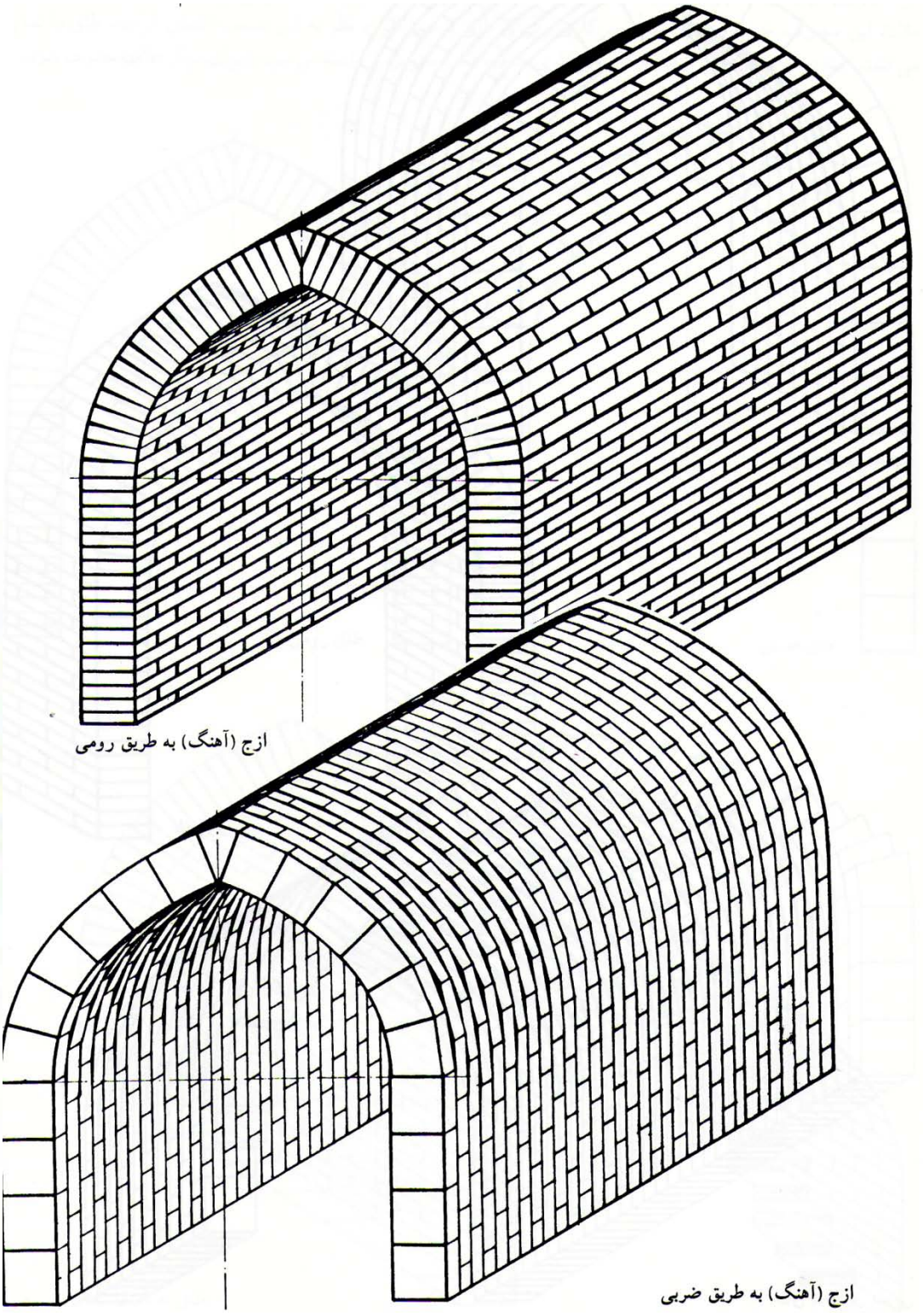
در این روش آجرها به صورت تیغه ای به کار می روند و ضخامت آجر، ضخامت قوس را تشکیل می دهد و آجرها از قسمت بالا و همچنین پایین به طور کامل دیده می شوند .. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳٤)



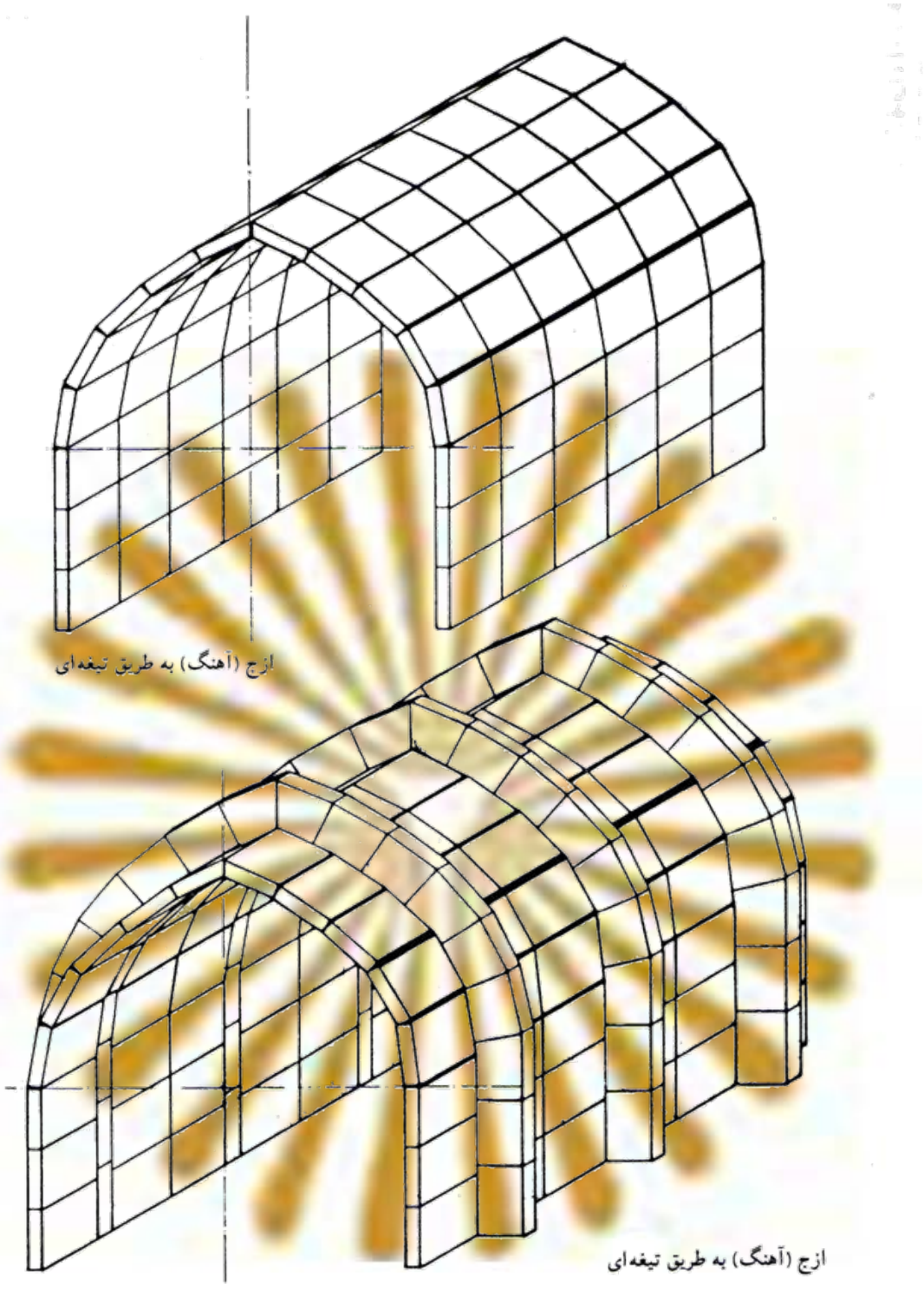
- **اجرای پوشش در ازج**

برای پوشش محلهایی که نقشه آن به صورت مستطیل است از این نوع استفاده می شود و در این پوشش نیز چندین شیوه انجام شده است:

اول: اجرا به شیوه رومی؛ در اجرای این شیوه همان طور که در طاقها گفته شد پس از اتمام ساختمان دیوارها ابتدا قالب بندی زیر طاق در تمام سطح انجام گرفته و سپس آجر کاری آن در تمام سطح روی قالب شروع می شود. البته در اجرای این شیوه باید دقت گردد که آجر کاری و یا سنگ چینی باید از دو طرف سقف به طور یکنواخت انجام گیرد تا موجب فشار یکطرفه و انحراف و شکستگی قالب و سقف نشود. در اجرای این شیوه نوع دیگری نیز عمل می شود و آن بدین صورت است که در قالبهای جداگانه و تویزه ها در محلهای انتخابی و معین در طول سقف کار گذارده شده و سپس آجرچینی روی دور آن شروع می شود و برای مستقیم بودن آجرها در فواصل بین دو تویزه از ریسمان بنایی استفاده می شود.



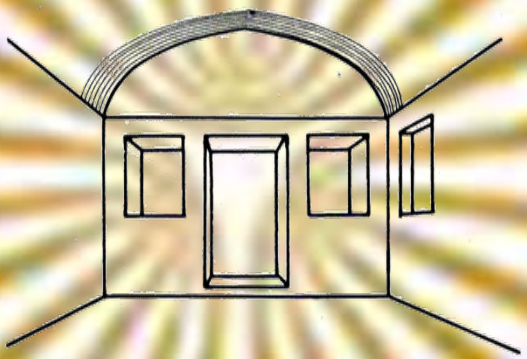
بدیهی است در اجرای این دو روش ملاحظه می شود که آجرچینی در روش اوّل، از روی قالبها انجام می گیرد ولی در روش دوم، از زیر آجر کاری را انجام می دهند، مضافاً به اینکه اگر در پوشش سقف از قلوه سنگ استفاده شود بهتر آن است که از روش اول بهره گیری گردد.



دوم: اجرا به شیوه ضربی، در پوشش ازج به شیوه ضربی آنچه تا کنون دیده شده روشهای زیر است:

۱- پس از اتمام آجر کاری دیوارهای مقابل و آماده شدن پایه طاق، دیوار انتهایی تالار تا ارتفاع پوشش ساخته شده و قوس دور مورد نظر روی آن رسم گردیده، سپس آجرکاری سقف با چسباندن آجر روی خط دور و هر رگ روی رگ ما قبل شروع و به اتمام رسانیده می شود. به این نوع پوشش، گهواره ای یا کوره پوش گویند.

۲- پس از اتمام آجرکاری دیوارهای مقابل و آماده شدن پایه طاق، دیوار انتهایی را نیز تا پایه طاق ساخته و سپس از دوگوشه شروع به زدن سقف به شیوه ضربی کرده تا به یکدیگر وصل شده و بعد دور کلی سقف را شروع و به اتمام می رسانند. در این نحوه کار به طوری که ملاحظه می شود رگ آجرها روی یکدیگر خوابیده و نسبت به سطح افقی متمایل می باشند.



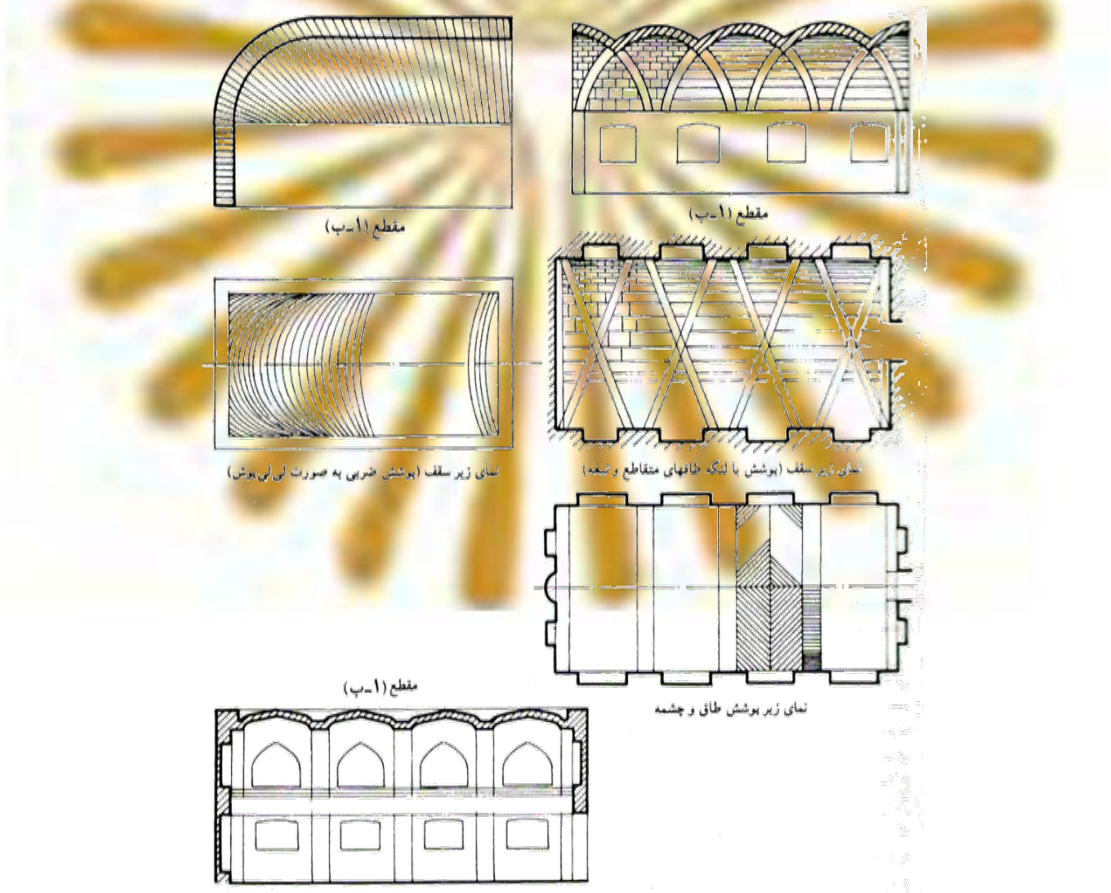
طاق آجر - ضربی به نام لی‌لی‌پوش

پوشش به صورت طاق متقاطع و تیغه‌ای

همچنین ممکن است آجر کاری سقف را از چهر گوشه شروع نموده و در وسط سقف آن را تمام کرد. این نوع پوشش را «لی لی پوش» گویند.

۳- آجر کاری سقف با استفاده از هر دو شیوه رومی و ضربی، در این نحوه اجرا بیشتر نمای زیر سقف ازج به صورت رگهای محیطی متحدالمرکز دیده می شود و برای انجام این کار طرق مختلفی توسط استادکاران مورد استفاده قرار می گیرد که متداول ترین آنها استفاده از خشت برای محل رگهای مخالف است.

٤- آجرچینی جناغی یا خفته بیدار، در ساخت سقفهای ازج می باشد، این طرز کار بیشتر در سقف، بین لنگه طاقها مورد استفاده قرار می گیرد و برای شروع آنها از دو گوشه سقف شروع و سقف به صورت مورب ساخته می شود.



۵- پوشش به صورت طاق و چشمه، که محل پوشش در طول تقسیم بندی شده و سپس لنگه طاقهایی به شیوه رومی یا ضربی ساخته شده و فاصله بین آنها روی دور طاق به شیوه ازج پوشانده می شود. در این نحوه چنانچه بخواهند در سطح پوشش از روشنایی استفاده نمایند، روی لنگه طاقها را تا تر از راس آنها آجرکاری کرده، سپس آنها از دو طرف لنگه طاقهایی زده و پوشش آخر را به شیوه ازج اجرا می نمایند و بدین ترتیب از فضای زیر دو لنگه طاق کوچک بالا برای روشنایی استفاده می شود.

٦- در پوشش سقف محلهای مستطیل شکل با استفاده از لنگه طاق به نحوه دیگری نیز عمل می کنند و آن بدین صورت است که پس از تقسیم بندی، لنگه طاقهایی به شکل باریکه به طور متقاطع به سه رگ آجر ساخته و سپس سطوح بین آنها که مثلثها و یا لوزیهای محدب می باشد با تیغه آجر پوشانده می شود.

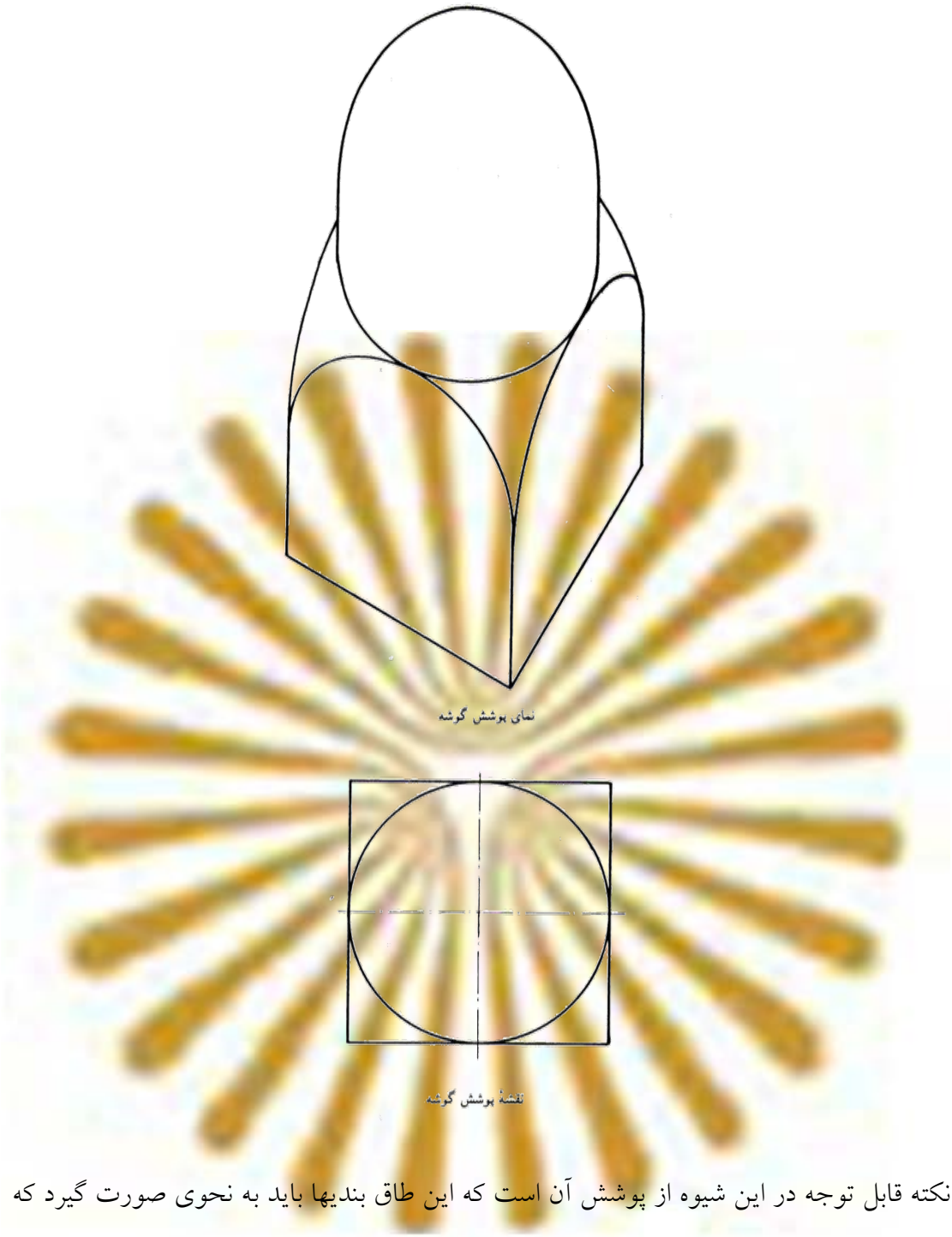
پوشش به صورت طاق و چشمه

پوشش سقف گنبدی روی دایره با قطر معادل قطر مربع

در این شیوه پوشش که بیشتر روی چهار جرز و یا چهار ستون پایه به اجرا در می آید، پس از اجرای طاقهای حد فاصل جرزها و یا ستونها، سطوح بین هر دو طاق به صورت مثلثهای کروی که راس آنها در پایین قرار دارد و روی منحنی کره ای با قطر معادل قطر مربع بوده و قاعده آنها در بالا به طوری که هر دو راس مجاور هم بوده و ضلع چهار مثلث جمعاً دایره کلاف شروع گنبد و یا عرقچین را به وجود می آورد، ساخته شده است.

در این شیوه، چنانچه پس از آماده شدن دایره کلاف گنبد، پوشش روی حجم گنبدی اجرا گردد سقف به شکل گنبدهای مرکزی کلیساها و یا گنبد خانه ها دیده می شود که در قسمتهای مرکزی به اجرا در می آید؛ ولی چنانچه ساختمان پوشش در امتداد همان منحنی اولیه و در ادامه سطوح چهار مثلث گوشه ها، ادامه پیدا کرده به اتمام رسانیده شود، پوشش قسمت مرکزی صورت قطعه ای از کره (عرقچین) را پیدا می کند. در این نوع پوشش به طوری که دیده می شود مقدمتاً سطح محلی که می خواهند بدین شیوه پوشش گردد با پایه گذاری و چنانچه در سطوح وسیع باشد آن را به صورت جدول به چهارخانه هایی تقسیم بندی کرده و سپس روی هر کدام به طریقه قسمت دوم یعنی، آنچه در فوق گفته شد پوشانیده می شود.

در این شیوه پوشش نیز به طوری که دیده شده با استفاده از لنگه طاقها می توان مثلثهای کروی چهارگوشه را به صورت بافتهایی زیبا نشان داده آنها را پوشانید و مطابق سلیقه هنرمندان در قسمتهای بین طاقها آثار زیبایی به وجود آورد. که در این صورت، دایره سطح تلاقی قواعد چهار مثلث کروی گوشه ها به صورت کثیر الاضلاع دیده خواهد شد.



نکته قابل توجه در این شیوه از پوشش آن است که این طاق بندیها باید به نحوی صورت گیرد که کثیر الاضلاع حاصل بین آنها در قسمت مرکزی درست مماس بر دایره ای باشد که قطر آن مساوی ضلع مربع تالار است، به عبارت دیگر همان دایره، کلاف شروع گنبد می باشد و بدین ترتیب کلیه پایه طاقها و همچنین رئوس آنها در یک تراز قرار گرفته باشند، یعنی پایه طاقهای اصلی روی چهار دیوار تالار در یک تراز بوده و کاملا امکان ساخت کلاف شروع گنبد اصلی را به استادکاران بدهد.

در این روش امکان دیگری که برای استادکاران فراهم می شود آن است که با استفاده از این شیوه علاوه بر پوشش گنبدی یا عرقچینی روی سطوح مربع، روی سطوح مربع مستطیل هم توانسته اند این نوع پوشش را به اجرا گذارند. البته در این کار نیز دایره اولیه به قطر مربع مستطیل رسم و تقسیم بندی می شود و باز این تقسیم بندی باید به نحوی باشد که کثیر الاضلاع حاصل بین آنها از تقاطع طاقها برای شروع کلاف گنبد و یا عرقچین درست روی قسمت مرکزی و قطر آن معادل ضلع کوچک مربع مستطیل باشد.

نحوه دیگری که برای استفاده از پوشش گنبد روی سطوح مستطیل شکل به کار گرفته می شود آن است که آن را به یک مربع در قسمت وسط (بای ساختن گنبد) و دو مربع متطیل در دو طرف که به صورت دو نیم گنبد پوشانیده می شود، تقسیم می کنند. همچنین باید گفته شود که در ساختمان پوشش به نحوه ازج در بین طاقها در سقفهایی که به صورت طاق و چشمه ساخته می شود، در تالارهای وسیع از این شیوه استفاده می شود.

موضوع مهمی که در ساختمان گنبد به دو شیوه ذکر شده باید مورد توجه قرار گیرد آن است که در شیوه اول یعنی آماده کردن پایه گنبد بر اساس استفاده از کثیر الاضلاعهایی که از مربع شروع و در حد به دایره می رسد، فضاهای پشت طاقها و بین کثیر الاضلاعها باربر نبوده و اشکالی در جهت انتقال وزن و بار گنبد بر پایه ها به وجود نمی اورد، لذا امکان سبک ساختن و مزین نمودن آنها را به هر شکل و طریقه ای برای استادکاران و صاحبان فن به وجود می آورد.

در شیوه دوم نیز با تقسیم بندی و طاق بندیها، وزن و بار گنبد به وسیله طاقها به پایه ها منتقل گردیده، و چون سطوح بین این بافتها فقط پوشش ساده است، می توان آنها را کاملا سبک ساخت و به صورت تزیین در آورد.

این بود ساختمان پوشش بنا پس از آماده شدن تا تعبیه کلاف شروع گنبد، و حال ساختمان گنبد را از روی کلاف دایره شروع گنبد مورد بحث قرار می دهیم: (کاشانی، ١٣٦٦، ص ٨٣-٨٩)

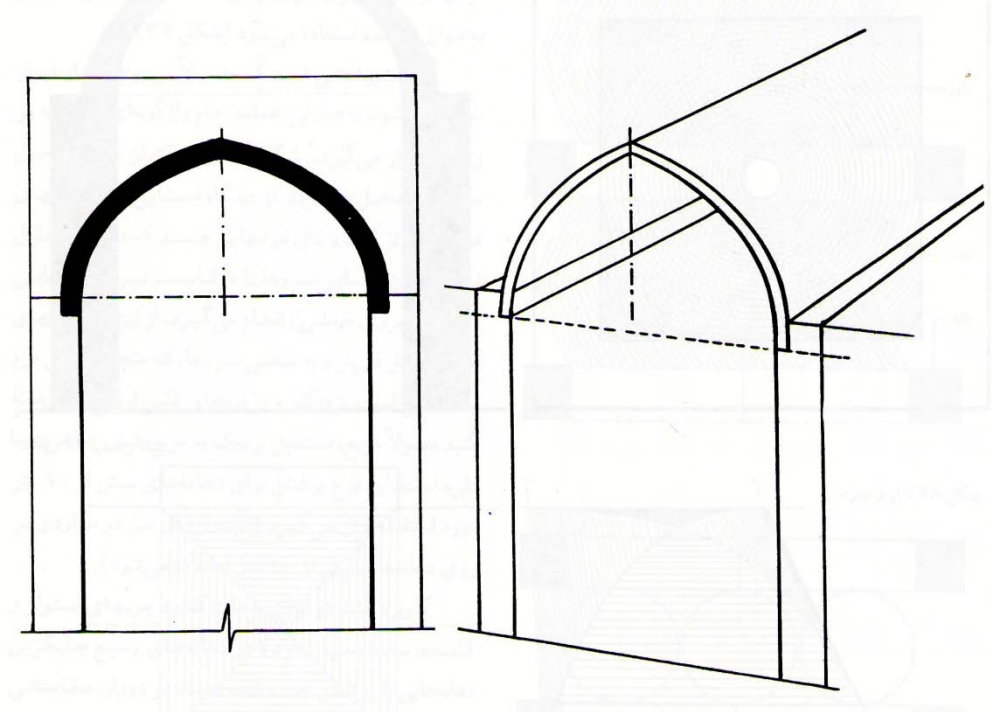
تاق:

پوششی منحنی است متشکل از لنگه قوسهایی که برر وی دیوار موازی باربر اجرا می گردد. این پوشش در معماری ایران دارای پیشینه ای طولانی است، مانند تاقهای زیگورات چغازنبیل، هفت تپه و تاقهای موجود در خانه های سنتی یزد و ... (محب علی، ١٣٧٤، ص ٣٥)

برخی از انواع تاقها به شکل زیر قابل تقسیم بندی است: ١- تاق آهنگ (گهواره ای)؛ ٢- کلنبو؛ ٣- چهار بخشی (چادری)؛ ٤- تاق و تویزه (باریکه یا تاق لنگه)؛ ٥- چهارتاقی؛ ٦- تاق چشمه.

تاق آهنگ:

این پوشش از قدیمی ترین انواع پوشش منحنی در ایران است و به روش ضربی یا پَر (که پیشتر توضیح داده شد) اجرا می شده است (شکل ٢٥). در هفت تپه کوره ای موجود است با تاق آهنگ در حدود دو هزار سال قبل از میلاد به روش ضربی اجرا شده است و همچنین سردابه ای در چغازنبیل مربوط به ١٢٥٠ ق.م با تاق آهنگ که به روش رومی اجرا شده است. شایان ذکر است که تاق آهنگ معمولاً بر روی دهانه های وسیع اجرا می شده است. (محب علی، ١٣٧٤، ص ٣٥)



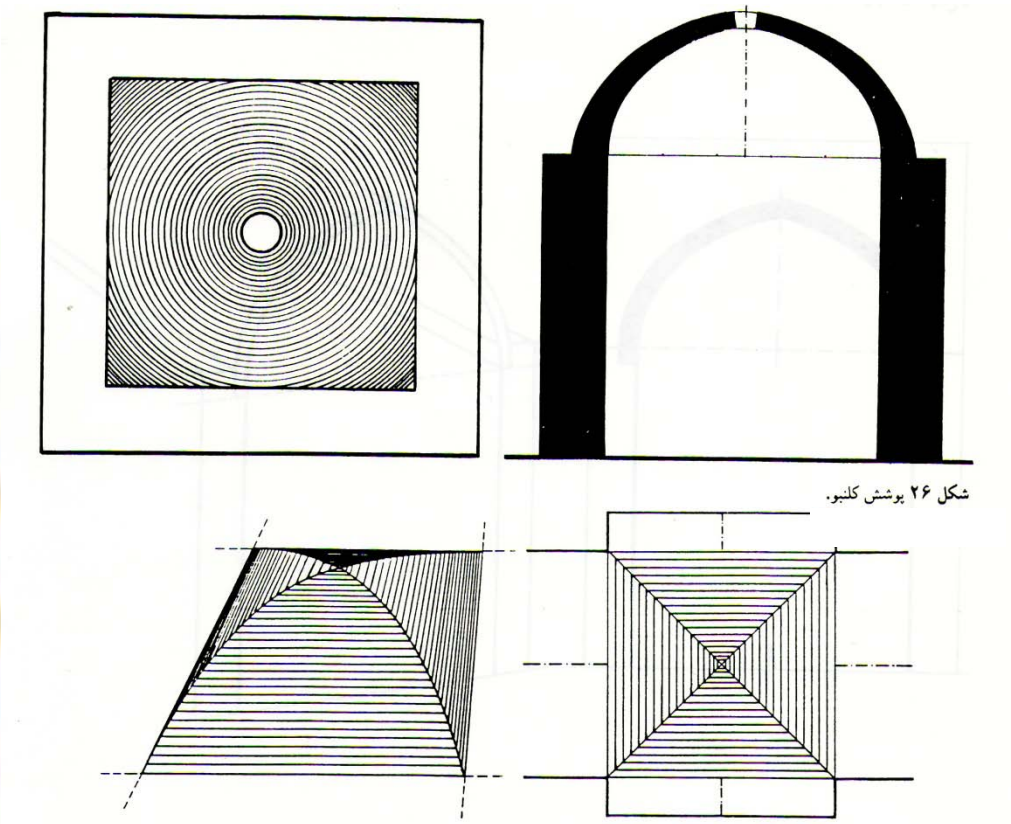
پوشش کلنبو:

این نوع تاق در مناطق زلزله خیز و زمینهای ششت مورد استفاده قرار گرفته است. این پوشش بر روی چهار دیوار بنا می شود که معمولاً بر پلان مربع یا مستطیل مستقر هستند و در عمل، آجرهای چیده شده در جرزهای دیواری ادامه می یابند و به تدریج تاق را تشکیل می دهند و کل پوشش حاصل، در واقع سازه ای یکپارچه است بین دیوار و قوس (بدون مفصل) و به دلیل همین یکپارچگی، در مقابل زلزله مقاوم است (شکل ٢٦). (محب علی، ١٣٧٤، ص ٣٥ و ٣٦)

پوشش چهاربخشی یا چادری:

این تاق یکی از پوششهای خوش تناسب اکثر شبستانهای مساجد است که به دلیل کمی ارتفاع زیباتر از تاقهای دیگر است و همین مزیت عمده آن نسبت به سایر تاقها محسوب می شود. روش اجرای این تاق به نحوی که آجرهای قوس باربر از چهار طرف ادامه می یابند و در اقطار زمینه یکدیگر را قطع می کنند . در نهایت تیزه تاق و تیزه قوس باربر در حدود ٥ cm اختلاف سطح پیدا می کنند که برای ایجاد شیب مناسب لازم است و مسئله ای است سازه ای. در اجرای آن این

مراحل طی می شود: یک قالب به قطر زمینه کار ساخته و کارگذاری می شود و سپس دو طرف قالب را با آجر در بر می گیرند و پس از آن قالب را بر می دارند و در سوی دیگر کار می گذارند و فاصله آنها را پر می کنند، بدین ترتیب تاق کامل می شود. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳٦)



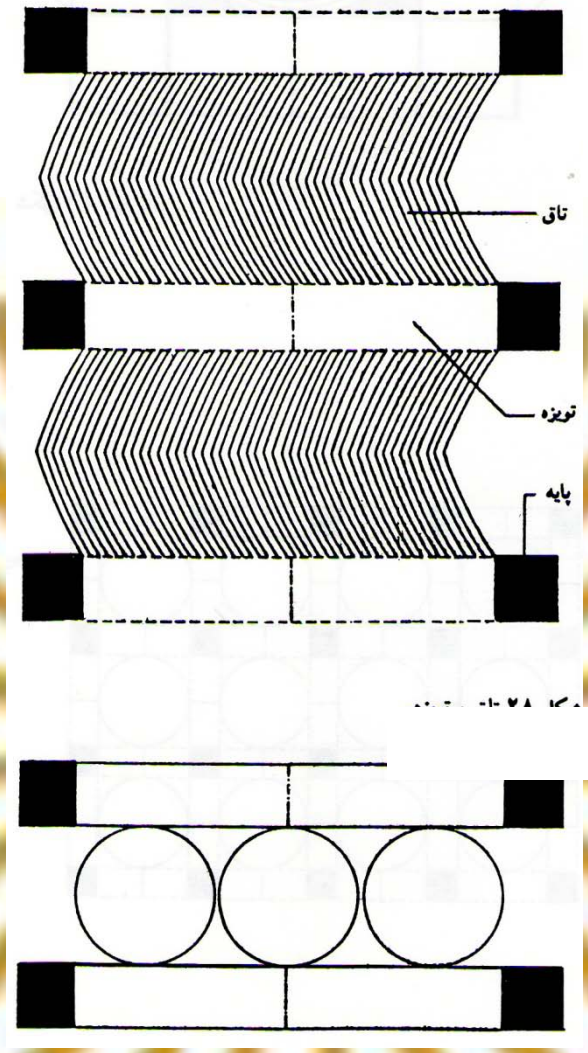
شکل ۲۶ پوشش کلنبو.

تاق و تویزه (تاق باریکه و تاق لنگه):

این نوع پوشش از ترکیب پایه، قوس و تاق تشکیل می شود . که اجرای آن در دوران ایلخانیان به اوج شکوفایی خود رسید. نمونه هایی از آن را در مسجد جامع یزد و مسجد جامع ساوه می توان یافت. این نوع تاق به روشهای زیر انجام می شود:

الف) به شکل آهنگ که بین دو قوس اجرا می شود.

ب) خوانچه پوش: که بخش اجرایی تاق به توسط عرقچینهای مختلف و در ارتفاعات گوناگون اجرا می شود.



پ) اجرای کجاوه ای یا کژاوه: این تاق از دو طرف دارای شبیه و قوس منحنیاست که شبیه به چادر است . (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳٦ و۳۷)

چهار تاقی:

این پوشش از معروفترین پوششهای قبل از اسلام است و به صورت چهار پایه و چهارتاق در چهار طرف با اجرای عرقچین مرکزی شکل می گیرد. نمونه هایی از آن را می توان در آتشکده های ساسانی مانند آتشکده نیاسر مشاهده کرد . (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳۷)

تاق چشمه:

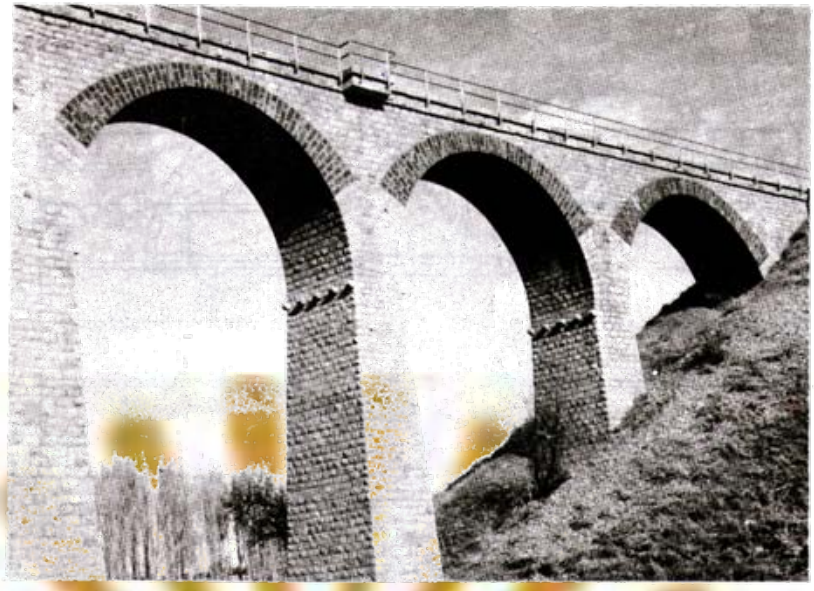
این پوشش از اجتماع چهار تاقی ها در جوار یکدیگر شکل می گیرد (مانند انواع شبستانهای مساجد). قوسهای باربر در روی پایه ها ساخته می شود و بین قوسها از عرقچین (به روشهای مختلف پوشش تاقها) به عنوان پرکننده استفاده می شود . (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳۷)

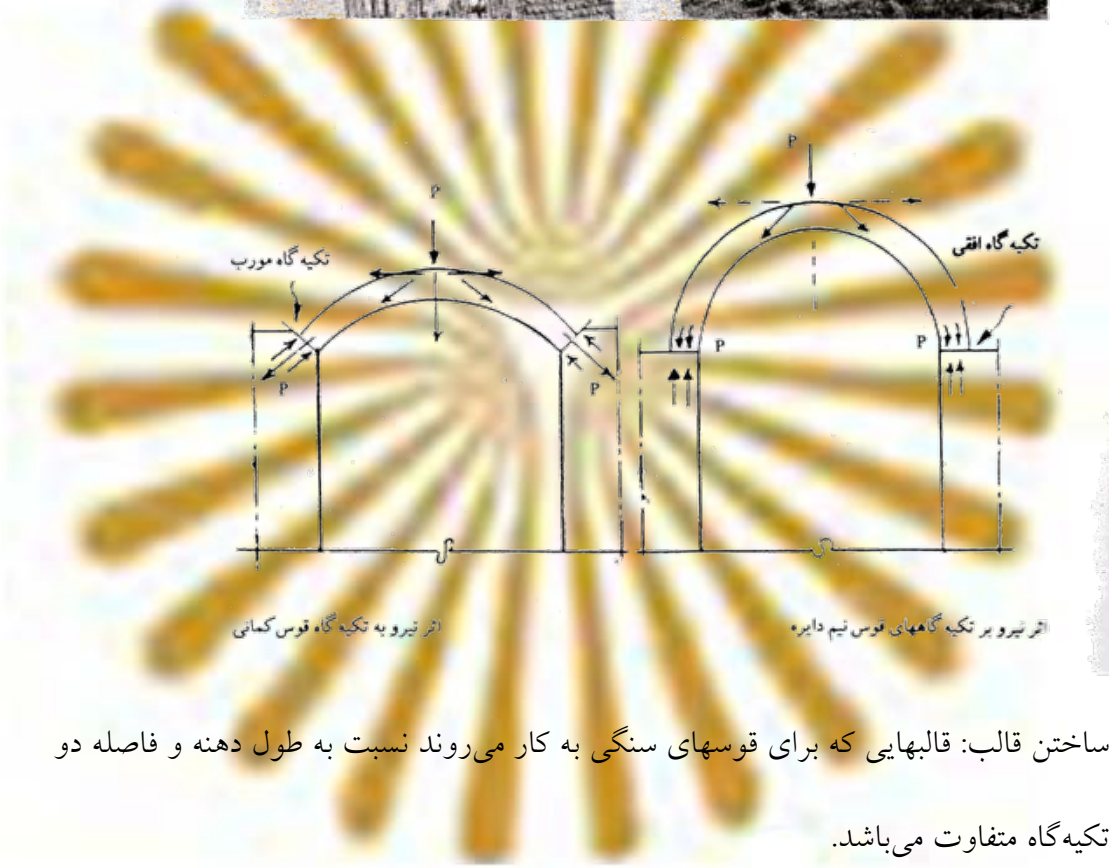
قوسهای سنگی

معمولاً در بناهای سنگی از جهت درگیر شدن و عدم تحرک‌پذیری قطعات سنگ عرض درهای ورودی حدود ۸۵ سانتیمتر و عرض پنجره‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر و از وجود درگاه باز بسیار کم استفاده می‌شود.

پوشش دهنه وسیله قوسهای کمانی و نعل اسبی استفاده شده. در قوسهای کمانی و نعل اسبی تکیه‌گاه و پاکار قوس تحت زاویه برروی دست‌انداز و دیوار زیر قوس می‌باشد.

ساختن تکیه‌گاه: اثر نیروی وارده از قوس بر تکیه‌گاه و برنبش ستون منتقل می‌شود. از این‌رو سنگهایی که در نبش به کار می‌روند اکثراً عمقی و در رج انتهایی و زیرکار از سنگهای عمقی و ریشه‌دار و گسترده استفاده می‌شود تا انتقال نیرو بر ستون به طور یکنواخت وارد شده و خطر بریدن سرپایه و یا ریزش سنگها به وجود نیاید.





ساختن قالب: قالبهایی که برای قوسهای سنگی به کار می‌روند نسبت به طول دهنه و فاصله دو تکیه‌گاه متفاوت می‌باشد.

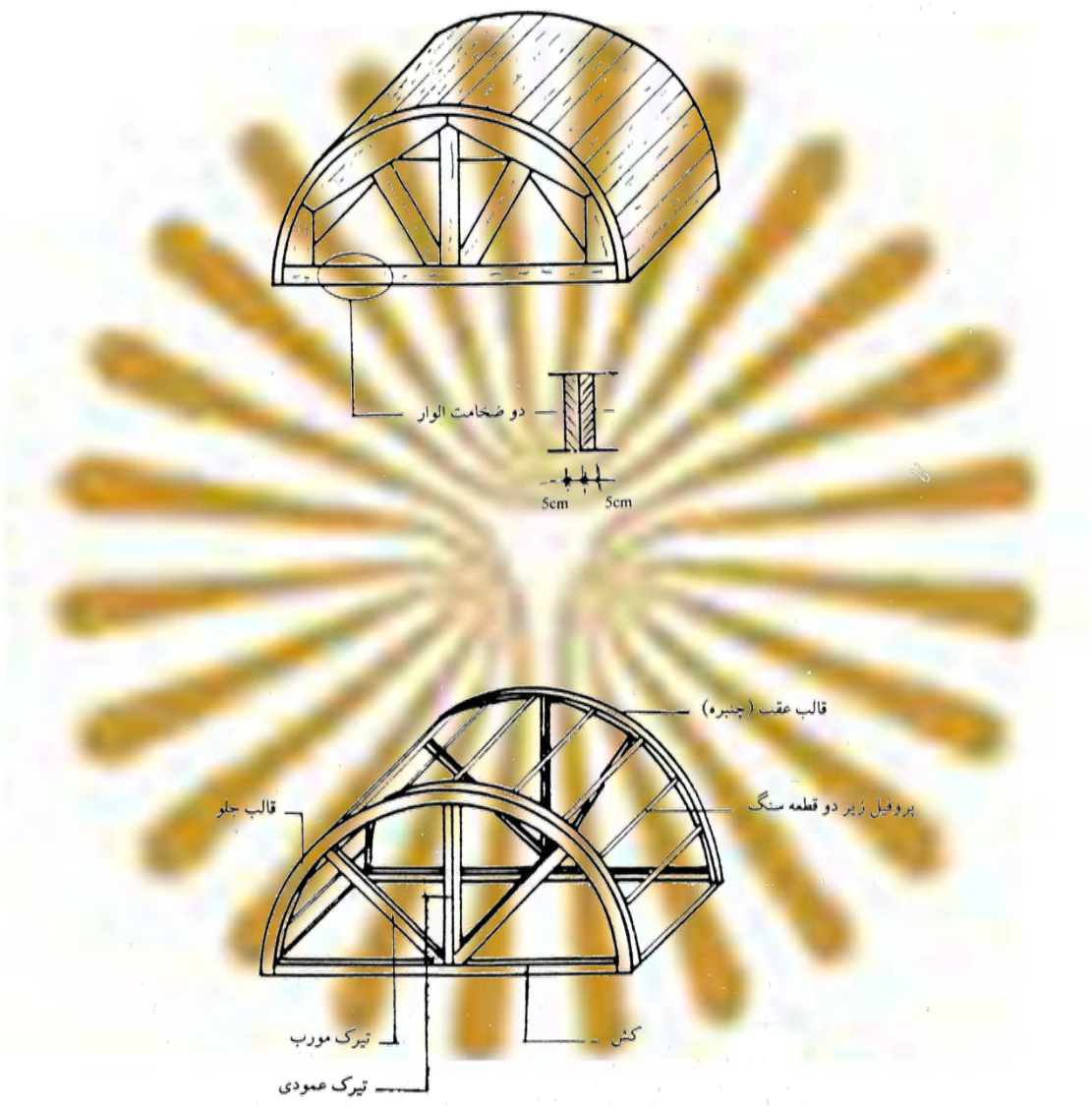
معمولاً ضخامت این لنگه قالبها ۵ تا ۱۰ سانتیمتر و از تخته‌های ۱۰×۵ سانتیمتری ساخته می‌شود.

معمولاً محل نشست دو سنگ برروی قالب پروفیل از قوطی ٤×٤ سانتیمتری در بین دو بدنه قالب جوش می‌گردد.

تراش قطعات سنگ قوس: شکل قوس روی سطح صاف پیاده شده. مسلماً قوس سنگی نسبت به ارتفاع آن دارای دو کمان می‌باشد:

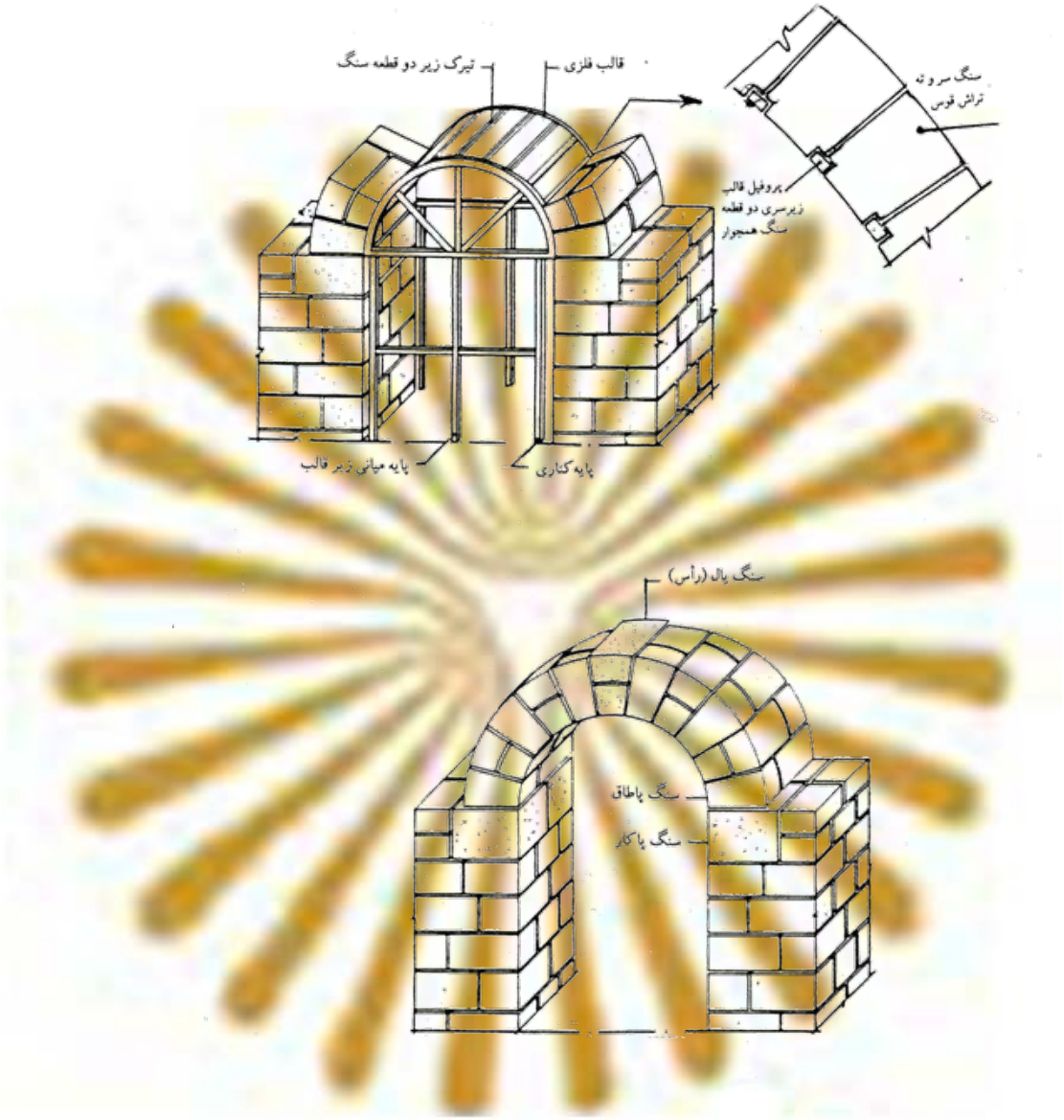
۱ - کمان داخلی

۲ - کمان خارجی

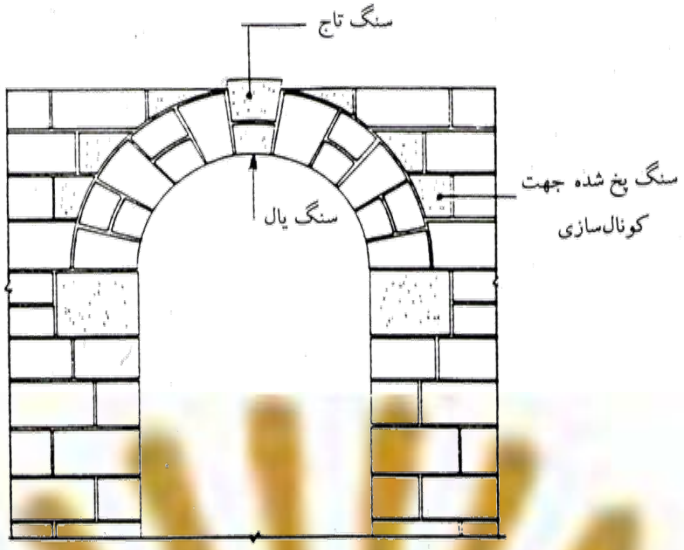


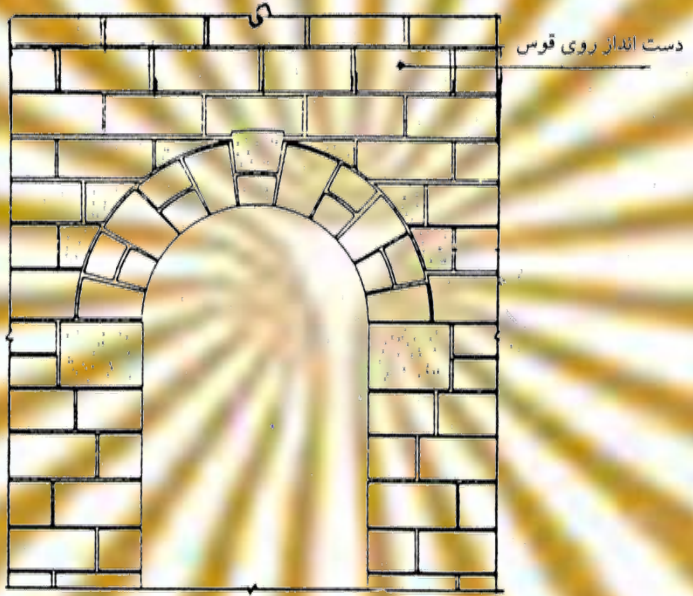
بنائی قوس سنگی: پاکار و تکیه‌گاه خیس شده و ملات قوس سنگی در محل پهن شده قطعات سنگ که به صورت کله و راسته و با رعایت خلل و فرج در ناحیه نشست ملات تراشیده می‌شود. سپس با رعایت شاقول و تراز و شمشه‌کش کردن قطعات در راستای سر ستونهای رج‌به‌رج و به

طور همگن در دو شانه قوس به شکل غوطه‌ای در ملات با پیوند و با اتکاء برقالب در محل خود نصب می‌گردد. ادامه قطعات تا تیزه نیز بنائی شده. به وسیله سنگ تارک و قفل کردن تیزه، ساختن قوس سنگی به پایان می‌رسد.



کونال سازی سنگی: پس از پایان ساختن قوس سنگی رج‌چینی با رعایت پیوند و تراش قطعات سنگ در محل کونالها به شکل فارسی در دو شانه قوس رج‌به‌رج تا تیزه به صورت هم تراز انجام شده. پس از تخت شدن رجها، دست‌اندازسازی تا زیر پوشش سقف و یا طاق با رعایت پیوند دنبال می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۷٤تا۲۸۰)


سنگ تاج
سنگ پخ شده جهت
کونال‌سازی
سنگ یال


دست انداز روی قوس

٤-٢. رفتار سازه ای گنبد ها

پس از آماده شدن کلاف دایره شروع گنبد به یکی از طریق گفته شده، ساختمان گنبد شروع می شود، که بسته به نوع دوری که برای زدن گنبد در نظر گرفته شده روشی از طرف استادکاران انتخاب می شود. که عمومی ترین آن به شرح زیر است:

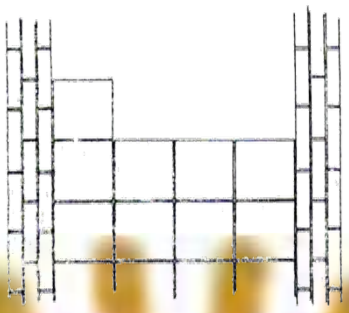
مقدمتاً تیری به طور شاغولی در محور گنبد کار گذارده می شود و در روی آن رأس گنبد را نشان می کنند و سپس بسته به انتخاب دور خاگی و یا دور شکسته به یکی از دو صورت زیر عمل می نمایند:

- برای ساختن گنبد با دور بیضی که به گنبدهای خاگی یا تخم مرغی معروف هستند، اوّل محل کانونهای بیضی را روی تیر محور مشخص کرده و مفصل چرخانی در آن محل تعبیه می نمایند. سپس زنجیری به طول مساوی فاصله دو کانون از محیط، با دو حلقه به دو مفصل چرخان نصب شده در کانونها اتصال داده می شود، حال با تکمیل این مقدمات عملیات ساختمان گنبد شروع می گردد و برای صحیح انجام گرفتن دور گنبد مطابق قوس بیضی، در فواصل معین با کشیدن این زنجیر دور بیضی را در مقاطع مختلف عمودی و با گرداندن زنجیر در حول محور مرکزی گردی آن را در مقاطع افقی کنترل و بررسی می کنند و این دقت تا سر به هم آوردن عملیات ساختمان و آجرکاری در راس گنبد همچنان ادامه خواهد داشت
- برای ساختن گنبد با دور شکسته، پس از نصب تیر محور مرکزی، تویزه هایی مطابق دور مورد نظر تهیه کرده و آنها را روی کلاف شروع دایره گنبد به نحوی کار می گذارند که رأس انها روی محور مرکزی به یکدیگر تکیه داده شود، و معمولاً تعداد این تویزه ها که مورد استفاده قرار می گیرد در حدود هشت عدد است. حال عملیات شاختمان گنبد را

شروع و با استفاده از دور حاصل از این تویزه ها دور گنبد را در مقاطع عمودی و با استفاده از زنجیر متصل به محور مرکزی دور گنبد را در مقاطع افقی کنترل و دقت کار را مرتبا امتحان می نمایند تا کار ساختمان قسمتهای مختلف گنبد در رأس ان سر به هم آورده عملیات آجر کاری به اتمام رسد. در اینجا لازم به یادآوری می باشد که در ساختمان گنبدها بستگی به بلندی و کوتاهی، که مورد نظر استادکار می باشد قبل از شروع ساختمان اصلی گنبد با احداث استوانه ای در قسمت زیر آن به هر اندازه که احتیاج باشد ارتفاع دلخواه (گریو) را به دست می آورند.

نکته قابل توجه در ساختمان گنبد خانه ها که بیشتر در قسمتهای مرکزی و با اهمیت ساختمان، مورد استفاده قرار گرفته و ساخته می شود آن است که این قسمت از لحاظ نشان دادن عظمت بنا از خارج باید در حد بلندی قرار گرفته باشد و چون در داخل ساختمان، این حد بلندی متناسب با دیگر اجزای ساختمان، مه دقت می شد با تناسبات انسانی تطبیق داشته، و مردم وار باشد هماهنگی نداشت راه حلهایی برای به وجود آوردن هماهنگی ساختمان گنبد در خارج و داخل به وجود آمد که سه نوع اصلی آن در زیر شرح داده می شود:

اول: گنبدهایی که تناسب ارتفاع آن در قسمت داخل و خارج آن نسبت به بنا، چندان اختلافی ندارد. در ساختمان این گنبدها، ساختمان گنبد به همان روشهایی که گفته شد ساخته شده و قسمتهای خارج و داخل آن را هموار کرده کار را تمام می نمایند و احتیاجی به استفاده از شگرد دیگری نیست.



کاربرد تویزه در ساخت لنگه طاقها و طرز آجرکاری آنها و سپس اجرای سقف آجری بین تویزه‌ها در پوششهایی که از تویزه استفاده می‌شود.

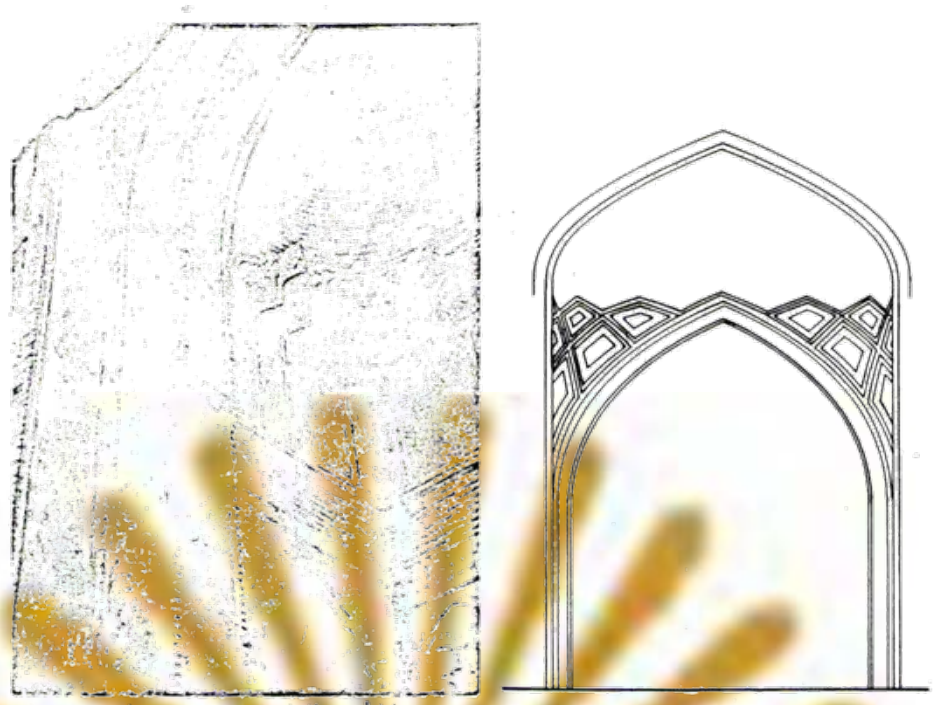
کاربرد لنگه‌ها در ساختمان سقفهای گنبدی و آجرکاری بین آنها

دوم: گنبدهایی که تناسب ارتفاع داخلی و خارجی آن با یکدیگر متفاوت است و یا آنکه به علل دیگر مثلا بزرگی دهانه، هموار کردن قسمتهای خارجی آن موجب سنگینی زیاد گنبد خواهد شد در این صورت این گنبد را دو پوش می سازند؛ ولی این دوپوش معمولا به یکدیگر متصل می باشند.

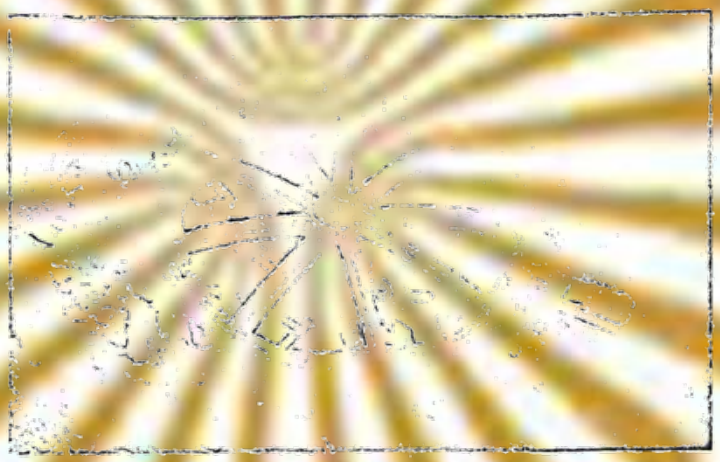
سوم: گنبدهایی که تناسب داخلی و خارجی آن با یکدیگر اختلاف زیاد داشته که در این نوع گنبد ها پوشش گنبدخانه ها با دو گنبد به طور مجزا از یکدیگر که هر کدام جوابگوی نظریه و متناسب با دیگر عوامل مربوط به خود است ساخته می شود.

با توجه به مطالب گفته شده به طوری که از گنبدهای ساخته شده تاکنون بر می آید در گنبدهای نوع اول انحنای داخلی و خارجی گنبد یکنواخت و بر اساس دَوَران یکی از دورهای مورد بحث است، به همان طریق که غیاث الدین جمشید گفته است، ولی در نوع دوم و سوم معمولا گنبدهای داخلی بر اساس روش گنبدهای تخم مرغی (خاگی) بنا می شود، و گنبد خارجی بر اساس روش یکی از قوسهای شکسته که از طرف استادکار انتخاب می شود و بستگی به نشان دادن عظمت ساختمان دارد، انتخاب می گردد. با توجه به گنبدهایی که تاکنون ساخته شده بیشترین نوعی که مورد استفاده گنبدهای خارجی قرار گرفته دور شبدری است که با پیش زدگی قسمت پایین آن، گنبدهای پیازی شکل را ساخته اند.

این بود مختصری در مورد نحوه پوشش سقفهای مختلف به وسیله طاق و ازج و گنبد، و اما آنچه در اینجا باید مورد توجه قرار گیرد آن است که با استفاده از طاق بندیها برای انتقال بار و وزن گنبد به پایه ها (چه در روش استفاده از تبدیل مربع به دایره و چه در روش کلاف بندیها) چون قسمتهای بین طاقها و شبکه ها در هر روش آزاد شده، این اختیار را به استادکاران می دهد که در اجرای ساختمان این قسمتها به کار تزیینی پرداخته و با ابزار سلیقه در ابداع نقشها و ترکیب های مختلف، در این شبکه بندیها مناظر بدیعی را به وجود آورند. برای مطالعه بیشتر لازم است از نزدیک دقیقاً این قسمتها را ملاحظه کرد.



پوشش اولیهٔ نیمه طاقها و سپس پوشش زیرین که تزئینی می‌باشد.
در این شکل آجرکاری پوشش اصلی و مقرنس آویز به آن به خوبی دیده می‌شود.



طرز بستن لنگه‌ها در ساختمان گنبدها جهت تعیین قوس مورد نظر

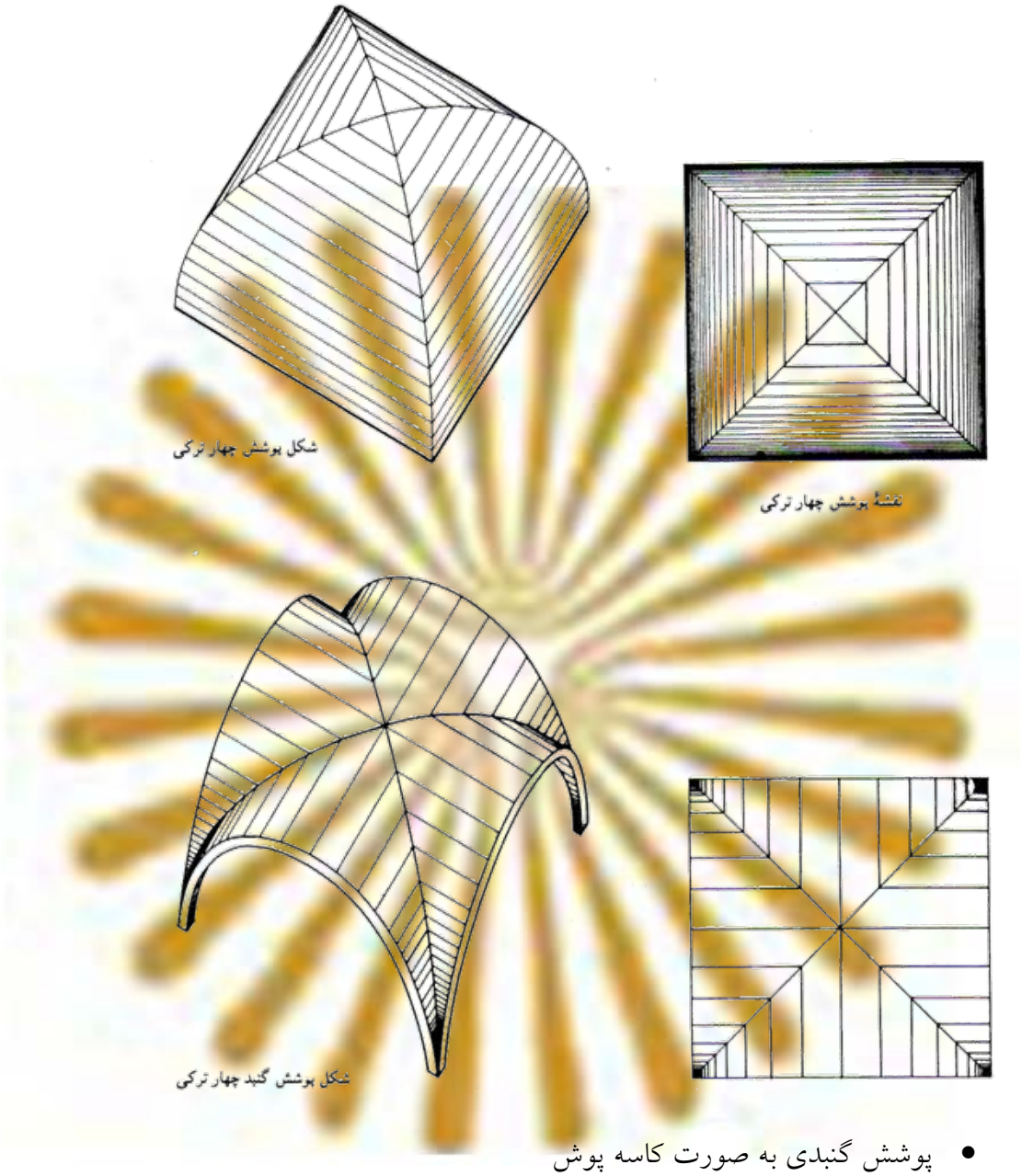
- پوشش گنبدی به صورت چهار ترکی

در این شیوه پوشش معمولا سه نوع دیده می شود:

۱- پوشش از تلاقی دو ازج از طرف خارج که دور آن روی هر ضلع مربع ساخته شده و به طرف مرکز سقف جمع می شود.

۲- پوشش با دو ازج که پایه هر کدام روی دو ضلع مقابل مربع گنبد قرار گرفته است.

۳- پوشش با چهار ازج که به صورت گوشواره از چهار گوشه مربع گنبد شروع و در مرکز به یکدیگر پیوند داده می شوند.



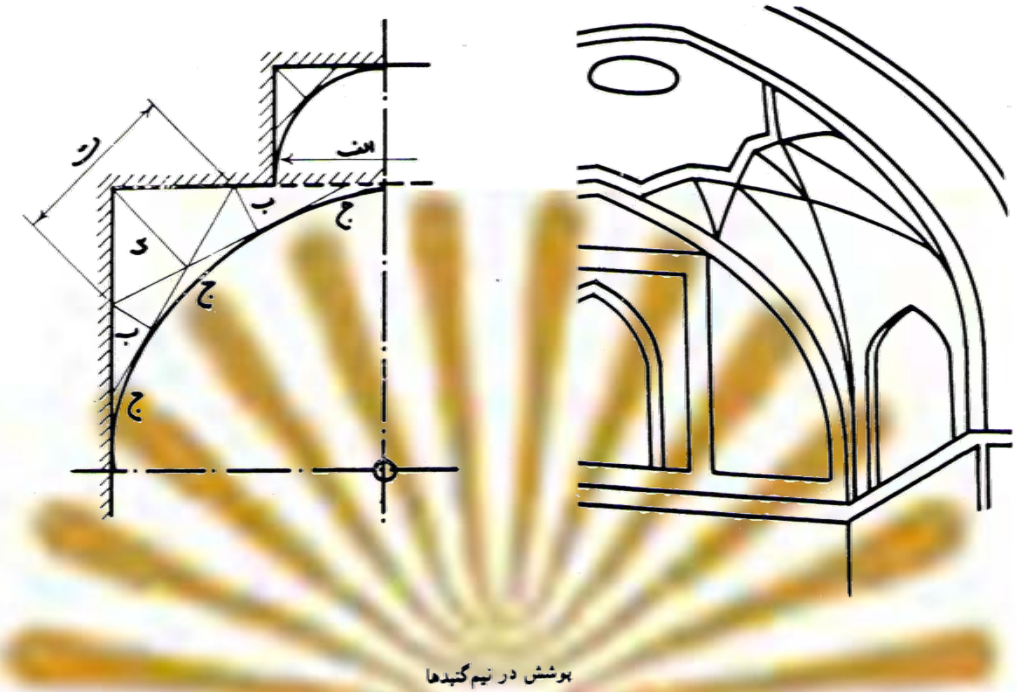
- پوشش گنبدی به صورت کاسه پوش

این پوشش عیناً نظیر پوشش به شیوه گنبدهایی می باشد که قطر مربع را برای پوشش انتخاب می کنند و دورهای رگ پوش به مرکز مربع جمع شده و سقف پوشیده می شود و نمای داخلی محل پوشش به یک کاسه وارونه می باشد.

- پوشش در نیم گنبدها

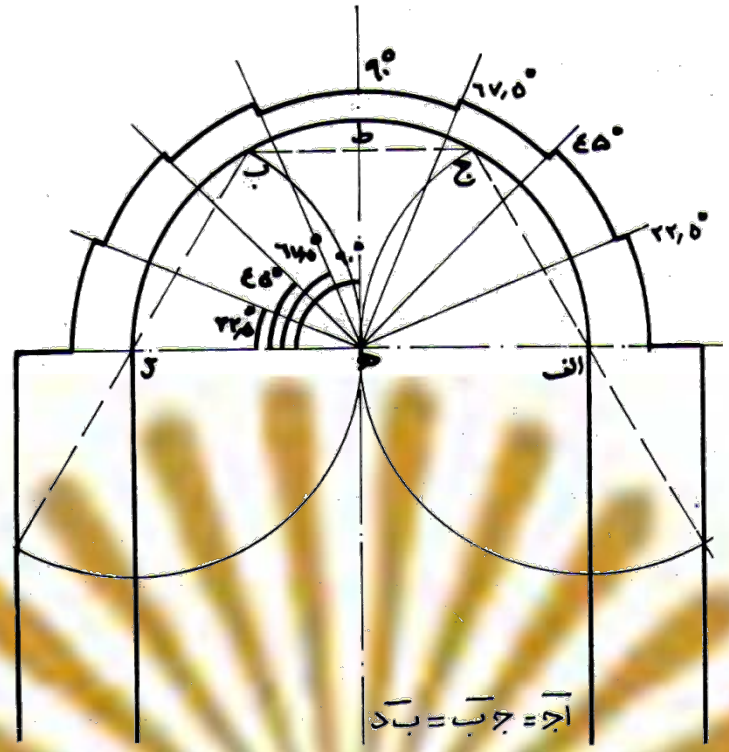
در ساختمان پوشش این قسمتها که بیشتر روی ورودیهای اصلی و سردرها به کار گرفته می شود، بدین ترتیب است که پس از رسیدن دیوارها در ارتفاع شروع پوشش، در قسمت جلو به پهنای دهانه، لنگه طاقی با دور مورد نظر ساخته و سپس قسمت داخلی آن به صورت یکی از روشهایی که قبلاً گفته شد به اتمام رسانیده می شود. به طوری که در قسمت انتهایی به لنگه طاق جلوی نما تکیه داده می شود. لازم به تذکر است که پوشش محل محرابها نیز به همین روش انجام می پذیرد. نکته ای که در پایان گفت و گوی ما پیرامون روشهای مختلف دورهای گوناگون پوششها باید مورد بحث قرار گیرد آن است که با توجه به مسئله مقاومت و تحمیل بار سقفهای مختلف، چگونه ضخامت دیوارها و پیها محاسبه می شده است. معماران قدیم ایرانی برای این قسمت از کار خود با دریافت و رسیدن به مقیاس (پیمودن) که بر اساس تناسب بین دهانه ها و جرزها و ارتفاع (با توجه به اندازه افراد انسانی) به دست آمده بود، به خوبی توانستند هم از لحاظ تناسبات ساختمانی، نمونه های جالبی را ارائه دهند و هم اندازه هایی را به کار برند که ساختمان از هر لحاظ با زندگی در آن متناسب باشد. بدیهی است استفاده از این تناسبات برای پیدا کردن ضخامت جرزها برای دهانه های مختلف سقفهای ساختمانهای معمولی بسیار قابل استفاده و بدون اشکال بود، ولی برای ساختمانهای بزرگ از شگردهای دیگری که بر اسا همین تناسبات پیمودن به دست آمده بود، استفاده شده است. به طور مثال برای سقفهای آهنگ معمولا وضع بنا را به نحوی در نظر می گرفتند که چندین سقف به موازات یکدیگر بوده و به هم تکیه کنند تا نیروهای جانبی خنثی شده و دیوارها فقط برنده وزن طاق باشند و فقط دیوارهای خارجی را با ضخامت بیشتر برای جلو گیری از نیروی رانشی می شاخته اند و یا در گنبد خانه ها با ساختن شبستانها در اطراف آنها و یا با به کارگیری نیم گنبدها در چهار طرف آن از، نیروهای جانبی جلوگیری می شد. و بالاخره اگر چنانچه

مجبور به ساختن گنبدی منفرد می شدند با گذاردن دیوارهای ضخیم در امتداد شعاع گنبد به نام (هو) نیروهای رانشی را مهار می کردند.



پوشش در نیم‌گنبدها

برای به دست آوردن ضخامت دیوار طاقها معمولا به طریق زیر عمل می شده است: ضخامت سقفها را معادل $\frac{1}{16}$ دهانه سقف در نظر می گرفته اند و به آن «طبره» می گفتند و در ساختمان آنها هم به ترتیب که پوشش پیشرفت می کرده در قسمتهای زاویه ۲۲/۵ درجه که به «شکرگاه» معروف بوده و زاویه ٤٥ درجه که وسط ارتفاع سقف بود و در زاویه ٦٧/٥ درجه که به ان «آوارگاه» می گویند در هر کدام از ضخامت سقف به اندازه یک آجر کسر نموده و دور طاق را کامل می کردند. و بدین ترتیب هم از وزن سقف می کاستند و آن را سبک می نمودند و هم از مصرف بیهوده و زیاد مصالح جلوگیری می کردند. (کاشانی، ١٣٦٦، ص ٩٩-١٠٤)



چَفد (قوس):

قوس جسمی است منحنی شکل برای پوششی که دهانه آن از عمق آن بیشتر باشد. قوس ها بنیاد ساخت تاغها و گنبدها هستند، تاغ با دنبال کردن یک چفد در راستای افقی پدید می آید و گنبد با چرخش آن بر گِرد یک محور قائم ایجاد می شود. یک قوس از قسمتهای زیر تشکیل شده است

- تیزه قوس: به راس قوس و بالاترین نقطه قوس گفته می شود.
- افریز: به دهانه قوس گویند، فاصله بین دو پاکار.
- افراز: به خیز قوس گفته می شود، فاصله بین پاکار تا تیزه.
- شکرگاه: به زاویه ۲۲.۵ درجه قوس شکرگاه گفته می شود، اولین شکافتها و خرابی ها در این نقطه مشخص می شود، در شکرگاه بیشترین نیروی رانشی را داریم.

– ایوارگاه: به زاویه ٦٧.٥ درجه قوس ایوارگاه می گویند، ایوارگاه نقطه ای است که بیشترین نیروی فشاری قوس را داریم.

– شانه: به فاصله بین شکرگاه تا ایوارگاه شانه می گوییم.

– بالِنج یا کُناله: به بخش میان پاکار تا شکرگاه را گویند.

– پاکار: به پای چفد می گویند، جایی که قوس از آنجا شروع می شود.

(جوانی، ١٣٨٤، ص٤)

کَلکَن شدن (سربَر کردن): به تغییر شکل دادن قوس بر اثر نیروهای فشاری و رانشی را کلکن شدن قوس می گوییم .

برای مقاوم کردن قوس در برابر نیروهای رانشی از چوبهای کِش و برای مقاوم سازی در برابر نیروهای فشاری از چوبهای خفت در ایوارگاه استفاده میکنیم. (جوانی، ١٣٨٤، ص ٥)

تاغ (تاق= واژه عربی، تاغ= وازه پارسی، طاق):

تاغ آسمانه ای خمیده است که می تواند دو دیوار یا دو رده ستون همسو (موازی) با هم را بپوشاند. به گفته دیگر تاغ با ساختن چَفد بر روی دهانه و امتداد دادن آن در طول حاصل می شود.

(جوانی، ١٣٨٤، ص ٥)

کیز: به محل نشستن قوس تاغ، کیز می گویند. گودیی که در دیوار ایجاد می کنند تا بتوانند آجر نخستین تاغ را روی آن بگذارند، برای اینکار ٣ تا ٥ ردیف آجر پاکار را بصورت افقی اجرا کرده وسپس قوس را شکل داده و اجرا می کنند. این کار برای جلوگیری و مهار نیروهای رانشی می باشد

روشهای مهار نیروهای رانشی و فشاری در تاغها:

١– دیوارهای ضخیم در کنار قوس

۲- استفاده ازمنار در اطراف قوس

۳- استفاده از دیوار پله ای در اطراف قوس

٤- استفاده از چوب کش. برای اینکه چوب کش بتواند در مقابل نیروهای رانشی خوب عمل نماید، معمولاً از چوب درختهایی استفاده می کنند که در ابتدا و انتهای آن شاخه می باشد، شاخه ها باعث هشت و گیر شدن می شوند. در صورتی که ارتفاع تاغ زیاد باشد و دهانه هم بزرگ برای هشت و گیر کردن چوب ابتدا و انتهای آن را که در دیوار قرار می گیرد، سوراخ کرده و چوبی دیگر از داخل آن رد می کنند، برای اینکه چوب کوچکتر از داخل سوراخ کلاف خارج نشود، شیاری بالای چوب کوچک ایجاد کرده و گُوه ای چوبی را با ضربه به داخل شکاف وارد می کنند

٥- استفاده از کلاف بندی دور تا دور زمینه قوس. برای اینکه کلاف بندی بتواند کارایی لازم را داشته باشد، کلافهایی دور تاغ کشیده و این کلافها را دورتادور دیوار تکرار می کنند، محور اتصال کلافها در دیوار باید بصورت نیمانیم باشد تا بتواند خوب چفت شود، در غیر اینصورت کلاف خوب عمل نمی کند

٦- استفاده از ترکیبهای آجر چینی. برای مقاوم ساختن قوس در برابر نیروهای رانشی از ترکیب آجرچینی رومی و ضربی استفاده می کنند، به اینصورت که ابتدا تا شکرگاه را با آجرچینی رومی کار می کنند (آجرچینی رومی تا شکرگاه نیاز به قالب ندارد) و سپس از آنها به بعد را آجرچینی ضربی کار می کنند.

علت استفاده از این روش بخاطر هشت و گیر بودنش و نیاز نداشتن به قالب تا شکرگاه، در مقابل نیروی رانشی مقاوم می باشد(نیروی رانشی در شکرگاه به طرف بیرون می باشد) و آجرچینی ضربی هم بخاطر بالا بودن مقاومتش در برابر نیروی رانش پس از آجر چینی رومی اجرا می شود

۷- پالانه کردن. در این روش برای تقویت قوس معمولاً بعد از اجرا پشت آنرا غوره گل ریخته وپس از پر شدن تمام درزهایمابین آجرها، بین ۲ تا ۵ رج آجرچینی به روش چپیله انجام می دهند (شکل ۱۸). (جوانی، ۱۳۸٤، ص۵-۸)

تویزه گچی (شابلون گچی):

برای اجرای شابلون ابتدا قوس مورد نظر را روی زمین ترسیم می کنند، در صورتی که بخواهند شابلون در قسمت داخلی تویزه بماند، ضخامت قوس را در قسمت بیرونی ترسیم شده در نظر می گیرند (ضخامت شابلون بسته به تویزه ای دارد که روی آن اجرا می شود)، این ضخامت می تواند بین ۵ الی ۱۰ سانتیمتر باشد. اگر بخواهیم شابلون در دیوار بماند، ضخامت را برای قسمت داخلی در نظر می گیرند.

برای اجرای شابلون، آجرچینی را از کنار قوس ترسیم شده با کله آجر (قسمت نازک آجر) می چینند، این آجر چینی را بخاطر ایجاد نرمی در قوس انجام می دهند، در غیر اینصورت قوس شابلون دایره نمی شود (این آجرها در واقع قالب هستند) در دو مرحله به شابلون گچ می زنند، در دو مرحله ۵ سانتیمتری، در مرحله اول زیر کار را پلاستیک یا ماسه بادی می گذارند تا شابلون به زمین نچسبد.

یک لایه ۵ سانتیمتری دوغاب گچ ریخته (گچ را باید بلافاصله بعد از درست کردن استفاده کرد تا کشته نشود) و یک لایه نی برای مقاوم شدن در داخل شابلون قرار می دهند (از نی بجای میلگرد نازک استفاده می شود- جدیداً از آرماتور استفاده می شود). بعد از اینکه شابلون در محل نصب می شود تویزه اصلی روی این اجرا می شود، در صورتی که طول تاغ زیاد باشد در ۳ یا ٤نقطه شابلون زده و با ریسمان کار وصل شده بین شابلون های گچی تراز می شود. (جوانی، ۱۳۸٤، ص ۷)

گنبدها یکی از علایم معماری اسلامی هستند که متنوع ترین آنها در ایران به کار گرفته شده اند. این گنبدها از خشت خام با اندود کاهگل یا آجر و سنگ در سرتاسر ایران اسلامی خود نمایی می کنند. انتخاب رنگ آبی که رنگی ست آرام بخش و متعادل و روحانی، برای خود[1] مزیتی ست برای گنبدهای ایرانی هنگامی که از بلندای شهر یا روستایی، منظره آن را مشاهده می کنیم گنبدها همانند نگین فیروزه ای در میان بافت های شهری و روستایی می درخشند

در بحث مقابر درباره انواع گنبدها بحث خواهیم کرد. اما در اینجا پرسش این است که گنبدها از چه زمانی کاربرد داشته اند و چرا بشر از طاق قوسی شکل و گنبد در بناها استفاده کرده است؟ بدون تردید راز پی بردن بشر به خواص قوس بر اثر تجربیاتی بوده که از طبیعت اطراف خود آموخته است. میوه درختان و دانه های گیاهی همه گرد و برخی بیضی شکل اند. تخم مرغ که در دسترس بشر بوده است اگر به صورت عمودی قرار گیرد، مقاومت بیشتری در مقابل شکنندگی دارد. علاوه بر این ها شکل قوسی و منحنی (انحنا)، خود حالت تعادل و آرامش و زیبایی را تداعی می کند. بشر از هزاران سال پیش از میلاد به ایستایی و زیبایی و خواص قوس پی برده بود و آن را در ساختن بناها به کار می برد و همانطور که در بحث بنای چغازنبیل اشاره کردیم در ایران اولین قوس ها در بناهای عیلامی دیده شد (چغازنبیل و هفت تپه) و سپ=س در دوره های بعد به ویژه در دوره ساسانیان از شکل قوس بسیار استفاده گردید و نمونه های آن ایوان مدائن (در خاک عراق) و کاخ فیروزآباد و سروستان است که در آن ها از طرح و فرم قوس، برای پوشش بنا استفاده کرده اند. طاق قوسی شکل نسبت به سطوح مسطح، مقاومت بیشتری دارد و فشارهای وارده را به پایه های قوسی منتقل می کند به همین جهت بناهایی که در آن ها از قوس و گنبد استفاده شده است با وجود تخریب های انسانی و عوامل جوی، هنوز پا برجا هستند. (میردانش،۱۳۸۱،ص۱۳۰)

---

۱ - پوسته بیرونی گنبد را «خود» می گویند و پوسته درونی را « آهیانه» می نامند.

اما گنبدهای ایرانی صرف نظر از نوع فن و تکنیکی که در ساخت آن ها به کار رفته است به دو دسته رُک و نار تقسیم می شوند. گنبدهای نار مانند گنبد مسجد امام خمینی در اصفهان و گنبد میرزا رفعیا در اصفهان .

گنبدهای رک نیز به سه گروه تقسیم می شوند که عبارت اند از:

۱ -گنبدهای هرمی مانند گنبدهای ابولؤلؤ در کاشان و گنبد خانقاه حاج عبدالصمد در نطنز

۲ -گنبدهای مخروطی مانند گنبد میل رادکان در قوچان .

۳ -گنبدهای اورچین (پله پله ای) مانند گنبد مقبره دانیال نبی(ع) در شوش .

بعضی از گنبدها نیز نار و رک هستند. تیزه گنبد رک و در پایه به صورت قوس و نار در می آید. گنبد اکثر مقابری که متعلق به سرداران ایران است مخروطی شکل و گنبد امامزاده ها تقریباً همه هرمی شکل و نار هستند. گنبدهایی که ما از خارج بنا مشاهده می کنیم پوسته بیرونی بنای گنبد است که به آن اصطلاحاً «خود» می گویند، ولی گنبد دیگری در زیر گنبد خارجی وجود دارد که آن را از داخل مشاهده می کنیم و به آن اصطلاحاً «آهیانه» می گویند، بنابراین گنبدهای بناها شامل دو پوسته خود و آهیانه می باشند. (میردانش،۱۳۸۱،ص ۱۳۰)

در بعضی از گنبدها، فاصله خود و آهیانه نزدیک به هم هستند که در این صورت به آن ها پیوسته می گویند. مانند گنبد سلطانیه در نزدیکی زنجان و در بعضی دیگر، فاصله خود و آهیانه از داخل زیاد است مانند حرم مطهّر حضرت معصومه(س) و گنبد قابوس در استان گلستان که به آن ها گسسته می گویند. یکی از ویژگی ها و زیبایی های گنبدهای ایرانی، همان تنوع در شکل و فرم آن هاست.

پیشتر اشاره کردیم که هر مسجد دارای شبستان است، این شبستان ها ممکن است در چهار طرف مسجد و یا دو طرف آن و احیاناً یک شبستان در جنوب مسجد و طرف قبله ایجاد شده باشد این

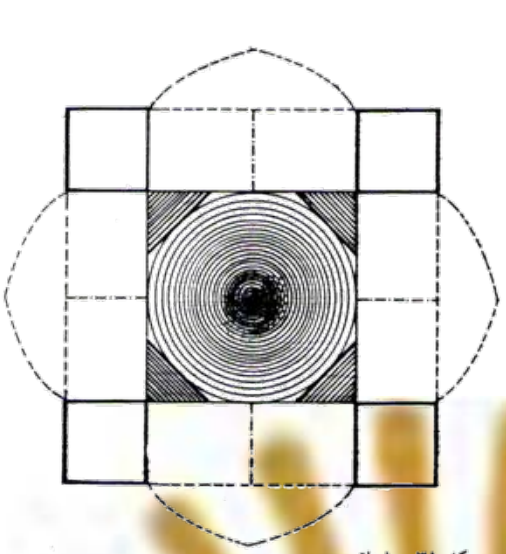
موضوع بستگی به تعداد نمازگزاران و اهمیت و اعتبار مسجد دارد. مسجد جامع اصفهان دارای چندین شبستان و محراب، و مسجد نیریز دارای یک شبستان است، شبستان ها فضاهای سرپوشیده و دارای ستون های یک شکل و موازی اند که از یک طرف به صحن مسجد راه دارند .

سقف شبستان مسطح و یا قوسی شکل (طاق و تویزه) هستند . (میردانش،۱۳۸۱،ص۱۳٤)

گنبد پوششی است که معمولاً بر روی چهار دیوار مستقر می شود. به عبارتی، همانند جام واژگونه ای است که بر روی بنا قرار می گیرد. [1] شکل گنبدی از دَوَران منحنی حول محورش حاصل می گردد. از دیدگاه ایستایی، کلیه فرمهای قوسی اعم از گنبد و تاق فرمهایی هستند که در آنها انتقال نیروی وزن و سایر نیروها با مکانیسم نیروی غشایی (واندکی نیروی خمشی) انجام می گیرد. از این رو، فرمهای قوسی شکل فنی تر و به منحنی نیروها، که منحنی کامل فرم ساختمانی است، نزدیکتر و بر فرمهای قابی ارجح اند. زمینه گنبد معمولاً مربع، مستطیل نزدیک به مربع، شش ضلعی و یا دایره است. این نوع پوشش برای دهانه های بیش از ۱۰ متر مورد استفاده قرار می گیرد (البته از تاق نیز در مواردی بر روی دهانه های بیش از ۱۰ متر استفاده می شود).

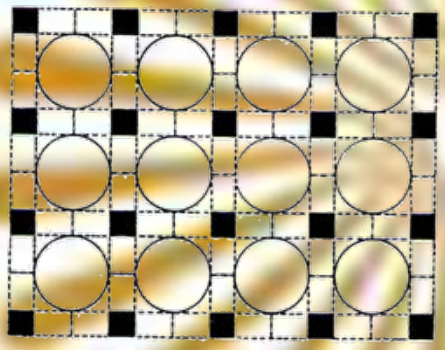
---

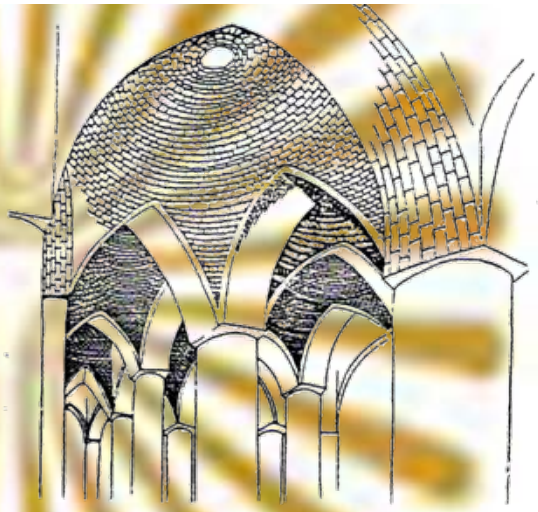
۱ - تعبیر از استاد دکتر محمد کریم پیر نیاست.

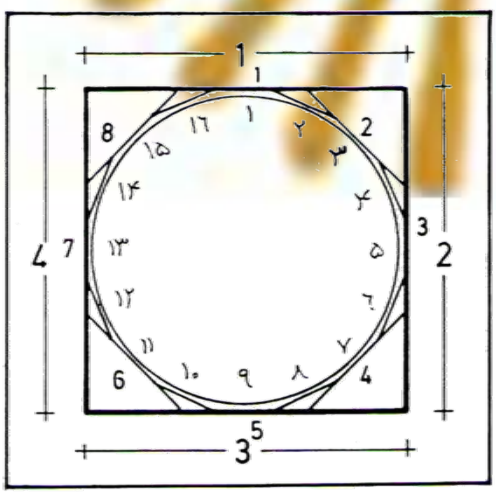


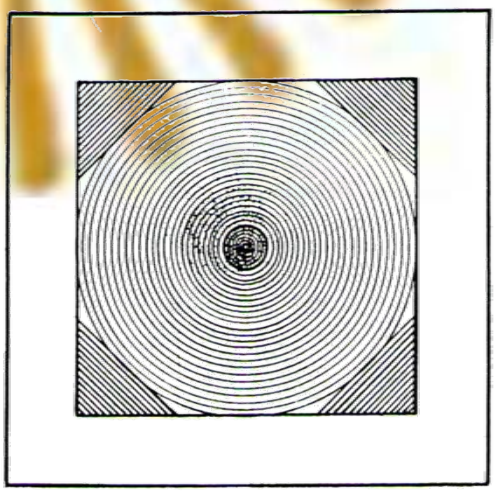
شکل ۳۱ چهارتاقی.

شکل ۳۰ اجرای کجاوه‌ای.





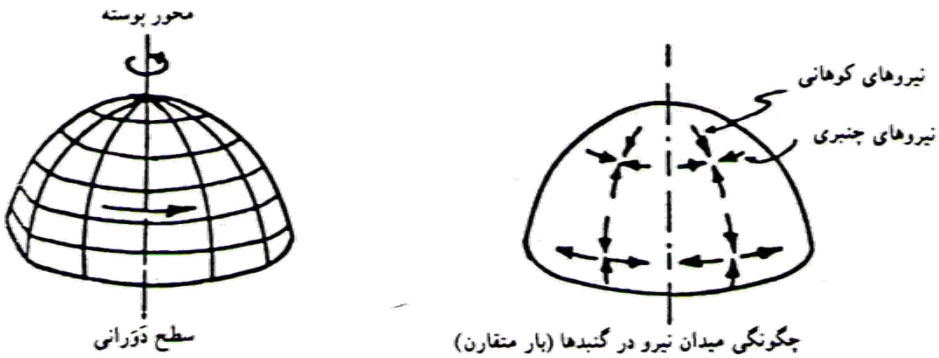




کاربرد گنبد در ایران، به علت کمبود چوبهای استوار و کشیده، سابقه بسیار دارد و در دهانه های وسیع جایگزین دهانه هایی با پوشش تخت شده است. در دوران هخامنشی معماری در خشانی با پوشش مسطح و مرتفع در اوج قدرت و کارآیی بود، ولی پیش و پس از آن نیز به علت کمبود چوب در جلگه ها و جنگلهای ایران و دشواری فراهم کردن چوب از سایر نقاط، پوششهای منحنی جایگاه اصلی خود را در معماری ایران یافتند. کهنترین پوششهای گنبدی عظیم باقیمانده و قابل اشاره مربوط به دوره اشکانی و اوایل دوره ساسانی است. گنبد موجود در شهر فیروز آباد فارس با دهانه ۱۰ ر ۱٦ متر هم اکنون پابرجاست. در دوره ساسانی، گنبد به عنوان عنصر عمده معماری ایران به فراوانی مورد استفاده بوده و در طول تاریخ معماری ایران تا امروز مورد بهره برداری قرار گرفته است. می توان اذعان کرد که مخترعان اصلی گنبد با دهانه های وسیع ساسانیان بوده اند. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ۳۷ تا ۳۹)

گوشه سازی در گنبد:

پیشتر، با استفاده از چوب، در گوشه ها مربع به هشت ضلعی تبدیل می شد (شکل ۳۳)، ولی به دلیل محدود بودن قدرت باربری چوب در گوشه سازی، اجرای گنبدهای بزرگ با دهانه های وسیع امکانپذیر نبود. بنابراین، در دوره ساسانی با اختراع گوشه سازی تحولی اساسی در پوشش فضاهای وسیع ایجاد شد و اختراع گوشه سازی این امکان را فراهم آورد که با استفاده از تاق و کاربندی، مربع به زمینه دایره تبدیل شود. در این روش مربع به ۸، ۱٦، ۳۲، ٦٤ و بالاخره به n ضلعی (نزدیک به دایره) تبدیل می شود تا گنبد روی آن قرار گیرد و در پلانهای مستطیل به ٦ و ۱۲ و در نهایت بیضی زمینه سازی می گردد .

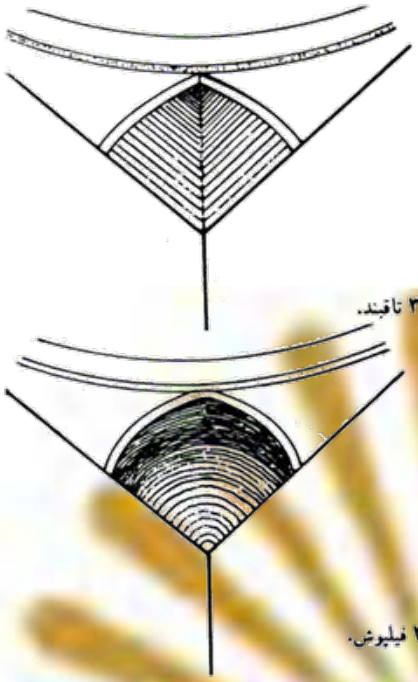


شکل ۳۵ سیستم انتقال نیرو در گنبد. •

• مهدی فرشاد، تاریخ مهندسی در ایران، تهران، گویش،؟.

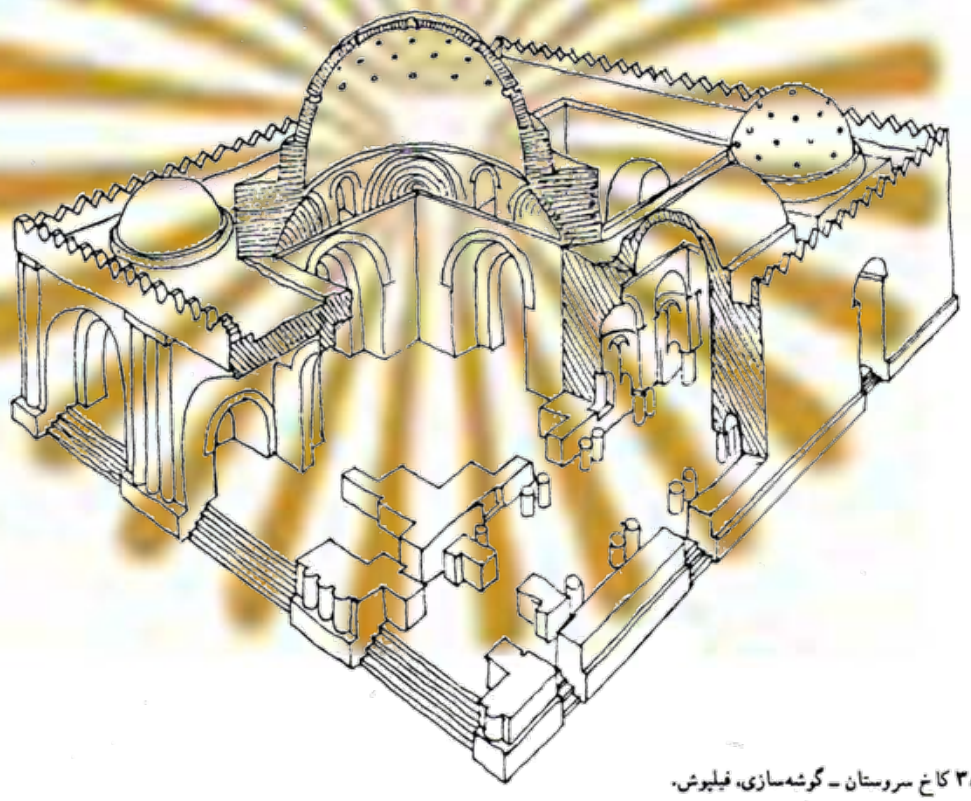
در اینجا چند نوع گوشه سازی رایج در ایران معرفی می گردد:

- سکنج یا ترنبه که کنجی پیش آمده است؛
- تاق بند: در این نوع گوشه سازی از دو تاق اریب که یکدیگر را در یک نقطه قطع می کنند استفاده می شود
- . فیلپوش: در این نوع گوشه سازی از اجرای تاقهای متحدالمرکز استفاده می شود تا تقسیم بندی لازم صورت گیرد .
- ٤. پتگین یا پتگانه: از اجرای تاقچه ها برر وی یکدیگر استفاده می شود تا به سطح مورد نظر دست یابیم . (محب علی، ١٣٧٤، ص ٣٩ و ٤٠)

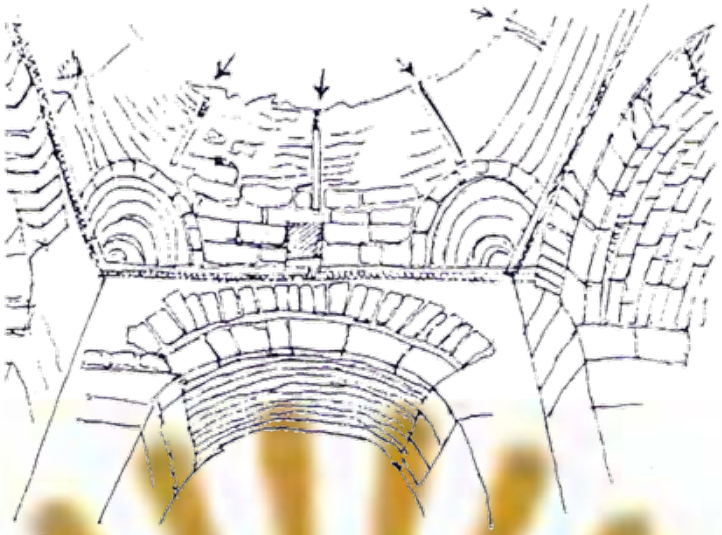


شکل ۳۶ تاقبند.

شکل ۳۷ فیلپوش.



۳۸ کاخ سروستان ـ گوشه‌سازی، فیلپوش.



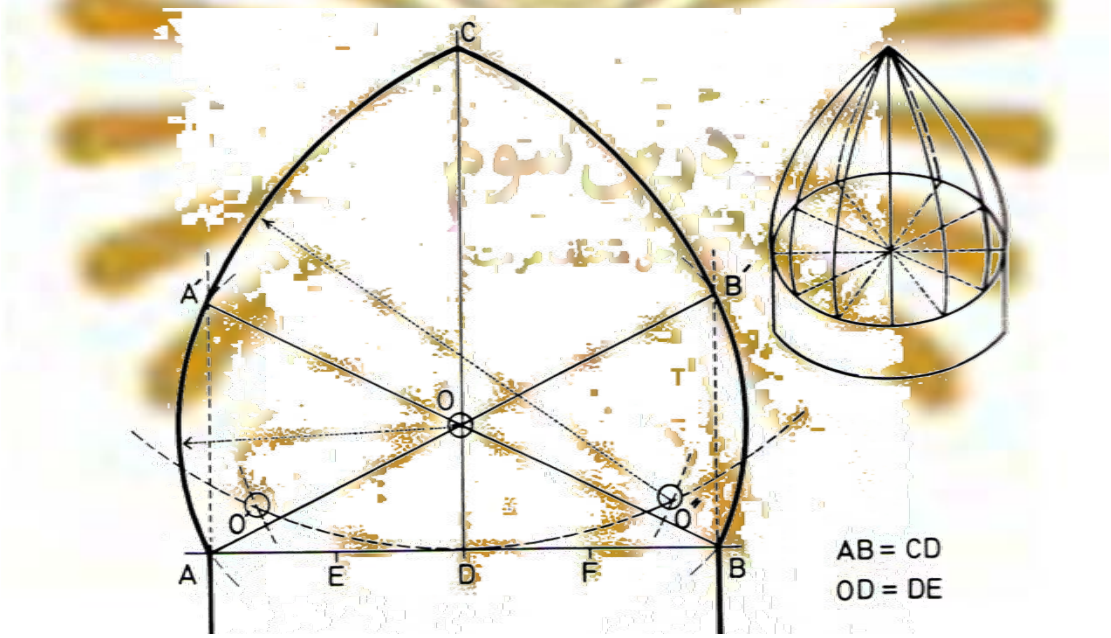
شکل ۳۹ نیاسر ـ گوشه‌سازی، فیلپوش.

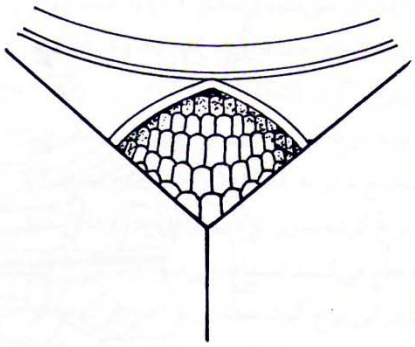
انواع گنبد ها: گنبدها را می توان به رک (مانند گنبد قابوس)، ناری (مانند گنبد سلطانیه)، و هلوچین (مانند گنبد فیروز آباد فارس) تقسیم کرد. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ٤۲)

طریقه رسم گنبد

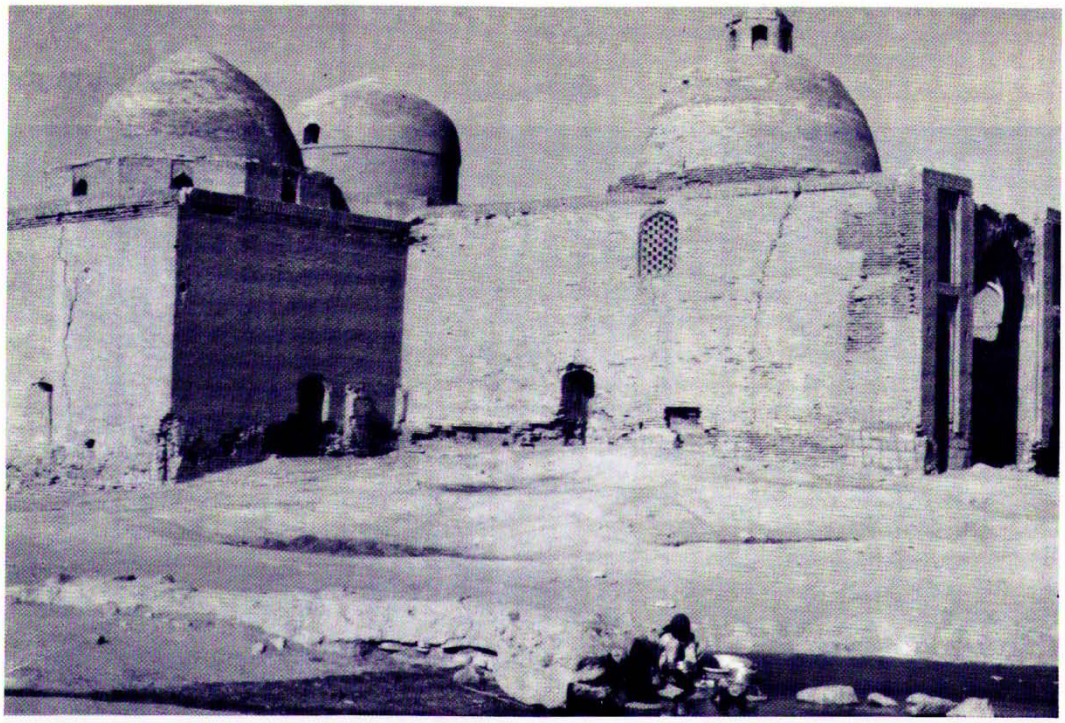
در شکل ٤۱، نمونه ای از گنبد را می بینیم که در آن خیز= ۱= افراز= دهانه. دهانه AB را داریم، به اندازه آن روی عمود منصف (خط عمود بر نقطه D) جدا می کنیم تا نقطه C به دست آید. دهانه

AB را به چهار قسمت مساوی تقسیم و به اندازه $\frac{1}{4}$ آن روی عمود منصف CD جدا می کنیم تا نقطه O به دست آید. این نقطه (O) مرکز خاک انداز گنبد است. سپس به مرکز O و شعاع دهانه (AB) دایره ای رسم می کنیم، آن گاه A را به O وصل می کنیم و امتداد می دهیم تا خط عمود بر نقطه B را در نقطه B' قطع کند. به همین صورت، از B به O وصل می کنیم تا خط عمود بر نقطه A را در نقطه A' قطع کند. سپس به مرکز A' و B' دو دایره به شعاع دهانه رسم می کنیم تا دایره اول را در نقاط O' و O'' قطع کند. دو نقطه O' و O'' مراکز بقیه قوس گنبد خواهند بود. از این مراکز به شعاعهای A' O' و A' O'' دو دایره رسم می شود که در نقطه C تلاقی کنند، این نقطه رأس گنبد خواهد بود. (محب علی، ۱۳۷٤، ص ٤۲ و ٤۳)





شکل ۴۰ پتگین.



تصویر ۵ پلنگ آباد.

٤-٣. درک سازه ای طاق و گنبد

قابهای جناغی و قوسها:

هر سه عضو قاب یک دهانه ای که تحت تاثیر بارهای عمودی هستند، در معرض تنشهای فشاری و خمشی قرار دارند. ستونهای قاب بر اثر فشار بارهای وارده به تیر فشرده شده و به علت گشتاور ایجاد شده در محل اتصال صلب ستونها به تیر، خم می شوند. تیر نیز بر اثر بارهای وارده، خم شده و به وسیله رانش حاصل از پای ستونها، تحت تاثیر فشار قرار می گیرد. اگر ابعاد متداول تیر و ستونها را در نظر بگیریم، ستونها تحت فشار و تیر تحت خمش قرار می گیرند، زیرا ستونها نسبتاً باریک و تیرها نسبتاً ضخیم می باشد.

هرگاه به علت مسایل عملکردی، عضو فوقانی قاب افقی باشد طراحی مقرون به صرفه ای انجام شده است. اما اگر این عضو فوقانی به حالت افقی نباشد طراحی بهتری صورت خواهد گرفت. در قابهای شیبدار (شیروانی) عضو فوقانی از دو تیر مایا تشکیل شده است. اگر اتصال این دو عضو از بالا به هم و از پایین به ستونها مفصلی باشد، به عنوان اعضای تحت فشار یک خرپای مثلثی شکل عمل می کنند. ستونها علاوه بر اینکه تحت تاثیر عکیپس العملهای عمودی اعضاء بالایی فشرده می شوند بوسیله رانش آنها نیز خم می گردند،

اتصال و پیوستگی بین دو تیر مایل و ستونها، در اعضاء شیروانی خمش ایجاد می کند، بنابراین قاب به وسیله ترکیبی از فشار و خمش در تمام اعضای خود، نیروها را منتقل می نماید.

هرچه ارتفاع شیروانی بیشتر باشد، رانش و به دنبال آن خمش در اعضاء شیروانی و ستونها کاهش می یابد. ظرفیت تحمل بار شیروانی ممکن است بین دو مکانیزم فشار و خمش تقسیم شود که در این صورت در مقایسه با یک تیر که فقط تحت تاثیر اثر خمش است، کارآیی آن افزایش می یابد و در مصرف مصالح نیز صرفه جویی می شود.

قاعده کلی که در قابهای شیروانی استفاده می شود می تواند توسعه یابد. ستونها ممکن است کوتاه شوند و عضو فوقانی دارای شکستگی های بیشتری گردد، در این صورت بیش از دو وجه مستقیم در سقف خواهیم داشت که با افزایش فشار و کاهش خمش توأم خواهد بود.

در نهایت قاب چند ضلعی با تعدا بی نهایت زیادی از وجوِه بسیار کوچک، به یک قوس تبدیل می شود.

همانگونه که در بخش بیان شد برای هر دسته از نیروها، شکل مخصوصی از قوس وجود دارد (منحنی طنابی آن نیروها) که در ان تمام قوس تحت فشار ساده قرار می گیرد. چنین شکلی را می توان از آویختن بارها به یک کابل بدست آورد؛ سپس با معکوس کردن آن، شکل قوس بدست می آید.

منحنی های طنابی در یک انتهای مقیاسهای سازه ای قرار دارند که در آنها خمش مساوی صفر و فشار یکپارچه است. تیرها در انتهای دیگر این مقیاس قرار گرفته اند که در آنها تنها خمش ایجاد می شود و فشار یکپارچه وجود ندارد. هر نوع دیگری از اعضاء سازه با انحنای رو به پایین بارها را به صورت ترکیبی از فشار و خمش تحمل می کند. حتی اگر قوس، منحنی طنابی دسته ای از بارها باشد، در مقابل دسته ای دیگر از بارها که باید تحمل کند، طنابی عمل نمی کند، نتیجتاً ترکیبی از فشار و خمش همیشه در قوس وجود دارد.

در طراحی با مصالح بنایی، چون قوی تحت بارگذاری سنگینی بر اثر وزن دیوارها قرار می گیرد، شکل قوس معمولاً تابع منحنی طنابی بارهای مرده بوده و مقدار کمی خمش در اثر بارهای زنده در آن ایجاد می شود. در قوسهای فولادی بزرگ نسبت به قوسهای سنگی، بار زنده سهم بیشتری از کل بارها را به خود اختصاص می دهد و مقدار زیادی خمش ایجاد می کند. ولی این خمش به علت مقاومت کششی فولاد بندرت بحرانی می باشد.

هنگامی که مصالح پی برای تحمل رانش مناسب نباشند، رانش قوس بوسیله یک میله رابط مهار می شود. هنگامی که در زیر قوسی رفت و آمد صورت می گیرد کثلاً قوس پل ها یا قوس ورودی یک هال، رانش آن یا بوسیله پشت بندها و یا میله رابط پنهان شده در زیرزمین مهار می گردد.

بارهای ثابت یا متحرک که بوسیله قوس یک پل حمل می گردد، معمولاً روی یک سطح افقی تحمل می شوند. این سطح ممکن است زیر و یا روی قوس باشد شمعهای فشاری یا آویزهای کششی به قوس متصل است.

با استفاده از تیرهای متقاطع یا مورب از کمانش جانبی شمعهای فشاری بخصوص وقتی قوس دارای ارتفاع زیاد است، جلوگیری می شود.

شکل قوس صرفاً با دلایل سازه ای انتخاب نمی شود. نیم دایره که منحصراً توسط رومی ها استفاده می شد، خصوصیات اجرای مناسبی دارد که استفاده از آن را توجیه می کند. به همین نحو نیز، قوس طراحی شده گوتیک، دارای مزیتهای بصری و سازه ای است، (این قوس رانشهای کمتری ایجاد می کند). در حالی که قوسهای عربی در مساجد و تعدادی از معماریهای ونیزی دیده می شوند که از نقطه نظر سازه ای صرف، ظاهراً نادرست می باشند، اما معمولاً فقط از نظر شکل ظاهری نادرست به نظر می رسند زیرا این قوسها در واقع با زیربنای قوسهای گوتیک ساخته می شوند.

به منظور به حداقل رساندن خمش می توان شکل قوس را به گونه ای انتخاب کرد که تا حدّ ممکن در مقابل سنگین ترین نیروها، مطابق منحنی طنابی آن بار رفتار کند. به عبارت دیگر اغلب اوقات به حداقل رساندن رانش قوس بسیار مهمتر است تا اینکه ابعاد میله مهاری کاهش یابد و یا تضمین شود که خاک تحت تاثیر فشار پشت بندها حرکت نخواهد کرد. می توان نشان داد که رانش متناسب با کل بارها و طول دهانه می باشد و با خیز قوس نسبت معکوس دارد. برای به

حداقل رساندن رانش یک دهانه مشخص، قوس باید دارای سبکترین حالت ممکن بوده بلندی خیز قوس تا بالاترین حد ممکن که از لحاظ اقتصادی قابل اجرا باشد، برسد.

قوس ممکن است تکیه گاههای مفصلی یا گیردار داشته باشد. تکیه گاههای مفصلی امکان چرخش قوس در تکیه گاهها را در اثر بارهای وارده یا تغییرات درجه حرارت می دهند. قوسهای مفصلی نسبتاً انعطاف پذیر هستند و تنشهای خمشی زیادی در اثر اختلافات درجه حرارت یا نشست زمین ایجاد نمی کنند. مفصلهای فولادی در تکیه گاههای بیشتر قوسهای فولادی به کار می روند، مفصلهای بتنی اولین بار توسط مهندس فرانشوی مسناژیه ساخته شد. او با تقاطع میلگردها در مقطع خاصی مقاومت خمشی آن مقطع را به طور اساسی کاهش داد، به این ترتیب که بازوی اهرم بین میله های فولادی از بین رفت.

قوسهای صلب هم از نوع فولادی و هم از نوع بتنی ساخته می شوند، این نوع قوسها از قوسهای مفصلی سخت تر بوده و در نتیجه در برابر تنشهای حرارتی و نشست تکیه گاهها حساستر می باشند.

اگر بخواهیم از کلیه تنشهای حرارتی اجتناب کنیم می توانیم یک مفصل سوم در تاج قوس به کار ببریم. قوس سه مفصلی بدون آنکه دو نیمه آن دچار تغییر شکل خمشی گردند در برابر تغییرات حرارتی و نشست های نابرابر آزاد است. استفاده از این نوع قوسها که معمولاً در اواخر قرن نوزدهم ساخته می شدند به علت پیشرفت دانش در زمینه رفتار قوسها به میزان قابل توجهی کاهش یافته است.

زمانی کخ مصالحِ با مقاومت خمشی، پر هزینه بودند و براحتی بر اثر شرایط آب و هوایی از بین می رفتند، قوس عنصری سازه ای بود که به طور معمول حتی برای پوشاندن دهانه های نسبتاً کم نیز استفاده می گردید. معماری رومی و معماری رومانسک بوسیله استفاده از قوس نیم دایره

شناخته می شوند. قوسهای گوتیک با خیز بلند و دیوارهای دارای پشت بند برای مهار نیروی رانش نشان دهنده یکی از بزرگترین موفقیتها در طراحی معماری کلیساهای گوتیک هستند.

این ساختمانهای با شکوه و بزرگ با استفاده از مصالحی که صرفاً مقاومت فشاری دارند ساخته شده اند و در آنها ترکیبی از قوسها و طاقها بار سقفهایی را با دهانه ۳۰ متر به زمین منتقل می نمایند. خیز زیادِ قوسِ، رانش را کاهش می دهد و پشت بندهای شمشیری با شکلِ قوسِ نیمه، رانش را از ستونهای داخلی به ستونهای خارجی منتقل می کنند. وزن این ستونهای خارجی همراه با برجها به نیروی رانش جهتی تقریباً عمودی می دهند. یک کلیسای گوتیک اساساً، یک سازه قابی شکل است که اعضای منحنی شکل قاب منحصراً تنشهای فشاری تحمل می کنند.

فقط یا ایجاد مصالح جدید با مقئمت خمشی زیاد که موفقیتهای بزرگتر ساختمانی بدست آمد.

قوسهای نیم دایره رومی، دهانه های ۳۰ متری و پل های سنگی قرون وسطی ئهانه های تا ۵۵ متر را می پوشاندند. اما پل نیوریورگورج در ویرجینیای غربی در آمریکا تا به امروز بزرگترین دهانه قوس فولادی است که ۵۱۸ متر ار می پوشاند.

بزرگترین قوس یک دهانه ساخته شده از بتن مسلح پل کرک در یوگسلاوی است که ۳۹۰ متر دهانه دارد.

ترکبی از قوسهای خر پایی با نیم قوسهای طره ای که به وسیله خرپا به هم متصل می شوند، دهانه ای برابر ۵۵۰ متر را در پل کبک می پوشاند.

تا به امروز هیچ عنصر سازه ای برای پوشاندن فاصله های زیاد به اندازه قوس مورد استفاده نبوده است. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۱٤۷ تا ۱۵۵)

تنشهای خمشی در گنبدها:

مشاهده کردیم که گنبد بارها را با تنشهای غشایی(فشار، کشش و برش) تحمل می‌کند، زیرا ایجاد تنشهای برشی به گنبد حالت طنابی برای تمامی بارها می‌دهد. از طرف دیگر به دلیل آنکه گنبد معمولاً بسیار نازک است در صورت ایجاد تنشهای خمشی در هر نقطه‌ای از آن، غالباً مقادیر تنشها از حدود مجاز فراتر می‌رود. بنابراین لازم است که امکان بروز چنین حالتی مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

در تجزیه و تحلیل ظرفیت باربری گنبدهای نازک بطور ضمنی فرض شد که آنها قادر به جابجایی‌های مختصر هستند که لازمهٔ حالت تنش غشایی در آنها است. بنابراین گنبدی که در بخش بررسی شد، تحت اثر بارهای تنشهای غشایی ایجاد می‌کند و کرنش‌های مربوطه باعث جابجایی عمودی اندکی در سقف گنبد می‌گردند. از آنجائی که از این جابجایی جلوگیری نمی‌شود در مجاورت آن حالتی خالص از تنش غشایی بوجود می‌آید. در عوض ممکن است در مرز پوسته حالتی کاملاً متفاوت بروز کند.

یک گنبد کروی تحت اثر بار در ناحیه مدار استوا باز می‌شود، بنابراین مرزهای آن(هرچند به مقدار ناچیز) به سمت خارج جابجا می‌گردند. بعلاوه نیروهای عکس‌العمل گنبد باید در جهت نصف‌النهارهای دوران یافته، قرار گیرند. از آنجا که قوسهای نصف‌النهاری تحت اثر بار باید بصورت منحنی طنابی عمل کنند، نیروهای عکس‌العمل در جهات دیگر در گنبد خمش ایجاد خواهند کرد. بعبارت دیگر، به منظور ایجاد تنشهای صرفاً غشایی در پوسته، مرز قوس باید امکان حرکت به بیرون را داشته باشد و عکس‌العملها باید در جهت نصف‌النهارها در مرز پوسته دوران نمایند و سپس وارد شوند و عملاً این امر غیرممکن است. یک تغییر مکان در مرز پوسته معایب و اشکالات اجرایی به همراه دارد. و زمانی که به دلیل تغییر شکل پوسته تحت اثر بار وارده، مرزهای

قوی دوران کنند امکان دوران نیروهای عکس‌العمل به منظور مماس شدن برنصف‌النهارها نیست. در عوض در عمل اوقات خط استوای پوسته توسط حلقهٔ محکمی تقویت می‌شود که مانع از حرکت مرزها بطرف بیرون و دوران آنها می‌شود و در نتیجه باعث پدید آمدن نیروهای اضافی رانشی‌رو به داخل و خمش در خط استوا می‌گردد. پوسته‌ای که تحت اثر تنشهای غشایی ناشی از بارگذاری در مدار استوا حرکت و دوران می‌کند در مرزش تغییر انحنای ناگهانی می‌دهد و در نتیجه تنشهای خمشی در اطراف مرزش ایجاد می‌شود.

آشفتگی‌های خمشی که بدین شکل در مرز پوسته بوجود می‌آید عمیقاً در پوسته نفوذ نمی‌کنند و تنها به نوار باریکی در مجاورت مرز محدود می‌شوند. یکی دیگر از خصوصیات مفید پوسته‌های نازک جلوگیری از انتشار اشکالات خمشی است، زیرا تغییر مکانهای خمشی نصف‌النهارها که به علت سختی کم‌پوسته می‌تواند مقادیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشند توسط مدارها محدود شده و تقلیل می‌یابند. تغییر مکانهای زیاد خمشی نصف‌النهارها، تغییرات زیادی در شعاع مدارها پدید می‌آورند و بدین ترتیب کرنش‌های کششی یا فشاری زیادی در مدارها ایجاد می‌شود. ولی مدارها در عوض در برابر کشش و فشار مقاوم هستند و در نتیجه امکان جابجائیهای بزرگی را نمی‌دهند. مدارها صرفاً امکان برآمدگیهای کوچک در نصف‌النهارها را می‌دهند و بنابراین مقدار کمی خمش ایجاد می‌شود که با فاصله گرفتن از مرز پوسته مقدار آن کاهش می‌یابد.. این کاهش و به صفر رسیدن تنشهای خمشی مشابه حالتی است که در تیرهای یکسره روی می‌دهد و در آنها خمش بسرعت با فاصله گرفتن از دهانهٔ بارگذاری شده کاهش می‌یابد. این موضوع ناشی از پیوستگی تیر روی تکیه‌گاهها است. در پوسته، نصف‌النهارها برروی تکیه‌گاهها(که همان مدارها می‌باشند) پیوسته هستند و خمش با فاصله گرفتن از مرز با همان تغییر مکان موجدار که در تیرهای یکسره مشاهده می‌کنیم، کاهش می‌یابد.

پهنای سطحی که از آشفتگی خمشی مرزی تأثیر می‌پذیرد با ریشهٔ دوم نسبت به ضخامت به شعاع گنبد متناسب است. به این ترتیب به منظور کاهش عرض سطحی که با آشفتگی خمشی روبروست باید پوستهٔ نازکتر ساخته شود. برای ضخامتی معادل یک چهارصدم شعاع گنبد، کمان ناحیهٔ آشفتگی فقط یک دهم شعاع است. بنابراین بیشتر سطح پوسته دارای تنشهای غشایی غیرمزاحم هستند.

آشفتگی‌های خمشی در اثر شرایط حرارتی نیز ایجاد می‌شوند که معمولاً حالت شدیدتری نسبت به آشفتگی‌های ناشی از بارگذاری دارند. وقتی که پوسته در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرد. درجهٔ حرارتش افزایش می‌یابد، کل گنبد تغییر شکل می‌دهد و بطور یکنواخت شعاعش افزایش پیدا می‌کند. اگر حلقه‌ای در زیر زمین مانع از جابه‌جایی مرز گنید شود، پوسته مجدداً تغییری ناگهانی درانحنا پیدا می‌کند و تنشهای خمشی زیادی مشابه آنچه که در بالا ذکر شد ایجاد می‌شود.

از آنجایی که جابجایی مرزی ناشی از تغییرات حرارت معمولاً از تغییرات ناشی از بارگذاری بیشتر است، تنشهای خمشی ناشی از تغییرات حرارتی نیز اغلب بزرگتر از تنشهای خمشی ناشی از بارگذاری هستند. اگر درجهٔ حرارت یک گنبد با دهانهٔ ۳۰ متر بطور یکنواخت ۱۶ درجهٔ سانتیگراد نسبت به حلقهٔ پی افزایش یابد، مرز آن به اندازهٔ ۲/۵ میلیمتر تغییر مکان شعاعی می‌دهد. این تغییر مکان ۳ برابر بزرگتر از تغییر مکانی است که توسط بار مرده و برف ایجاد می‌شود، و در نتیجه زمانی که از تغییر مکان حرارتی جلوگیری شود تنشهای خمشی ناشی از تغییر درجه حرارت در مرز پوسته ۳ برابر بزرگتر از تنشهای ناشی از بار مرده می‌باشد.

هرگاه نیروهای عکس‌العمل در طول مرز پوسته برنصف‌النهارها مماس نباشند، تنشهای خمشی در مرز پوسته رخ می‌دهد. بنابراین اگر گنبد بجای آنکه در تمام مرزش دارای تکیه‌گاه باشد فقط روی چند ستون هم فاصله تکیه داشته باشد، نه تنها الگوی تنش غشایی تغییر می‌کند، بلکه علاوه برآن

ستونها عکس‌العملهای افقی در مرز گنبد ایجاد می‌کنند و تنش‌های خمشی نیز در گنبد ایجاد می‌شود.

به همین ترتیب اگر بخشهایی از گنبد بوسیله صفحات مورب یا قائم بریده شود و گنبد بر روی تعداد معدودی تکیه‌گاه قرار گیرد، شرایط تکیه‌گاهی اساساً با آنچه که برای رفتار غشایی لازم است متفاوت بروده احتمال ایجاد تنشهای خمشی وجود خواهد داشت.

سرانجام باید گفت هر باری که قادر به ایجاد انحنا در یک پوسته نازک باشد در آن تنشهای خمشی ایجاد می‌کند. بدین ترتیب بارهای متمرکز نمی‌توانند توسط تنشهای غشایی تحمل شوند. ضخامت پوسته اغلب با توجه به آشفتگی‌های خمشی تعیین می‌شود نه با تنشهای غشایی ناشی از بارها.

دو شرط اضافی نیز ممکن است باعث افزایش ضخامت پوسته‌ها از مقادیر متوسط لازم براساس تنشهای غشایی شود. اولاً؛ یکی از خصوصیات کاملاً اجرایی و مهم پوسته‌های بتن مسلح این است که ضخامت آنها باید برای پوشاندن میله‌های تقویت کننده در هر دو قسمت داخلی و خارجی پوسته کافی باشد. قراردادن دقیق میله‌ها در ضخامت پوسته یک موضوع دقیق و پرهزینه است. در کشورهایی که اجرت کارگر ماهر بالاست، اغلب با افزایش ضخامت پوسته، هزینه اجرای طرح را نسبت به زمانی که فولادها به طرز صحیح‌تر نصب می‌شوند و در نتیجه اجرت کارگر بالا می‌رود، کاهش می‌دهند. در ایالات متحده پوسته‌های نازکتر از ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر بندرت اقتصادی هستند اگر چه پوسته‌های با ضخات ۱ سانتیمتر در کشورهای دیگر ساخته شده‌اند.

ضخامت پیوسته‌ها غالباً باید طوری در نظر گرفته شود که از کمانش پیشگیری کند هر عنصر سازه‌ای با ضخامت کم که تخت اثر تنشهای فشاری است ممکن است کمانش کند، و پوسته‌های نازک نیز از این قاعده مستثنی نیستند. میزان بار کمانشی برای یک گنبد پوسته‌ای نازک، با مدول الاستیسیته مصالح مصرفی و مربع نسبت ضخامت به شعاع گنبد متناسب است. برای

نسبتهایی به کوچکی $\frac{1}{400}$ یا $\frac{1}{300}$ میزان بارکمانشی ممکن است به طرز استثنایی کم باشد. بار کمانشی برای یک گنبد به ضخامت ۷/۵ سانتیمتر و دهانه ۲۰ متر با ضریب اطمینان ۲/۵ در حدود ۷۵۰ کیلوگرم برمترمربع می‌باشد. بنابراین حداکثر بار یکنواخت روی پوسته نمی‌تواند بیشتر از ۳۰۰ کیلوگرم برمترمربع باشد. این بار معادل بار مردهٔ پوسته شامل مصالح بام و عایقکاری و بار برف اندکی می‌باشد. این چنین پوسته‌ای ممکن است در نواحی استوایی ساخته شود ولی ساخت آن در نواحی شمالی ایالات متحده امکان‌پذیر نیست.(بدلیل داشتن بار برف زیاد)

با افزایش ضخامت گنبد در ناحیه مدارها و نصف‌النهارها مقاومت کمانشی یک گنبد بدون افزایش یکنواخت در ضخامت آن، بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این راه حل برای سخت کردن گنبدهای فلزی بسیار مناسب است. در این قبیل گنبدها ضخامت لازم برای تنشهای به علت هزینهٔ قالب‌بندی آنها بندرت با افزایش ضخامت در مدارها و نصف‌النهارها سخت می‌شوند، مگر برای دهانه‌های بسیار بزرگ. ایجاد مقاومت کمانشی در بزرگترین سقف بتنی با پوسته نازک که تا به حال ساخته شده است یعنی گنبد C.N.I.T در پاریس با دهانهٔ ۲۳۲ متر با ساخت دو پوستهٔ جداگانه صورت گرفته است که بوسیلهٔ دیافراگم‌های عمودی به هم متصلند.

یک پوسته هنگامی بطریق کاملاً مناسب عمل می‌کند که تنشهای غشایی تقریباً در تمام نقاط آن ایجاد شود. در این حالت گفته می‌شود که گنبد بارها را با رفتار پوستهٔ نازک تحمل می‌کند. با توجه به آنچه قبلاً گفته شد برای آنکه یک گنبد عملکرد واقعی یک پوستهٔ نازک را دارا باشد، به سه شرط زیر در آن رعایت شود:

۱- گنبد باید دارای ضخامت کم باشد زیرا در این حالت قادر به ایجاد رفتار خمشی قابل توجهی نخواهد بود.

۲- انحنا گنبد باید به طرز صحیحی طراحی شود. در این حالت گنبد به علت فرم مقاومش سخت و مستحکم خواهد بود.

۳- گنبد باید به شکلی مناسب دارای تکیه‌گاههای لازم باشد در این حالت صرفاً مقدار ناچیزی خمش بر سطح محدودی از پوسته ایجاد خواهد شد.

این سه شرط برای ایجاد عملکرد پوسته‌های نازک در گنبد با هر شکل و تحت هر نوع بارگذاری لازم و ضروری است. هر گاه به دلیل مشکلات اجرایی یا ملاحظات زیبایی یا نیازهای معماری این سه شرط رعایت نشوند، تأثیر رفتار خمشی افزایش یافته و بازده سازه‌ای پوسته کاهش می‌یابد. (سالوادوری، ۱۳۷٤، ص ۲۵۸ تا ۲٦۳)

طاق‌پوش عرقچین(کروی)

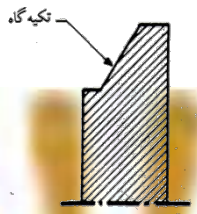
به طوری که در طاقهای گهواره‌ای پاکار قوس بیشتر در ارتفاع ۱/۵ متر می‌باشد که این حالت دو سمت اطاق را کوتاه کرده و اصطلاحاً شانه قوس را تو سری خورده نشان می‌دهد.

چنانچه پوشش به شکل مدور و از سه کنج‌ها آغاز گردد. فضا بلندتر با غلتی یکنواخت در حالت دور نعل اسبی و یا «پیازی» پوشش می‌شود که از حالت گرفتگی در پوشش گهواره‌ای به دلبازی پوشش عرقچین می‌رسد.

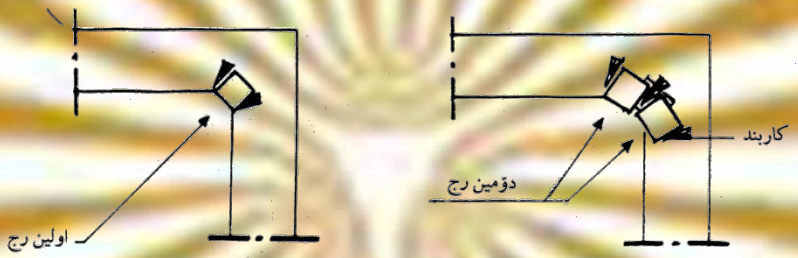
علاوه بر موارد ذکر شده زمانی که فضاها در یک راستا نباشد و در یکدیگر تداخل کرده باشد از پوششهای گهواره‌ای و در سایر موارد از پوششهای کروی و عرقچین استفاده می‌گردد. به طور کلی پوشش گنبدی و یا عرقچین بیشتر در فضاهایی با مقطع مربع انجام می‌گردد. قابل ذکر می‌باشد که پلانهای مربع مستطیل با پوشش کروی و پیازی نیز پوشش می‌شود.

زیرسازی طاق و نحوه پوشش آن

پس از این که در بندها تا ارتفاع مشخص چیده شده به وسیله قوس دلخواه پوشش شده سپس دست‌انداز چینی تا پا کار با رعایت تکیه‌گاه‌سازی بنائی می‌شود. تکیه‌گاه تحت زاویه‌ای در چهارطرف انجام می‌گردد.



اجرای طاق عرقچین: کارپوشش طاق از یک گوشه آغاز شده، ملات کشیده می‌شود و اولین خشت در تقاطع دو دیوار با رعایت زاویه نصب می‌گردد.

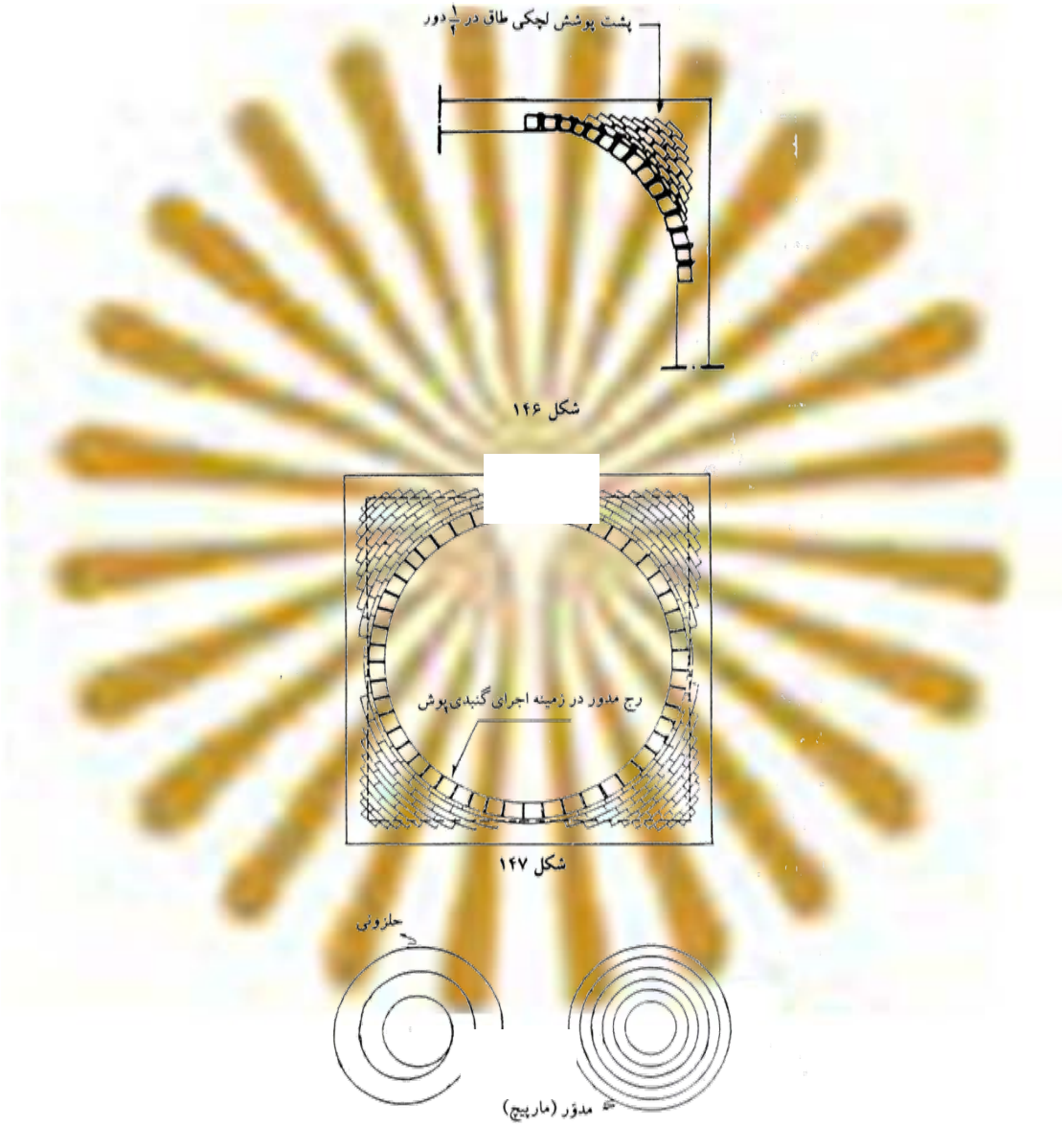


سپس ملات کشیده شده دو خشت با رعایت پیوند $\frac{1}{2}$ بنائی می‌شود. حرکت و چرخش دایره در به وجود آمدن پیوند مؤثر می‌باشد. که به وسیله کاربند کردن دو خشت نصب شده را درگیر یکدیگر می‌سازد. مسلماً گوشه‌های خشت محل نشست‌برروی تکیه‌گاه نیز کاربند می‌گردد. رج سوم با سه خشت و رعایت حرکت دایره از جهت محور افقی و بالا گرفتن پشت خشت که غلت قوس را به وجود می‌آورد انجام می‌گردد.

تکرار رج چسبانی در حالت پوشش ضربی با رعایت $\frac{1}{2}$ پیوند و غلت ور هم از جهت محور افقی و هم از جهت حرکت منحنی قائم با رعایت کاربند تکرار شده تا $\frac{1}{4}$ دایره در دو گوشه دیوار به وجود آید.

بنا به آنچه گفته شد شروع پوشش لچکی مدور در سه گوشه دیگر فضا انجام شده و زمینه پوشش عرقچین آماده می‌شود.

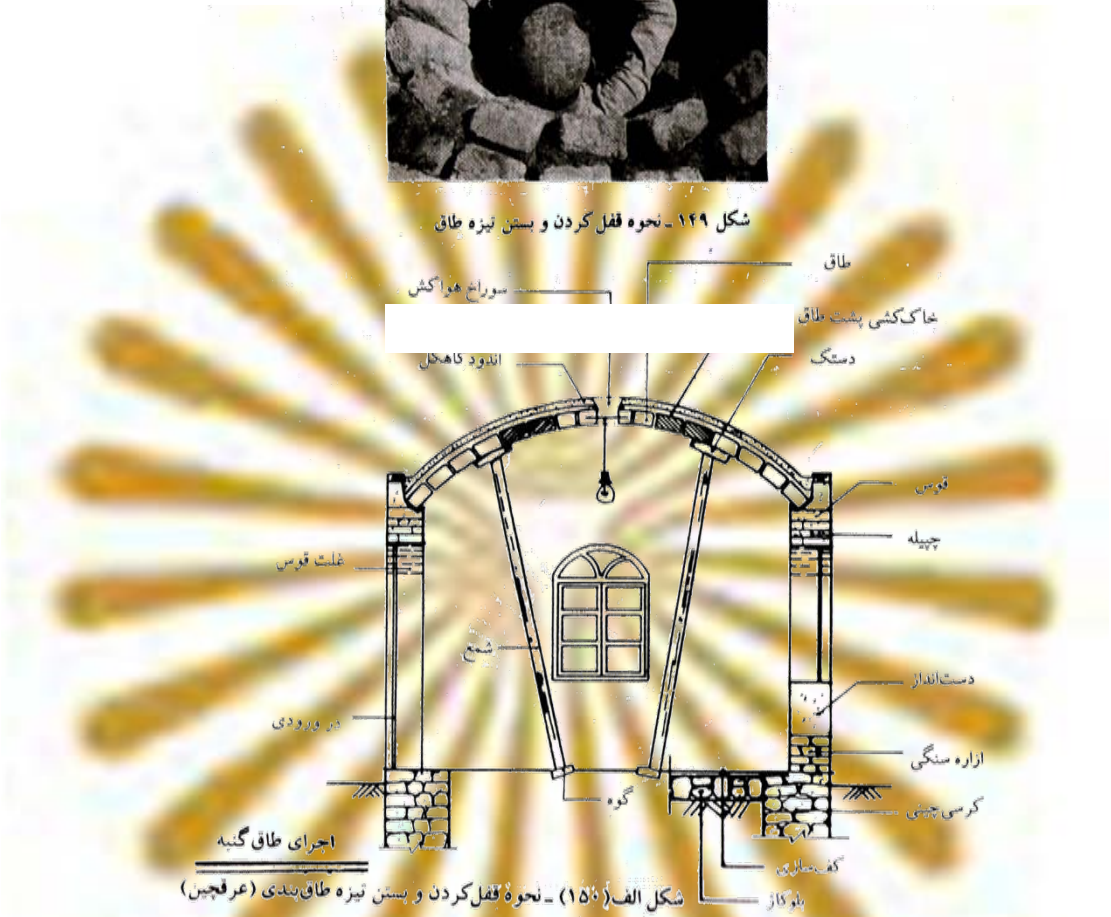
توجه: جهت نگهداری پوششهای لچکی تا سر در هم گذاردن طاق، اگر از شمع‌زنی در ریز آنها استفاده شود کار اصولی خواهد بود.



شکل ۱۴۶

شکل ۱۴۷

شکل ۱۴۹ ـ نحوه قفل کردن و بستن تیزه طاق



شکل الف(۱۵۰) ـ نحوهٔ قفل‌کردن و بستن تیزه طاق‌بندی (عرقچین)

پوشش یا در حالت مدور، رج به رج خواهد بود و یا در فرم مدور مارپیچ که در هر دو روش کاربند کردن بین رجها را انجام می

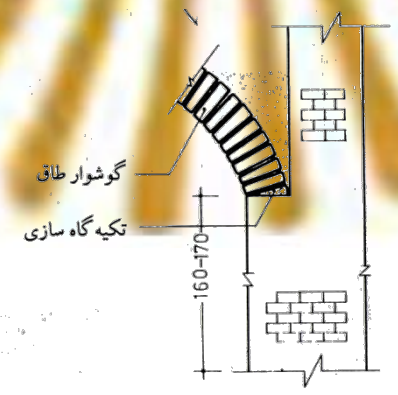
پس از پایان پوشش، دوغاب‌ریزی، کونال‌سازی، شیب‌بندی، ناودان‌گذاری سپس اندود کاهگل اجرا می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۲٤–۱۲۸)

چهار گرده پوش

طاق‌پوش خشتی چهار گُرده‌ای که اصلاحاً طاق«دورپیازی» نیز گفته می‌شود. در فضاهای مربع بخوبی قابل اجر ا است. اما در فضاهای مربع مستطیل با کم و زیاد کردن ملات در بین رجها و در چهارچوب مربع لوز تیز اجرا می‌شود. به طور کلی این پوشش بیشتر برای فضاهای مربع قابل استفاده است.

ارتفاع دیوار خشتی برای اجرای این پوشش باید حدود ۱۶۰ تا ۱۸۰ سانتیمتر باشد و در چهار دیوار باید حالت تراز داشته باشد. ارتفاع کوتاه دیوار به علت دور بلند این طاق‌پوش می‌باشد که در نتیجه با کنترل خیز طاق ارتفاع پوشش در ناحیه میانی ۳/۵ متر و در مواردی بلندتر نیز اجرا می‌شود.

روش اجرا: پس از ترازسازی و اصطلاحاً تخت کردن دیوارها، معمولاً محل نشست طاق برروی سطح دیوار مشخص انجام شده و بقیه عرض دیوار به شکل پس‌نشین تا ارتفاعی که شانه‌های طاق را مهار و کوتاه سازد بنائی می‌شود. این اجرا اصلاحاً باعث سنگین شدن دیوارهای زیر پوشش شده و در نتیجه از رانش و اصطلاحاً لگدزدن طاق جلوگیری می‌کند.

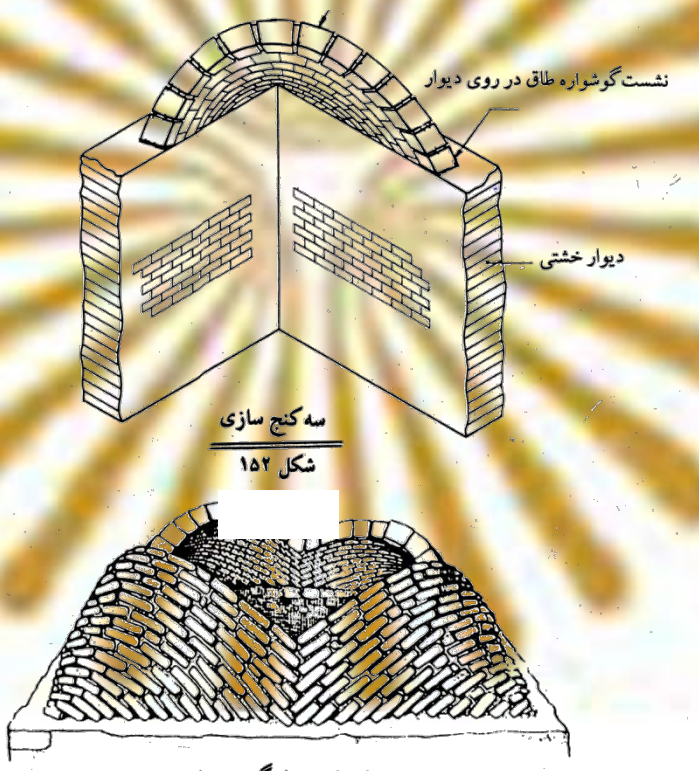


اجرای تکیه گاه سازی (کیز)

گوشوار: شروع پوشش در محل تقاطع و در گوشه دیوار با نصب رج به شکل پخ و با کاربند کردن دو گوشه خشت همراه می‌باشد. پوشش رج دوم و رجهای بعدی با رعایت پیوند و کاربند کردن که اصطلاحاً «سه‌کنج‌سازی» یا «شکنج‌سازی» گفته می‌شود، آغاز شده. این عمل سه‌کنج‌سازی، گوشوار، گوشواره، فیل‌پوش نیز گفته می‌شود. ذیلاً به شرح این پوشش می‌پردازیم.

شروع دور طاق در جهت محور قائم می‌باشد و گرده‌پوش در جهت محور عمودی دور می‌گیرد که در این حالت نیروی فشاری از گرده‌پوش با رعایت دور به دیوارهای زیرپوشش منتقل می‌شود.

توجه: به طور کلی نگهداری قطعات خشت فقط با دور حاصله از کمان و به وسیله کاربند کردن آنها نظیرگوه به وجود می‌آید.



سه کنج سازی

شکل ۱۵۲

اجرای چهار گرده پوش

توجه ۱: اجرای گرده‌پوش در اضلاع فضا با رعایت پیوند و دور ذکر شده در جهت محور عمودی تا $\frac{1}{2}$ طول و یا عرض فضا دنبال می‌شود.

توجه ۲: جهت پیشگیری از واژگونی پای رجهای غیرشاقولی اصلاحاً «وارچین» و در حالت قدری مورب، گوشه‌سازی پوشش می‌گردد.

توجه ۳: بنا به اصول ذکر شده عمل پوشش گرده‌پوش در سه گوشه دیگر بنائی می‌شود تا رجها از هر طرف به $\frac{1}{2}$ طول و عرض فضا برسد.

توجه ٤: این پوشش بدون قالب انجام می‌شود و به مهارت سازنده، پوشش طاق ارتباط کامل دارد. ملات بکار رفته در بین رجهای خشت باید گل و از نوع خاک رس مرغوب باشد. فقط اصول کاربند کردن سبب پایداری این طاق می‌شود.

توجه ٥: تفاوت طاق چهار گرده پوش با پوشش گنبدی، در نحوه اجرای سه کنج‌سازی آنها می‌باشد در این اجرا پوشش گنبدی با دو دور در جهت محور افقی و محور عمودی بنائی می‌گردد. در پوشش چهار گُروه پوش، پس از پوشش فیل گوش از سه کنج و بعد از رسیدن رجها در وضعیت پاتوپا در یکدیگر نشست کرده و تا تیزه ادامه می‌یابد.

پوشش متن: بعد از شروع پوش گرده‌پوشها در سه کنج‌ها تا رسیدن آنها بیکدیگر عمل پوشش به دو طریق بنائی می‌شود.

الف: در بعضی موارد بعد از به وجود آمدن گرده پوش‌ها در سه کنج‌ها، رجهای افقی در بین دو شانه گرده پوشها با دور کمانی پوشش می‌گردد.

توجه: در این پوشش رج افقی در بین دو گرده پوش متقابل و همجوار بنائی می‌شود. نگهدارنده رجهای ذکر شده اجرای رجهای گرده پوش بعدی در گوشه‌های متقابل می‌باشد. به طور کلی در این حالت رجهای پوشش از هشت وجه (چهار گُروه‌ها و بین آنها) بنائی می‌شود تا کار پوشش به اتمام برسد.

ب: رج‌پوش پاتو پای گرده‌پوش- در این روش پوشش رج به رج از هر گرده‌پوش با رعایت پیش‌آمدگی پای رجها شروع می‌شود. عمل پوشش با توجه به دور و پیوند دنبال شده تا اصطلاحاً تیزه طاق «قفل» شود.

توجه: بعد از اجرای این پوشش اگر دوغاب‌ریزی پشت‌طاق به ضخامت ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر اجرا شود، کار پیوند قطعات طاق بهتر بنائی می‌شود. سپس با خاک‌کشی پشت‌بام و شیب‌بندی و پس از عمل ناودان‌گذاری و اندود کاهگل پشت‌بام، مراحل اجرائی این نوع طاق‌پوش بنائی می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۲۸-۱۳۱)

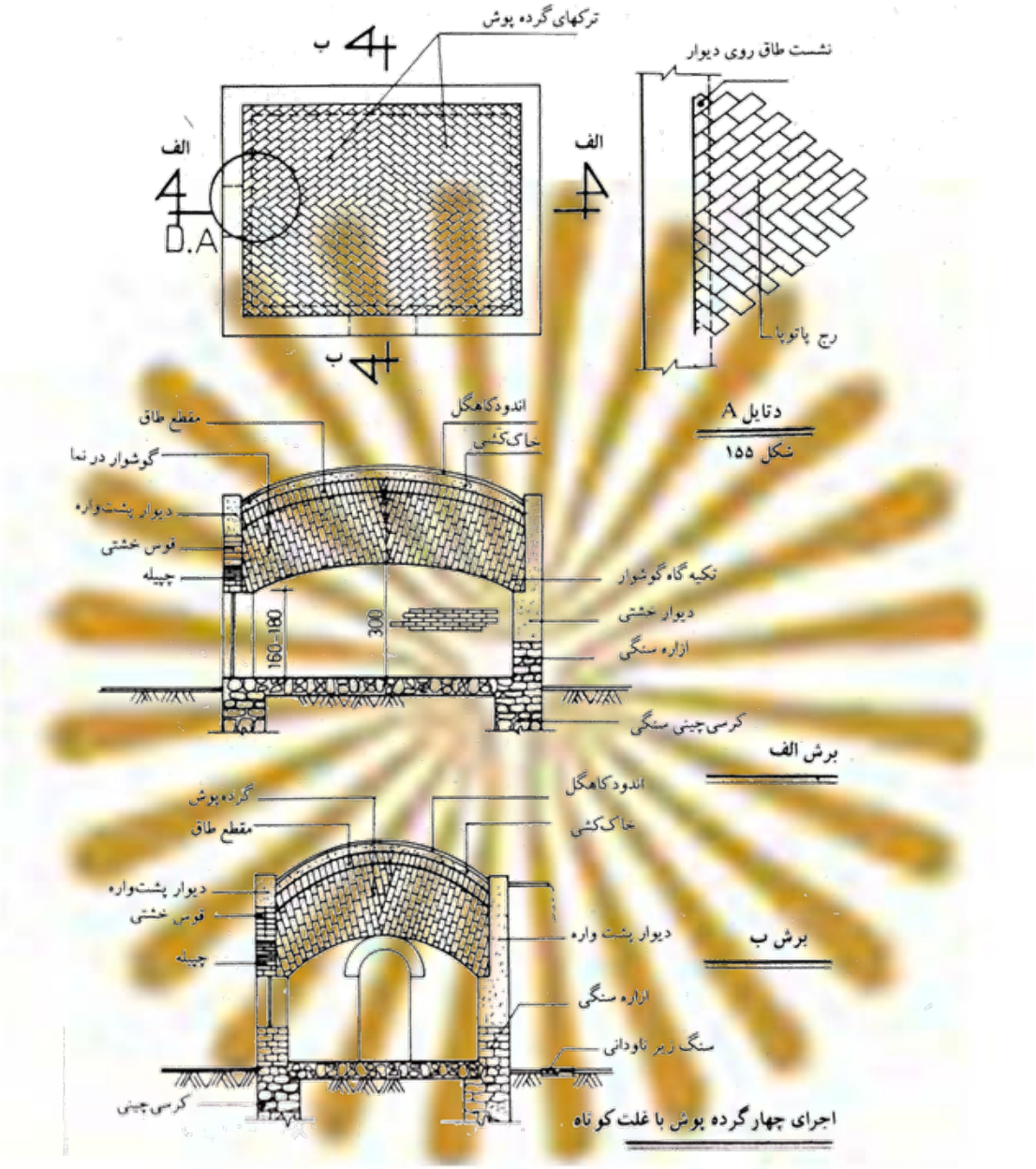
طاق‌پوش چهار ترک

در بناهای خشتی با پوشش چهار ترک اجرای پی‌کنی، پی‌سازی، کرسی چینی، ازاره‌چینی، کلون‌گذاری، ستون و دیوارسازی، پاکارسازی قوس، اجرای چپیله، اجرای قوس خشتی، کونال‌سازی، دست‌انداز چینی تا سطح زیرطاق مانند بناهای طاقی گهواره‌ای و گنبدی عرقچین خواهد بود که از ذکر اجرای آنها خودداری می‌شود و فقط به اجرای پوشش چهار ترک می‌پردازیم.

پوشش چهار ترک: در پوشش گهواره‌ای دیوار پشت و اره و اجرای رجهای مورب در شروع کار از اصول اجرای این پوشش می‌باشد. در پوشش گنبدی و عرقچین شروع لچکی‌پوش در تقاطع دو دیوار با رعایت قوس مدور هم از جهت محور افقی و هم از جهت محور عمودی تا $\frac{1}{4}$ دهنه و با تکرار در سه گوشه دیگر فضا و به وجود آمدن زمینه مدور از اصول این پوشش می‌باشد.

پوشش چهارترک جهت فضاها با مقطع و پلان نزدیک به مربع و یا مربع مستطیل مورد استفاده می‌باشد. در اجرای پوشش چهارترک نیز پوشش بدون قالب بوده. در این روش رجهای پوشش

برروی هر دیوار و با ادامه رج‌چینی با رعایت غلت طاق در جهت محور عمودی و با رعایت پاتوپا گذاردن رجها خواهد بود.

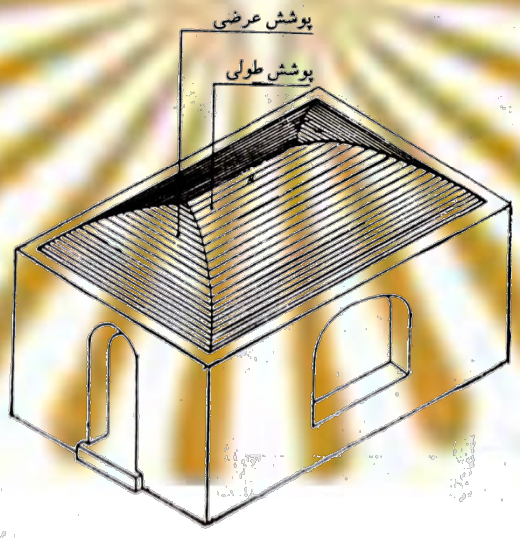


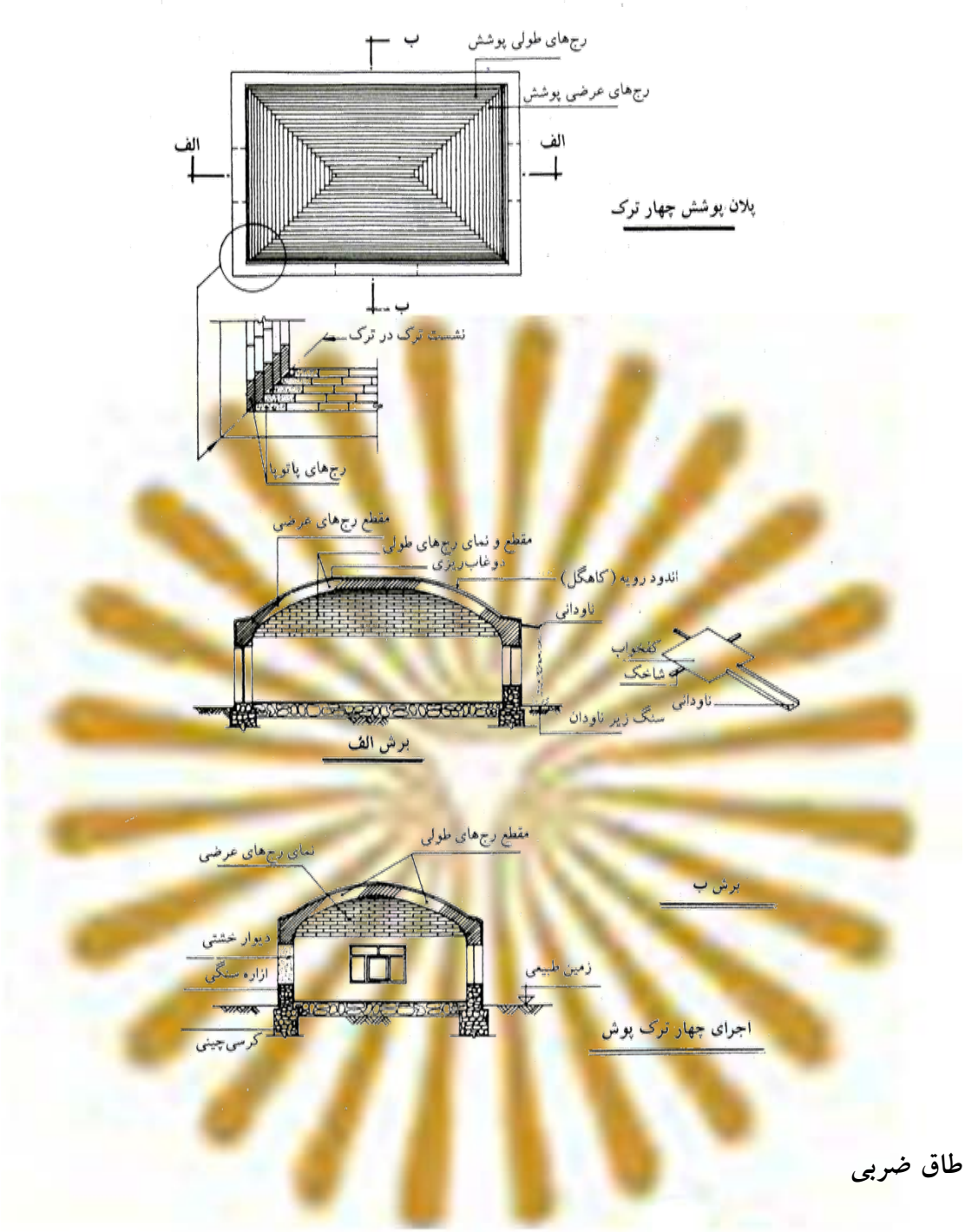
توجه ۱: در این پوشش رج‌چینی نظیر دیوارسازی اما با پرملات‌کردن اصلاحاً ملاتخور پشت‌کار و رج به وجود می‌آید. یعنی جهت پیدایش کمان قوس طاق ناحیه جلوی رج کم ملات و پشت آن پرملات شده که بالاشه آجر و خرده سنگ ملاتخور ناحیه پشت‌رجها را کم می‌سازیم.

توجه ۲: در پوشش چهار ترک در محل تقاطع رجهای طولی و عرضی پوشش رعایت رجهای عبور کننده و قطع کننده سبب پیوند و نشست رجها در یکدیگر شده، از این رو نیاز به شمع‌زنی در زیر رجهای پوشش نیز نمی‌باشد.

توجه ۳: اجرای پوشش با رعایت پیوند $\frac{1}{2}$ اصطلاحاً گاز کردن پشت رجها از چهار طرف تکرار شده تا به ناحیه انتهایی و اصطلاحاً به قفل شدن طاق نزدیک می‌شویم. چنانچه هواکش و نورگیر در ناحیه میانی طاق در نظر باشد محل مذکور به شکل مدور باز گذارده می‌شود.

توجه ٤: چنانچه از تیرک چوبی منفرد و یا متقاطع در محل سوراخ استفاده شود خطر رانش طاق در ناحیه میانی از بین رفته و اصطلاحاً پیش‌گیری از لگدزدن طاق در مقابل حرکات زمین و زمین لرزه برطرف می‌شود. ضمناً از تیرکهای مذکور می‌توان به عنوان آویز چراغ و موارد دیگر استفاده کرد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ۱۳۱-۱۳۳)





طاق ضربی

ارتفاع طاق ضربی نسبت به دهنه طاق بستگی داشته یعنی هر چه عرض فضا زیاد باشد ارتفاع آن بلندتر خواهد بود. معمولاً خیزطاق در طبقه زیرین کمتر و در طبقه فوقانی بیشترمی‌باشد تا خطر رانش قوس و دیوار بوجود نیاید. ارتفاع خیز برای طبقه اول در هر متر ۱۰ و برای طبقه بالائی ۱۵ سانتیمتر انتخاب می‌شود. یعنی برای دو متر ۲۰ و سه متر ۳۰ و چهارمتر ۴۰ سانتیمتر در نظر بوده

در صورتی که جهت طبقه بالا برای دو متر ۳۰ و سه متر ٤٥ و بالاخره با دهنه ٤ متر حدود ٦٠ سانتیمتر خیز قوس انتخاب می‌شود.

نصب رج الگو : پس از خط کردن قوس به ترتیبی که گفته شد ملات ملایم به فاصله یک سانتیمتر بالاتر از خط قوس کشیده می‌شود. آجرهای آبخوار با کف‌کش کردن گچ برسطح آجدار آجر، آجر بر ملات‌گچ چسبانیده شده به طوری که در راستای خط قوس واقع شده و سبب نصب قطعات آجر می‌گردد. با تکرار آن دو شانه به تیزه رسیده، وسیله کاربند کردن رج اصطلاحاً آخرین رج سرتوهم می‌گذارد. به فاصله هر نیم متر بین دو رج الگو ریسمانکشی می‌شود و زمینه پوشش طاق فراهم می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۹٤تا۱۹٥)

طاق رومی

پوشش این طاق به صورت ادامه رج‌چینی دیوارها تا تیزه می‌باشد. در این پوشش دور طاق در مایه قوسهای تیزه بوده که دو قالب چوبی مقاوم و با اتصالات کافی به طوری که قبلاً گفته شد، ساخته شده و قالب مذکور برروی کلاف‌بندی شمعها یکی در سمت جلو و دیگری در سمت عقب و همتراز یکدیگر نصب می‌شود و قالبها وسیله وادار نگهداری می‌گردد. ضمناً ستونهای زیر قالب وسیله وابند و چپ راست با یکدیگر کلاف شده و طاق آماده پوشش می‌شود.

بنائی طاق: ضخامت رجها همراه با ملاتخور برروی قالب خط شده. ضخامت ملات در ناحیه غلت دور کمتر از قسمت شانه محاسبه می‌شود که ملاتخور پشت طاق زیاد نگردد. محاسبه رجها تیز تا نیزه طوری انجام می‌شود که در ناحیه تقاطع دو شانه نیم لائی به کار نرود. پس از خط کردن رجها برروی قالب، کار پوشش بدین شکل شروع می‌شود. کلوک آجری را به ریسمانکار حلقه شده به طوری که وزن کلوک باعث کش آوردن ریسمانکاری شده و یا به وسیله میخ برمحل محاسبه رجها کوبیده شده بر میخ ریسمانکشی می‌گردد. ملات گچ برروی رج زیرین کف‌کش شده و آجر با

رعایت پیوند زیر به طوری که دقیقاً در حرکت قوس و در راستای ریسمانکار واقع شود. یک رج از یک جهت و یک رج از جهت دیگر پوشش می‌شود تا فشار طاق از دو طرف بطور یکسان برقالب وارد گردد. بدیهی است در این پوش به علت غلتی که در ناحیه پشت رجها بوجود می‌آید ملاتخور زیاد بوده که به وسیله لاشه‌گذاری و کاربند کردن ضخامت ملات بین دو رج کم می‌گردد. در مواردی وسیله شمشه ملات، ملات باریک به صورت پخ کشیده می‌شود تا ملات رجها به بیرون راه نیابد.

پوشش طاق رج‌به‌رج و به طور همگن تا تیزه دنبال شده و با رعایت رجهای پخ و سپس کاردی تیزه وسیله گچ مقاوم و عسلی و کاربند کردن به آخر می‌رسد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۰۶ تا ۲۰۸)

چشمه و تویزه در بناهای آجری

در بناهای آجری مسکونی از وجود تویزه و چشمه استفاده می‌شود. نحوه عمل نظیر پوششهای طاق و تویزه خشتی بوده با این تفاوت که در تویزه‌بندی از نوع مصالح خشتی، لنگه قالبها در داخل کار و پوشش باقی می‌ماند. اما در پوشش چشمه و تویزه ابتدا سرپایه‌ها و قوس ساخته می‌شود و سپس چشمه طاق در آن پوشش می‌گردد.

محاسبه پوشش طاق خفته راسته: معمولاً فضای پوشش مربع مستطیل می‌باشد که از محاسبه $\frac{1}{4}$ از این فضا و تکرار آن در $\frac{3}{4}$ دیگر این پوشش با رعایت کلی در وسط به پایان می‌رسد. برای محاسبه نصف طول و نصف عرض مشخص می‌گردد و با مداد برروی رج پس‌نشین معلوم می‌شود. از یک گوشه ضخامت آجر و ملات‌خور آن به شکل کلوک و سپس راسته «خوابیده» و بعد از آن آجر تمامی–سه قدی–دو قدی– کلوک و مجدداً راسته و بالاخره ضخامت آجرهای بعدی در خط وسط

واقع می‌شود. یعنی محور در وسط ضخامت آجر قرار می‌گیرد. بدین شکل در بُعد دوم محاسبه تا ضخامت آجر در محور بعدی تکرار می‌شود.(شکل ۲٤۰)

بنائی طاق خفته راسته: معمولاً در وسط دهنه یک ریسمانکار کشیده می‌شود. شروع کار از چهارگوشه با رعایت محاسبه به صورت آجرهای خفته و یا آجرهای راسته با رعایت دور طاق عمود بودن آجرها با یکدیگر به شکل مثلثی پوشش می‌گردد.

ادامه کار با پر کردن راس مثلث و حرکت پاتوپا آجرهای خفته راسته تا وسط دهنه خواهد بود.

تیزه‌بندی با رعایت به وجود آمدن گل سه و یا پنج رجی به پایان می‌رسد. ضمناً از وجود شمشه‌کش کردن آجرها در محوری که فاقد دور می‌باشد استفاده می‌گردد. پس از پایان پوشش دوغاب عسلی برپشت طاق ریخته می‌شود.

پوشش قوسهای سرپایه: به علت دهنه زیاد قالبها این قوسها از چوب ساخته می‌شود تا تحمل وزن قوس را داشته باشد.

پس از محاسبه رجها برروی قالب، پوشش از دو شانه بدین شکل بنائی می‌گردد. آجر دونبش ستون برروی دو بدنه قالب نصب شده و با شمشه کوچک همباد می‌شود.

نصب رجها از دو طرف تا تیزه بنائی شده و پوشش سرپایه به پایان می‌رسد. بدیهی است سرپایه مشابه به فاصله ۱/۵ تا ٤ متر در راستای سرپایه اولیه ساخته می‌شود. مسلماً هر چه فاصله دو سرپایه از یکدیگر دور باشد پوشش طاق به شکل گنبدی و بلند درمی‌آید که این حالت آنرا باربر می‌سازد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۰۸تا۲۱۰)

پوشش چشمه

پوشش طاق به ضخامت یک آجر با رعایت غلت از وسط دهنه به طر ف دو ستون به شکل پخ و یا پس‌نشین ساخته می‌شود. چنانچه فاصله دهنه کم باشد پوشش با دور کم و به صورت رجهای افقی می‌باشد.

در مواردی که دهنه طاقها زیاد باشد و نتوانیم از قسمتهای میانی جهت روشنائی فضا استفاده کنیم، در طاق سوراخی جهت نورگیر خالی گذارده می‌شود.

پس از پایان پوشش دوغاب‌ریزی بر سطح پشت طاق و سرپایه‌ها انجام شده و کونال‌سازی می‌شود. چنانچه دهنه طاق طویل باشد از «کنو»سازی و اگر کم باشد گُرده‌های طاق وسیله مصالح سبک و پر حجم پرشه سپس مرحله عایق رطوبتی و اندود کاهگل انجام می‌شود.

قسمتهای داخلی وسیله بندکشی مسطح و یا تزئینی به شکل فیتیله برجسته می شود. در مواردی نیز بر سطوح آجرکاری اندود گچ شده و مورد استفاده واقع می‌گردد.

آجرهائی که از خاک خوب و ترکب متناسب تهیه شده و در حرارت لازم پخته شده دارای مقاومت مرغوب می‌باشد. چنانچه این آجر در موقع کار با رعایت آبخوار شدن با ملات غوطه‌ای ممزوج بکار رود پس از خودگیری در مواردی جداسازی این دو عضو از یکدیگر با زحمت و یا به وسیله خرد شدن اسکلت یکپارچه استخوانبندی آجرکاری انجام می‌گردد.

مسلماً این چنین مقاومتی در آجرکاری اجزاء بنا را در مقابل حرکات زمین و زمین‌لره پایداری می‌کند.

کلاف‌بندی در پوشش نعل درگاه: در و پنجره فضائی می‌باشد که بین دو دیوار و یا دو ستون جدا از هم پیش‌بینی می‌شود. این دو عضو جدا شده از یکدیگر به وسیله قوس پوشش شده و سبب دست‌اندازسازی اسکلت آجری می‌شود. در این حالت دو ستون و طاق از یکدیگر جدا می‌باشد که اگر در ستونهای زیر قوس چوب مشته بکار رود و چوب مشته‌ها وسیله کش و چپی به یکدیگر

متصل گردد اتصال و مهاری بین اجزاء زیرین طاق بوجود می‌آید. این روش دیواره‌های آجری را با رعایت مکانهائی باز بمانند در بند، در و پنجره و غیره در مقابل زلزله مقاوم می‌سازد.

نعل درگاه‌سازی: چنانچه خواسته شود قوس در محل در و پنجره و یا در بند دیده نشود و سطحی صاف بوجود آید از وجود کش‌گذاری مجدد در محل پاکار قوس برروی ستونهای آجری استفاده می‌گردد. زیر دوکش در طرفین توفال کوبیده می‌شود و روی‌کشها تا زیر طاق تیغه شده و با اندود سطح صافی بدست می‌آید.

اگر این چوبها به چوب مشته متصل و میخ گردد، اتصالات کلاف‌بندی چوبی را دو چندان ساخته و مقاومت اجزاء ستون و قوس را مقابل زلزله اضافه می‌کند(شکل ۲۵۵) (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۱۰تا۲۱۳)

کلاف کشی در طاق ضربی و فضاهای تیرپوش

در تقاطع دیوارها و در قسمتهای میانی چوبی مشته‌گذاری می‌شود. کشها در طول و عرض فضا برروی چوب مشته وصل می‌گردد. از این‌رو کلافی کامل بین دیوار و پوشش فضا به وجود می‌آید که تا حد زیادی اسکلت را در برابر زلزله مقاوم می‌سازد. این اتصالات می‌تواند در زیر طاق و یا بالای آن انجام شده. از این روش می‌توان در مهار کردن سقفهای چوبی در بناهای آجری نیز استفاده کرد.

کلاف‌نبدی طاقهای پاتوپا: از روش‌کش کشیدن ستونهای باربر در طاقهای پاتوپا در ناحیه طاقها و از کف وسیله شناژهای آجری ستونهای باربر کاملاً مهار شده و در مقابل زلزله مقاومت می‌کند. اضافه می‌گردد که در تله‌بست بناهای آجری که به وسیله چوب انجام می‌شود اجرای اتصالات تا حدی ضد زلزله می‌باشد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۱۳ تا ۲۱۶)

فصل پنجم

۵-۱.ملات ساروج

این ملات تشکیل شده از گرد آهک خالص «گُل آهک» به اندازه ٤٠ درصد، خاکستر به اندازه ۲۰ درصد، ماسه بادی «پولک» به اندازه ٤٠ درصد و مقداری گل نی (لویی، گل جگن) به اندازه کافی که مواد را به یکدیگر پیوند دهد. به مانند کاه در کاهگل و یا میلگرد در بتون عمل خواهد داشت.

نحوه ساخت ملات. ابتدا سطح زیر محل مخلوط کاملاً جاروب می شود. سپس آهک و خاکستر و ماسه بادی در اندازه های لازم الک شده و کاملاً زیرو رو و مخلوط می شود. پس از مخلوط مواد، «گُل نی» بدان اضافه شده و برای بار دوم زیرو رو کردن آن ادامه می یابد. پس از این مرحله، مخلوط به صورت آخوره در آمده به آن آب اضافه می شود. و مخلوط به مدت ٤٨ ساعت در حال خود رها می گردد و پس از این زمان ملات با چندین چوب دستی بلند حدود یک متر و بیست سانتیمتر به وسیله چندین کارگر کاملاً کوبیده و ورز داده شده آماده مصرف و اندودکاری می گردد.

در قدیم برای اینکه این ملات خوب ورز داده شود صاحبکار در ملات چند دیناری پرتاب کرده و کارگران برای یافتن پول ملات را پنجه می کردند که نتیجه آن ورز یافتن کامل ملات بوده است.

توجه: کوبیدن ملات ساروج توسط چوب دستی سبب ورز کامل ملات می گردیده است. بدیهی است برای پیشگیری از نفوذ آهک دست و پا با روغن چراغ آغشته شده و سپس عمل ورز دادن ملات دنبال می شود. در بعضی از شهرهای ایران علاوه بر چهار عامل اصلی یعنی آهک، خاکستر، ماسه بادی و گل نی تغییراتی در اندازه ترکیبات و استفاده از مصالح دیگر در تهیه ساروج می داده اند. در این روش علاوه بر ماسه نرم و خاکستر مقدار آهک بیش از ۵۰ درصد بوده و از خاک رس چرب نیز به اندازه ۵ درصد و موی گوساله به اندازه ای نیز استفاده می شده است. مسلماً خاک

رس باعث لُز و چسب بیشتر در ملات می شود. وجود موی بز و یا گوساله باعث پیوند و اتصال مواد متشکله بوده و حالت آرماتور را در بدن ایفا می کند.

قابل ذکر می باشد وجود خاک رس بیشتر از اندازه ذکر شده سبب فاسد شدم ملات ساروج می گردد.

مهره زدن ساروج. بندهای عمودی و افقی با تیشه کش کردن گود می شود. سپس شطح زیر کار جاروب و کاملاً آبخوار می شود. ملات بر سطح پا روی دستی گذارده می شود. به وسیله پشت ماله از روی پارو برداشته شده، با ضرب بر سطح دیوار کشیده می شود و عمل اندودکاری پی در پی دنبال می گردد. معمولاً با برگشت به عقب بر سطح اندود دوباره ماله تخت کشیده می شود. بدیهی است پس از این که استادکار قدری به جلو رفت و سطحی اندود شد، عمل ماله زدن به وسیله فرد دیگری بر سطح اندود شده بدون وقفه دنبال می شود. معمولاً در روز دوم سطح اندود به وسیله جاروب نرمه و یا گونی گُل نم آب پاشیده می شود و با دست دیگر عمل ماله زدن دنبال می گردد. معمولاً چون یک نفر برای ماله زدن سطوح کافی است، از روز سوم به بعد به وسیله افراد دیگر با سنگهای تخت و مدور که کاملاً صیقلی باشد عمل صیقل زدن با آب پاشیدن دنبال می شود. این عمل را مُهره زدن ساروج می گویند. عمل مهره زدن آنقدر ادامه پیدا می کند که اصطلاحاً سطح اندود ساروج عرق کرده و اشک بریزد. یعنی آب کشیده شده را پس دهد. ضمناً در سطح کوچکترین ترک نشود و سطحی کاملاً صیقلی و فشرده بع دست آید. پس از یک هفته اگر با تیغه چاقو بر سطح اندود فشار وارد کنیم بی اثر باشد.

توجه۱: اندازه و پیمانه مواد ساروج در شهرهای ایران با تغییراتی مختلف مواجه بوده است.

توجه ۲: قابل ذکر می باشد، «با تجربه هایی که نگارنده» از ترکیب ٤٠٪ آهک، ٤٠٪ ماسه بادی پولک دار، یعنی (دانه های ماسه بادی پهن باشد) و ٢٠٪ خاکستر، مواد کاملاً غربال شده، با لویی

نی به اندازه کافی که سبب پیوند با مواد می شود با مصالح ذکر شده کاملاً مخلوط شده. سپس آبگرفته می شود. پس از زمان لازم مخلوط ورز کامل داده می شود. ملات ساروج به دست آمده توسط ماله بر سطح آجر :اری مرطوب کشیده شده و هموار می گردد. پس از مکش نسبی آب ملات توسط آجر کاری. قبل از اینکه اندود شروع به ترکیدن کند، توسط تخته ماله اندودی که تخته ماله شده. نخست پی در پی با تخته مال کوبیده می شود تا حجم اندود کاملاً متراکم گردد. سپس توسط ماله فلزی که چرب شده است، عمل ماله زدن ۲ تا ۳ روز پی در پی انجام می گردد.

این عمل را می توان توسط چند نفر با گل نک کردن سطح اندود و مُهره زدن با سنگ تخت مدور اجرا کرد تا اندود اصطلاحاً عرق کرده و اشک ریزان شود. پس از اینکه با فشاری متناسب تیغه چاقو در سطح اندود نشست نداشته باشد، مخزن، آب انبار، منبع، حوض، حوضچه و... کاملاً آب بندی شده و بلافاصله آب بسته می شود.

بدیهی است در تمام مدت از آغاز ساروج کاری تا پایان مُهره زدن بر سطوح حوض و یا انبار اگر زیر تابش خورشید باشد کاملاً پوشیده می شود تا آب ملات تبخیر نگردد.

پس از پایان مهره زدن حوض و آب انبار بلافاصله درون آن آب بسته شده، در روزهای اول مکش آب به قدر بسیار ناچیز وجود داشته ولی پس از مدتی خصوصاً زمانی که منبع و یا حوض سبزینه ببندد دیگر مکش آب وجود نخواهد داشت. به طور کلی ملات ساروج از دوران باستان در ایران مرسوم بوده است. از این ملات تا قبل از پیدایش سیمان جهت آبروها، منبع ها، حوضها و حوضچه ها، آب انبارهای کوچک و بزرگ خصوصی و اندودکاری سطوح حمامهای عمومی مخزن آب شهر و بسیاری دیگر مورد استفاده کامل بوده است.

توجه : چنانچه روزی به سیمان دسترسی نباشد. از ملات ساروج می توان برای /اب/ بندی کردن مخزن آب استفاده کرد.

ساروج خمیر. این ساروج در ساختمانهای دریایی و بنادر جنوب ایران به مانند بندر خُمیر، بندر گناوه، بندر بوشهر و قدیمی ترین بندرگاه دوران ساسانیان بندر سیراف کاربرد داشته است. ساروج جهت اندود بناهای بندرگاه و سکوهای بارگیری کشتی ها و در منابع آبرسانی مورد استفاده فراوان بوده است.

آهک این ملات تشکیل شده از گلاهک که مخلوطی است از خاک رس و گرد سنگ، آهک که ۷۵ درصد از وزن این دو جسم گرد سنگ آهک می باشد، رنگ آن کبود بوده، ترکیب را حرارت داده تا پخته شود و آهک آبی به دست آید.

نوع مرغوب این آهک از پختن «مارن یا گلاهک» مرغوب حاصل می شود. این آهک دارای گیرایی و مقاومت زیاد می باشد، مخلوط این ساروج از ترکیبات، آهک آبی، خاکستر، ماسه نرم، «بادی» و گل نی و در مواردی خاک رس بسیار ناچیز و پشم شتر نیز می باشد که تمامی مراحل اجزا مانند تهیه و اجرای ساروج معمولی می باشد. کاربرد این ساروج در بناهای بندر خُمیر در جنوب فراوان بوده و از این رو به همین نام، ساروج خسمیر مشهور شده است. خودگیری و مقاومت ساروج خُمیر بیشتر از ساروج معمولی می باشد.

توجه: سخت شدن ملات ساروج در کیفیت سیمان فقط به علت وجود و کاربرد (خاکستر) است. در سیمان فعل و انفعالات شیمیایی به علت کربنات کلسیم با سیلیکات و پاره ای از مواد دیگر بوده که سبب سخت شدن ملات سیمان می شود.

سیلیس پوک شده در خاکستر فراوان است که ترکیب آن با آب آهک در ملات سبب به وجود آمدن سیلیکات کلسیم از خاکستر با مواد متشکله ساروج سبب سختی این ملات می گردد. (یعنی در خاکستر به مقدار فراوان سیلیکات کلسیم وجود دارد). این ترکیبات ساروج را به خواص سیمان و بتون می رساند. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ۱۳۷-۱٤۱)

هنر ساروج بُری

ساروج بُری هنری است به مانند گچبری. از گچبری برای نقش دهی برجسته در فضاهای خشک استفاده می شود. اما از ساروج بری فضاهای مرطوب گرم به مانند حمام در ناحیه داخلی ئ بخصوص خارجی یعنی هم در ناحیه گرمخانه و هم در قسمت سربینه در طرحهای گل و گیاه، گل و مرغ، گل و حیوان و نقوش و تصاویر گوناگون بخصوص تصاویر روحانی و یا از مبنای نقوش و داستانهای باستانی «پهلوانی» و غیره با فلسفه معنوی و هنری نسبت به ذوق و سلیقه استادکار ساروج بُر به وجود آمده است. معمولاً پوششهای طاقی در مکانهایی چون حمام از به کارگیری آجر آبخوار و ملات گل آهک اجرا شده، سپس بر سطح طاق پوشها که طاقهای ضربی- گهواره ای، گلو در هم و در «سربینه» از انواع کاربندیها استفاده می شده است، جهت تقارن دادن به نقوش ساروج بُری در طاقها و بخصوص بیشتر در عناصر همگین کاربندیها از نقوش مشابه و برابر انتخاب می شده است. شایان ذکر است در قسمت سربینه و رختکن، زیباترین نقوش در هنر ساروج بری یه وجود آمده که تنوع بسیار جالب از هنرهای سنتی معماری در گرمابه های قدیم می باشد.

برای دلچسب کردن نقوش ساروج بری از رنگهای الوان استفاده می شود که با استفاده از رنگها در زمینه لایه اول و یا نقوش ساروج برای لایه دوم و برجسته، طرح را از هر جهت دلپذیر می سازد.

توجه ۱: برای استفاده از الوان سازی نقوش ساروج بُری باید حتماً از رنگهای طبیعی و معدنی استفاده شود. مثلاً رنگ مشکی از (دوده) و برای رنگ آبی از گرد «لاجورد» و برای رنگهای زرد، قرمز و قهوه ای از «اُخرا» به نسبتهای لازم و ترکیب با رنگهای دیگر به دست می اید. برای رنگهای الوان دیگر از ترکیب «سرنج، سفید آب و شنجرف» استفاده می شود و نقوش طرح به رنگهای الوان بسیار جالب مورد نظر، با چشم نوازی خاص به وجود می آید.

توجه۲: هرگز از به کارگیری رنگهای نباتی به مانند زعفران، گل کاجیره، روناس، نیل، حنا، پوست کردو و غیره نباید استفاده کرد. زیرا رنگهای ذکر شده با آهک که دارای فعل و انفعالات شیمیایی در ملات ساروج می باشد، ترکیب شده است. در نتیجه پس از زمانی کوتاه رنگها تجزیه شده، بی رنگ و کدر می شوند و تغییر ماهین می دهند.

تهیه طرح و نقشه: جهت اجرای ساروج بُری نقش مورد نظر قبلاً بر روی کاغذ تهیه می شود. نقش طرح توسط سوزن به فاصله ۵ میلیمتر از یکدیگر سوزن، سوزن شده تا مسیر طرح روی کاغذ سوزن زده شده، کاملاً مشخص گردد. این اجرا را اصطلاحاً «گرده» می گویند. برای اثر دادن نقش بر زمینه کار از کیسه زغال گرده باید استفاده شود. به طوری که قبلاً گفته شد، کیسه گرده عبارت است از پارچه نازک سفید مانند خاسه و یا کرباس به اندازه ۱۰×۱۰ سانتیمتر می باشد. گرد زغال نرم در وسط پارچه قرار داده شده، از چهار طرف پارچه را جمع کرده و کمر آن را با نخ بسته و کاملاً محکم می کنند. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ۱٤۱-۱٤۳)

نحوه ساروج بُری:

۱- به طور مشخص سطح اجر :اری اندود از ساروج بی رنگ می شود که همان رنگ شیری ساروج است، محل نقش یا ساروج خودرنگ یعنی همان ساروج شیری می باشد و یا زیمنه و یا محلی که باید ساروج بری شود از ساروج رنگین نسبت به رنگ دلخواه وجود می آید.

توجه: نظر به ابینکه سطح اندود ساروج کاری با مُهره زدن فشرده و صیقلی می شود. محل نقش بایستی با نوک چاقو و یا قلم تیز ساروج بری زخم، زخم شود. این عمل سبب پیوند لایه دوم یعنی نقش با زیر کار و زمینه لایه اول می شود.

۲- از ساروج الوان و یا خود نگ لایه دوم جهت نقش مورد نظر در ضخامت مشخص حدود یک سانتیمتر بر سطح ساروج لایه اول کشیده می شود و با ماله زنی و مهره زنی تا نزدیک سخت شدن لایه دوم دنبال می گردد.

۳- نقش گرده را روی لایه دوم مستقر کرده و توسط کیسه گرده بر سطح کاغذ سوراخ، سوراخ کوبیده می شود. توسط قلم و یا زغال نقاط مشکی که از گرده دوده در سطح لایه دوم به وجود آمده است، به یکدیگر وصل شده و بدین شکل، طرح نقش پدیدار می گردد.

٤- توسط ابزار و قلم ساروج بُری تیز زمینه نقش بریده و با احتیاط ملات آن خارج می شود، به طوری که کناره، گوشه ها، انحنای طرح کاملاً دقیق و زمینه نقش یعنی لایه اول نیز زخمی نگردد.

توجه : برای پیشگیری از ترک برداشتن ساروج جهت پیوند دهندگی دانه های ممزوج ملات از تارهای «لوئی نی، گُل جگن» و یا موی بز و یا پشم گوساله استفاده می شود. در ساروج بُری لایه دوم «نقش»، برای اینکه موی بلند بُز و پشم گوساله در همان حالت موی بز بوده و هر دوی آنها در بُرش ساروج مشکل بریدن را ایجاد می کنند. از این جهت تارهای «لوئی نی» برای پیوند دهندگی ترکیبات ملات ساروج در لایه دوم استفاده می شده است. زیرا تارهای لویی نی ظریف بوده و در ساروج بری مشکل برش و خارج سازی زمینه را از نقش به وجود نمی آورد.

۵- با پرداخت کردن حرکات نقش از لایه دوم و زمینه گرده یعنی لایه اول، نقوش دلنشین در ساروج بُری به وجود می آید. از آثار ساروج بُریهای جالب می توان به نقوش ارزشمند ساروج بُری حمام ابراهیم خام کرمان، حمام کُردشت در آذربایجان شرقی در مقیاس بسیار وسیع و زیبا و حمام وکیل شیراز و بسیاری دیگر اشاره کرد.

ملات ماسه و سیمان. با پیدایش سیمان تحولی در ساختمان سازی دنیا پدید آمده است. از این مصالح جهت ساختن مخازن بزرگ آب زیرزمینی یا مخازن هم سطح زمین و منبعهای هوایی

استفاده شده، همچنین در سد سازی با مصالح مختلف در فرمهای شگرف مورد استفاده فراوان انسان می باشد. از ملات سیمان برای اجرای کارهای مختلف در ساختمانهای گوناگون نهایت بهره گرفته می شود. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ١٤٤)

ملات با تارد

مواد ترکیبی این ملات ماسه ریزدانه و ماسه معمولی می باشد که با آهک و سیمان مخلوط شده پس از ورز دادن کامل و مخلوط شدن سه عنصر مذکور به صورت آخوره درآمده و با اضافه کردن آب ملات با تارد به دست می آید.

مقدار آهک این ملات حدود ۱۰۰ کیلوگرم و سیمان تا حدود ۲۰۰ کیلوگرم در متر مکعب می رسد. چنانچه آهک به صورت خمیره و یا شیره آهک با ماسه مخلوط شده و سپس سیمان بدان اضافه گردد، به مراتب بهتر از مخلوط در روش خشک می باشد. زیرا این روش دانه های آهک زمان بیشتری را جهت بازشدن در آب نسبت به سیمان لازم دارد و مسلماً تا شیره شدن آهک، سیمان خودگیری خود را شروع می کند.

مشخص است که خودگیری سیمان نسبت به آهک بسیار سریعتر بوده و وجود این اختلاف خودگیری، اختلالاتی موقتی در مقاوم شدن ملات با تارد ایجاد کند. از این جهت است که در اصطلاح بنایی بدان ملات «حرامزاده» می گویند.

نظر به اینکه چسبندگی دانه ها در ملات حرامزاده با دو مواد آهک و سیمان انجام می شود از این جهت نیز به ملات حرامزاده مشهور شده است.

کاربرد این ملات در مجاری آب، فاضلابها، منابع و مخازن آب و همچنین در سفت کاری و کف پوشها و بسیاری موارد دیگر است.

قابل ذکر است معمولاً در مواردی که در محل آهک فراوان و سیمان کم باشد از ملات باتارد استفاده می شود. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ۱٤٥)

۵-۲. پل ها

پل ها این امکان را برای ما فراهم می سازد که بتوانیم از روی رودخانه عبور کنیم. آنها بر روی تنگه ها و دره ها نیز زده می شوند. شکل و اندازه ی پل ها متفاوت است و برای ساختن آنها، از مصالح مختلفی استفاده می شود.

احتمالاً نخستین پل، درختی بود که بر روی جویباری افتاده است. بعدها، برای عبوراز نهر از الوارهای جوب استفاده شد. با گذاشتن الوارهای جوبی بر روی دو پایه سنگی، امکان گذشتن از روی نهرها و رودخانه ها فراهم شد. ولی چوب خیلی زود می پوسد و سنگ، استحکام و دوام بیشتری نسبت به آن دارد. بعضی از پل ها، تنها با گذاشتن تخته سنگی بر روی پایه های سنگی ساخته می شدند که به آنها « پل های تخته سنگی» می گویند.

بیشتر پل های جدید، سبیه به این پل های قدیمی تخته سنگی هستند. با تیرها و شاه تیرهای بتن آرمه ای، بر روی جاده ها، رودخانه ها و خطوط راه آهن پل میزنند. این پل ها نسبتاً ارزان تمام می شود و شیوه ی مناسبی برای پل زدن بر روی فاصله های کوتاه است. به این پل ها «پل های تیری» می گویند. بصضی از آنها به وسیله ی پایه ها یا خرپاهای فلزی تقویت می شوند. این اجزاء دیواره و جان پناه دو طرف پل را تشکیل می دهند. (جنینگز، ۱۳۸۱، ص ١٤)

پل های قوسی:

پل های قوسی، نوع دیگری از پل ها هستند که اولین بار توسط رومی ها ساخته شدند. رومی ها، قوس ها را با سنگ یا آجر می ساختند. در ابتدا، برای پل زدن بر روی رودخانه های عریض به

قوس های زیادی نیاز بود. ولی زمانی که استادکاران مهارت یافتند، قوس ها را با دهانه های وسیع تری ساختند.

پل های قوسی آجری، مقاومت خود را از آجرهایی به دست می آورند که هر کدام از آنها، تکیه گاهی برای آجرهای دیگر محسوب می شوند. آجرها یا سنگ ها، گوه ای شکل هستند.

سنگ تاج که در مرکز قوس قرار دارد، اغلب بزرگ تر از دیگر سنگ هاست. دو قسمت پل که در دو طرف سنگ تاج قرار دارند، به آن فشار می آورند. دو انتهای قوس باید بر روی تکیه گاه های محکمی قرار گیرد تا هنگامی که بار سنگینی از روی آن می گذرد، فرو نریزد.

پل سیدنی هاربور در استرالیا، عریض ترین و سنگین ترین پل قوسی جهان است. در پل های قوسی فولادی جدید، جاده و خطوط راه آهن به جای عبور از روی قوس، به صورت معلق از آن آویزان می شوند. پل سیدنی هاربور نیز، این گونه است. این پل از فولاد ساخته شده و شامل چهار خط راه آهن و یک جاده ی عریض است.(جنینگز، ۱۳۸۱، ص ۱۵)

قدیمی ترین پلی که امروزه ایجاد آن را به اورارتوها [۱] نسبت می دهند بر روی رود ارس که رود مرزی بین ایران و شوروی سابق است بسته شده است.

پس از پل مذکور و گذشت چند قرن در دوران هخامنشی تعدادی پل کشف شده است که تعدادی از این پل ها در محدوده کاخ ها و باغ های پاسارگاد در قرن های پنجم و چهارم قبل از میلاد بنا شده اند.

در دوره ساسانی که به سرعت برای آبادانی ایران کوشش به عمل می آمد پل های متعددی در ایران ساخته شد که بعضی از آنها تاکنون باقی مانده اند، مانند پل و سد بیستون که به منظور آبیاری نیز ایجاد شده بود و دیگری بند قیصر (پل والرین) در شوشتر از شهرهای خوزستان است این پل

۱- اورارتوها اقوامي بودند كه در شمال درياچه اروميه تا درياچه وان تركيه حكومت مي كردند و داراي تمدن درخشاني بودند.

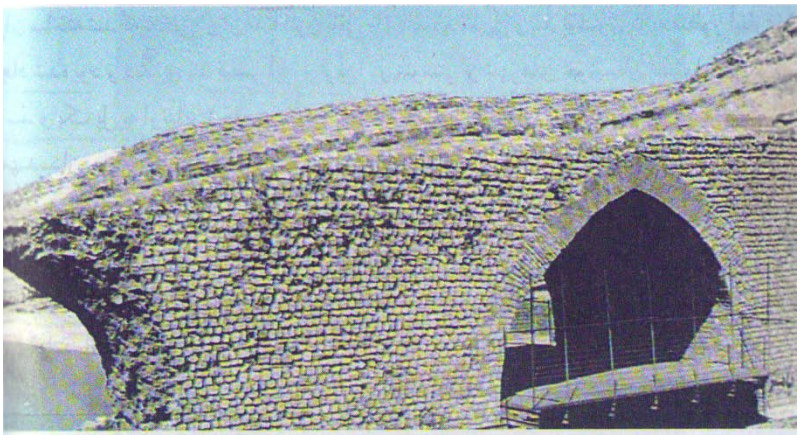
ترکیبی از سد و یک پل به ارتفاع ۲ متر می باشد. با توجه به نام پل احتمال می دهند که این پل به دست اسرا و مهندسان رومی در عصر والرین که در اسارت شاپور اول بودند، ساخته شده باشد.

پل کشکان نیز از جمله پل های بزرگی ست که ساسانیان احتمالاً آن را برای برقراری ارتباط بین همدان و شوش، بر روی رود کشکان در ۵۲ کیلومتری خرم آباد کشیده اند. طول این پل حدود ۳۰۰ متر و جهت آن شرقی- غربی ست. ارتفاع پاطاق ها از سمت شرق بیشتر بوده و با شیب کمی به طرف غرب ادامه یافته است .

پل شکسته خرم آباد یا طاق پیل (به گویش محلی) که به «پل شاپور» نیز معروف است در دو کیلومتری شهر خرم آباد در غرب و مجاور شهر شاپور خواست بر روی رودخانه خرم آباد کشیده شده است. طول این پل حدود ۲۳۰ متر و جهت آن شرقی غربی ست. این پل ۲۸ چشمه طاق[1] داشته که اکنون ۵ چشمه طاق بیشتر باقی نمانده است .

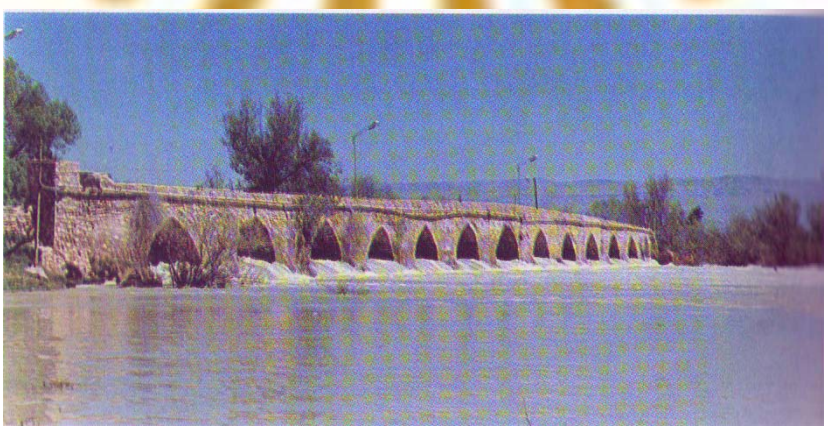
پل دختر را که در شمال غربی اندیمشک و بالاتر از پل کشکان قرار دارد از پل های عهد ساسانی محسوب می کنند .

[1] - هر دهانه از پل را «چشمه طاق» می گویند.



تصویر شماره ۷۵ــ پل دختر در نزدیکی سروستان (ساسانی)

قدیمی ترین پل و سد دوره اسلامی را بند امیر می دانند که در ۱۵ کیلومتری جنوب تخت جمشید واقع است و در دوره آل بویه ساخته شده است. بعضی از محققان ساختمان آن را به دوره غزنوی نسبت می دهند، این پل و سد علاوه بر عملکرد عبور و مرور امکان آبیاری برای زمین های اطراف و چرخش آسیاب های آبی را میسر می سازد

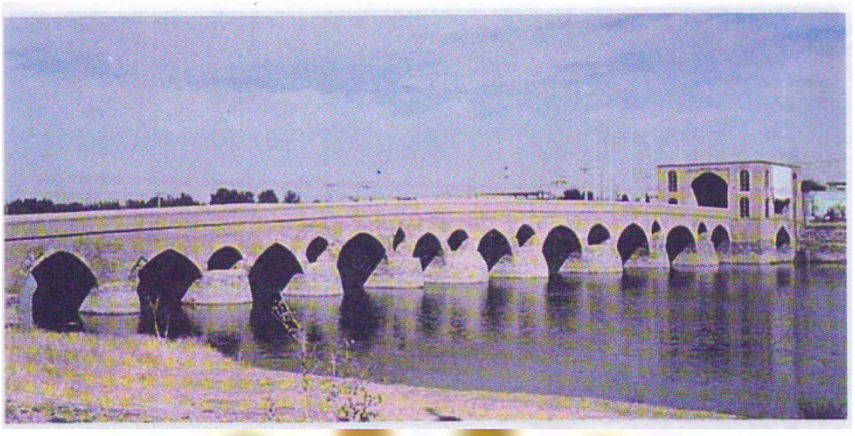


همان طور که قبلاً اشاره شد در دوره سلجوقیان به دلیل امنیت اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و نیز در طول زمان حکومت پادشاهان سلجوقی در قلمرو وسیع آنان که از آسیای صغیر [۱] تا هند ادامه می یافت، تعداد زیادی از انواع بناها احداث شد که با وجود تخریب های وحشیانه مغول هنوز تعداد بسیاری از این بناها در سرتاسر فلات ایران به چشم می خورد. از جمله این آبادانی ها، تعداد زیادی پل و کاروان سرا و به طور کلی، بناهایی ست که عملکرد خدماتی و رفاهی داشته اند، از قدیمی ترین پل های سلجوقی پل شهرستان اصفهان است که بعضی معتقداند که بر وری پایه های یک پل ساسانی بنا شده است، اجزای تشکیل دهنده این پل نشان از بنای سلجوقی دارد. سنگینی این پل را که قدیمی ترین پل اصفهان است و از بروز تحولی در ساختمان پل حکایت دارد با ایجاد طاق های کوچک در فاصله طاق های بزرگ روی پایه ها تقسیم کرده اند. عملکرد این طاق های کوچک که در میان پایه با فضاهای خالی ایجاد کرده اند ان است که در صورت بالا امدن سطح آب رودخانه آب از آن ها هم عبور کند و از شدت فشار وارد شده به پایه ها کاسته شود.

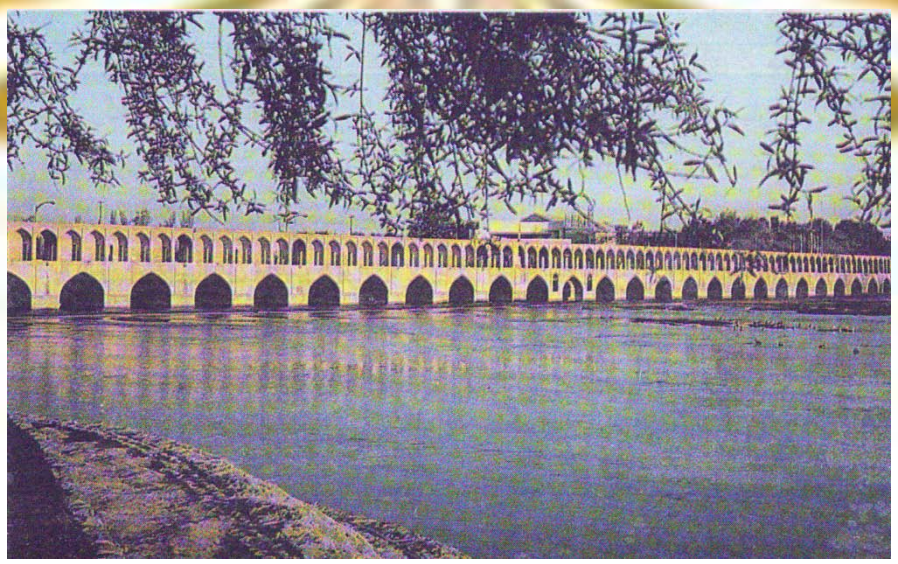
به دلیل طولانی شدن مطلب مربوط به پل ها از ذکر مشخصات و ویژگی های پل های دیگر سلجوقی خودداری می کنیم اما در دوره تیموری در منطقه قافلانکوه و بر روی رودخانه قزل اوزون در نزدیکی شهرستان زنجان، پلی از دوران تیموری بسته شده است که پل قافلانکوه نام دارد و طبق کتیبه آن، مربوط به قرن نهم هجری است. این پل عظیم در جنگ ایران و فرقه کمونیستی دمکرات منهدم و تخریب شد.

---

۱ - آسیای صغیر و آناتولی به کشور ترکیه کنونی اطلاق می شد.

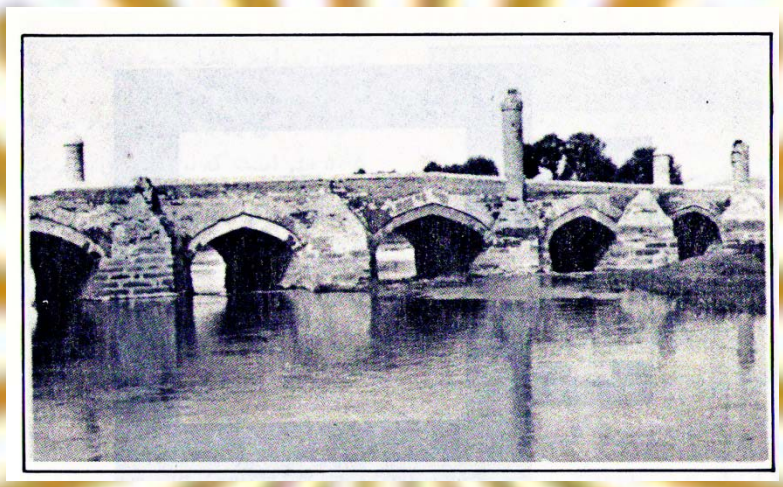


در دوره صفوی به ویژه در عهد شاه عباس اول باز هم به دلیل امنیت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی ابادانی بسیاری در ایران صورت گرفت و مانند دوره سلجوقی تعداد زیادی بناهای رفاهی خدماتی از جمله پل ها و کاروان سراهای متعدد در ایران شاخته شد. از معروف ترین این پل ها، پل جاجرود بر روی رودخانه جاجرود است. پل الله وردیخان نیز که سی وسه پل نامیده می شود در سال ۱۰۱۱ به طول ۲۹۰ متر بر روی رودخانه زاینده رود ساخته شد و پل خواجو که در سال ۱۰۷۷ هجری ساخته شده است، هر دو پل شالوده سنگی دارند.



در ۵۰ کیلومتری غرب بندر عباس و در مسیر یک جاده کاروان رو طویل ترین پل ایران در آن زمان یعنی پل رودخانه کول در دوره صفویه کشیده شده است. طول این پل در زمان آبادانی ۸۰۰ متر بوده و تمامی آن از سنگ های نامنظم و هندسی ساخته شده است. در صورتی که در بقیه پل

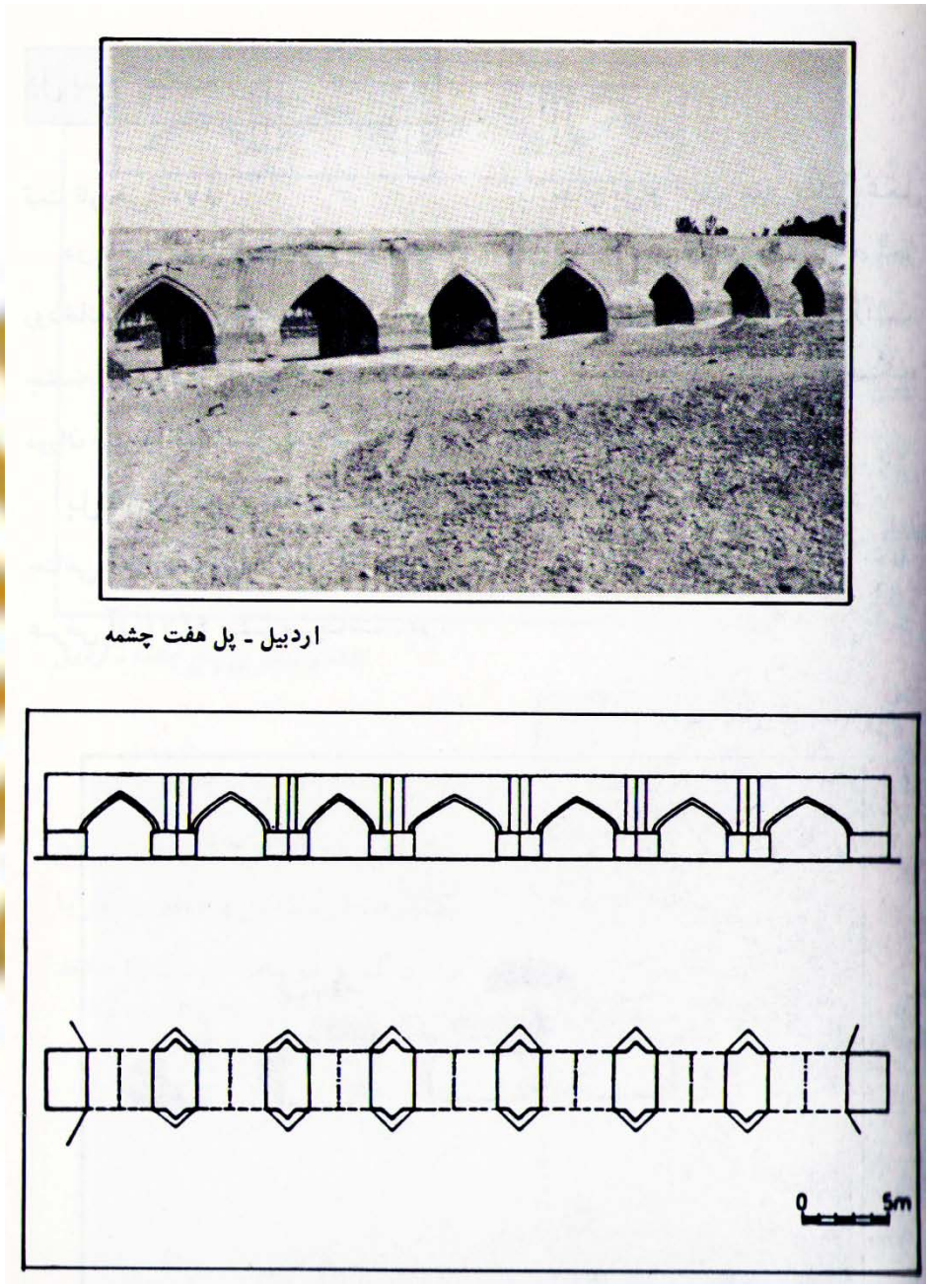
های صفوی غالباً از مصالح آجر استفاده کرده اند. در دوره قاجاریه نیز تعدادی پل به سبک پل های صفوی بنا گردیده است. که از جمله می توان پل بلده را که بر روی رودخانه نور در شرق بلده کشیده شده نام برد و پل هایی که بر روی خندق های اطراف شهر زده شده است. در زمان رضاخان به دلیل نیاز ارتباطات بین جاده ای تعداد زیادی پل احداث شده است که مهم ترین آن ها پل ورسک در شمال ایران است. (میردانش، ۱۳۸۱، ص ۸٤-۸۹)



پل هفت چشمه

این پل که بنام داش کسن معروف شده در «قریه ججین» در یک کیلومتری غرب اردبیل بر روی رودخانه بالخلو قرار دارد اخیراً قریه مزبور جزو شهر گشته ولی پل به همان نام قدیمی ججین نیز موسوم است. قدمت پل هفت چشمه به دوره های قبل از صفویه می رسد که در دوران صفویه نیز مرمت اساسی در آن صورت گرفته است اما روایات محلی احداث پل را منسوب به تجار ساکن اردبیل در عصر شاه عباس اول می دانند.

پل دارای هفت چشمه و هشت پایه، به درازای ٤٦/٥ متر و به عرض ٣/٢٥ متر است. مصالحی که در بنا بکار رفته سنگ در پایه ها و آجر در طاقها و سایر قسمتها می باشد. (مخلصی، ١٣٧١، ص ٤٦)

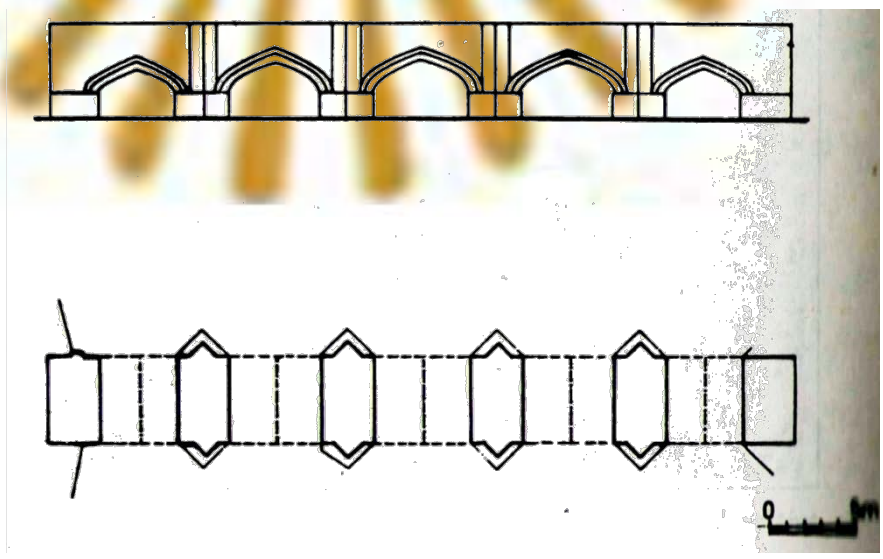


اردبیل - پل هفت چشمه

پل پنج چشمه

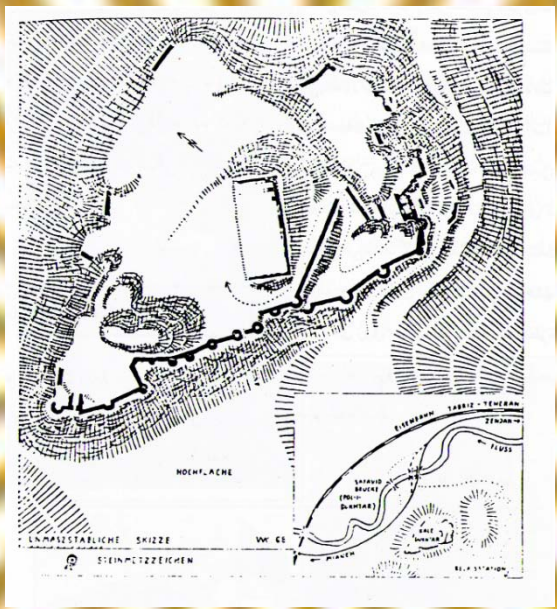
در داخل شهر اردبیل و بر روی رودخانه بالخلو در محل یعقوبیه پل پنج چشمه زیبائی قرار گرفته که احتمالاً در دوران صفویه احداث گردیده است.

پل دارای پنج دهانه با طاق های جناغی آجریست طول آن ۳۸/۵ متر و عرض آن ٤/٦٠ متر می باشد. در پایه های پل و آب برهای مثلثی شکل آن، سنگ و در طاقها و بدنه آن، آجر با ملات گچ و آهک استفاده شده است. کف پل با شفته گل، آهک و قلوه سنگ، بستر سازی شده است. (مخلصی، ۱۳۷۱، ص ٤٨)



پل سه چشمه

پل سه چشمه، یا پیر مادر که به پل پیر علمدار نیز شهرت دارد، بر روی رودخانه بالخلو قرار گرفته است. این پل از آثار اوائل دوره صفویه محسوب می شود که بنا به روایات محلی توسط یکی از تجار معروف اردبیل بنام میر علمدار احداث گردیده است. طول پل ۲۹ متر و عرض آن ۵ متر شامل سه چشمه بزرگ با طاق جناغی است مصالح به کار رفته در بدنه پل و طاقها، آجر با ملات گچ و در پایه، سنگ با ملاط آهک می باشد. (مخلصی، ۱۳۷۱، ص ٤٩)

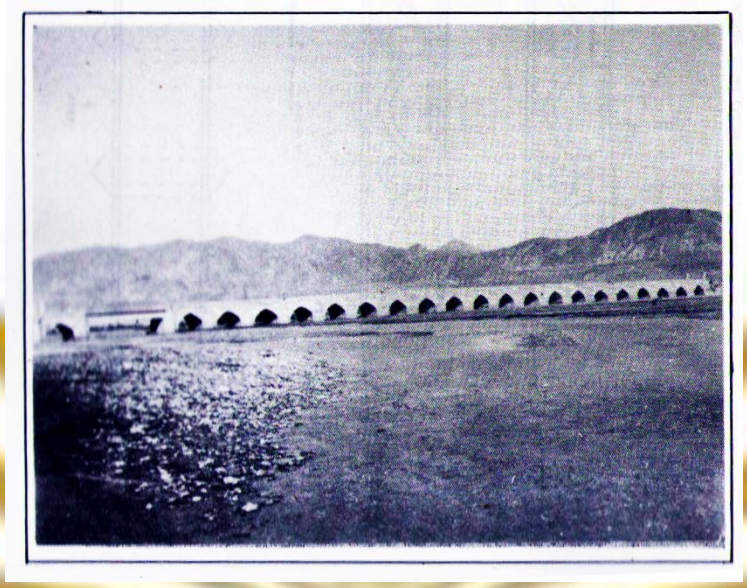


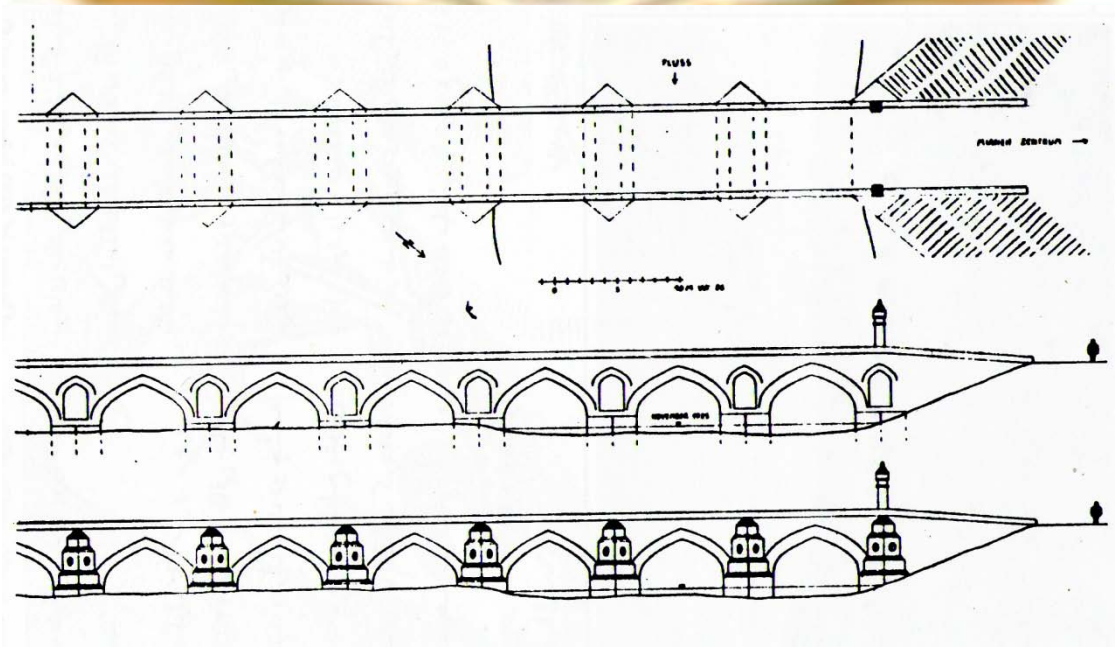
پل شهر چای- میانه

پل شهر چای میانه در ۱۲ کیلومتری جنوب شهر میانه در نزدیکی قریه تازه کنده بر روی رودخانه شهر چای که یکی از شعبات قزل اوزن است قرار گرفته است. قدمت پل بر طبق متون و ماخذ سفرنامه ها به دوره صفویه می رسد که در سالیان متوالی مکرراً مورد تعمیر قرار گرفته است.

این پل به طول ۲٦۰ متر و عرض ۷/۹ متر دارای ۲۳ چشمه با طاقی جناغی بود مه به علت ویران شدن دو چشمه بر اثر سیل یک طاق مسطح بتونی ناموزون بجای آن احداث کرده اند. عرض چشمه ها هر کدام ٦/۷۰ و ارتفاع پل در حدود ۵/۲۵ متر می باشد. بر روی پایه ها که دارای آب

برهای مثلثی شکل میباشند کنودهای پنهانی احداث شده که دهانه آن بوسیله پشتبند سه طبقه منشوری شکل مسدود گشته است و روزنه های بیضی شکل که بر روی ان ساخته شده کار تهویه هوای داخل کنود را بر عهده دارند.





در طرفین ورودی های گذر گاه پل در گذشته میلهائی با ارتفاع ۱/۵ متر و سر ستونهای چهر گوش مطبق تعبیه شده بود که عابران را به تنها راه مطمئن معبر هدایت می کرده است.

جان پناه های پل را به ارتفاع ۷۰ سانتی متر با سیمان و آجر ساخته اند. مصالح غالب در بنا آجر است و فقط در پایه ها سنگ سفید به صورت مکعب تراش دار بکار رفته و در طاق مسطح دو چشمه نیز از بتون مسلح استفاده شده است.

آخرین تعمیر پل بنا به کتیبه منصوب بر پیشانی یکی از طاق ها، در دوره ولایتعهدی عباس میرزا در آذربایجان انجام گرفته است. (مخلصی، ۱۳۷۱، ص ۲۲۸)

سنگ چینی خشکه

این نوع سنگ‌کاری بدون ملات و از نوع سنگهای رودخانه‌ای که قطر آنها بزرگتر از ۱۵ سانتیمتر می‌باشد استفاده می‌گردد. این دیوارسازی فقط جهت حصارها به کار می‌رود و اصطلاحاً باربر نبوده و نمی‌توان برآنها بارگذاری کرد.

عرض دیوار خشکه چینی حداکثر ٦٠ سانتیمتر و در ارتفاع حدود ۱/۵ متر مسطح شده و بندی افقی به وجود می‌آید. مجدداً از سنگهای بزرگ مانند رج اول، استفاده شده و ادامه کار به همین شیوه دنبال می‌گردد.

این روش سبب می‌شود تا خطر ریزش به وجود نیایدو. معمولاً عمر این دیوارها کم بوده و عواملی نظیر نفوذ آب باران و برف و ضربه خوردن باعث لق شدن آنها می‌گردد که پس از ۲ تا ۳ سال یکبار بازسازی می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۵۲تا۲۵٤)

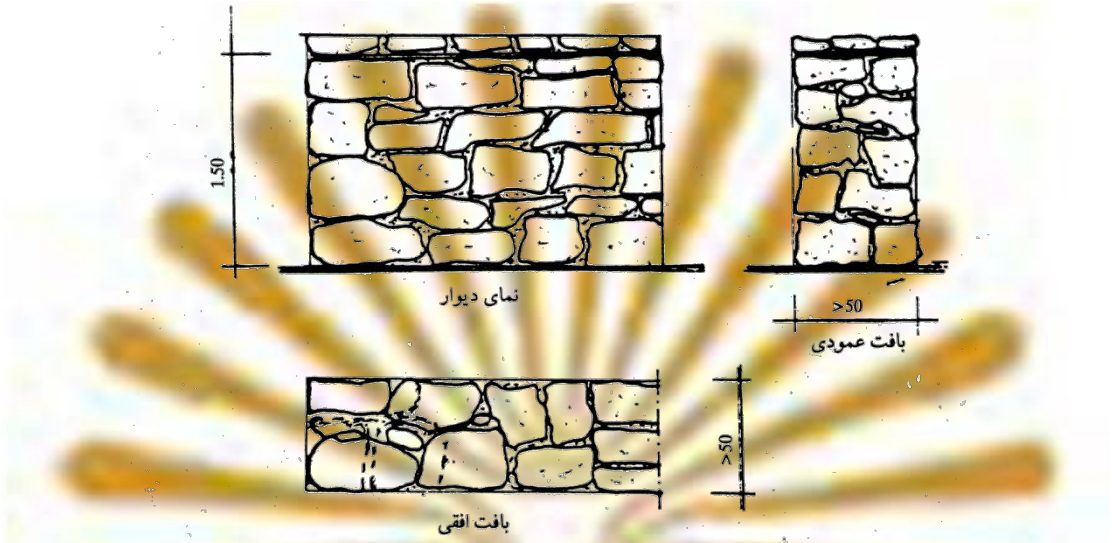
دیوار چینی با سنگ کوهی قواره

این نوع سنگ وسیله سنگهای لاشه‌ای بزرگ انجام می‌شود و معمولاً به وسیله چکش، تیزی سنگها گرفته شده و با ملات و رعایت اتصالات و بدون بند برشی در بناهای سنگی روستایی به کار می‌رود. در این سنگ‌کاری به علت اختلاف ارتفاع و اندازه سنگها رج‌چینی به وجود نمی‌آید و سنگ‌کاری اصطلاحاً سرخورده انجام می‌شود.

در این سنگ‌چینی وسیله سنگ راسته و سنگ کله، عمق پیوند اصولی به وجود می‌آید. سنگ چینی با ملات غوطه‌ای و پرکردن ملات در بین سنگهای کوچک انجام می‌شود.

ابعاد دیوارهای باربر ۵۰ سانتیمتر و یا بیشتر و در دیوارهای غیرباربر تا ٤۵ سانتیمتر خواهد بود.

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۵۸)



دیوار با سنگ کوهی چند وجهی(موزاییک)

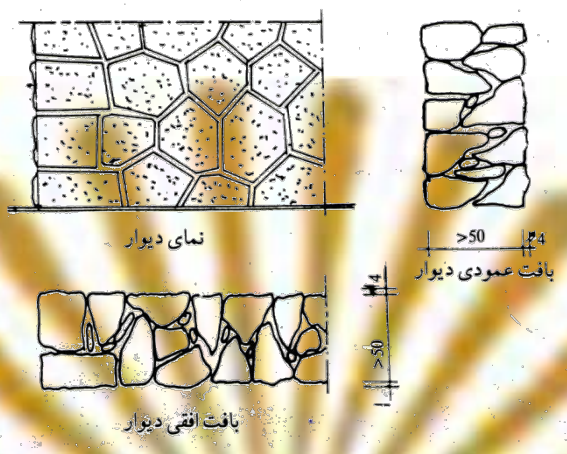
برای این سنگ‌کاری در کارگاه، سنگهای غوله استخراج شده از معدن، به وسیله پتک شکسته شده و توسط چکش به سنگهای چند وجهی نامنظم و به شکل کلنگی درآمده که ریشه آنها بیشتر از ۲۵ و بار سنگ حدود ٤ سانتیمتر می‌باشد. در شروع کار از سنگهای نبش و سپس کله راسته استفاده می‌شود.

برای اتصالات بیشنر قطعات سنگ در هر مترمربع از نما باید حداقل ۲ تا ۳ سنگ عمقی و ریشه‌دار استفاده گردد، تا کلافبندی در سنگ‌کاری به وجود آید.

زوایای سنگ چندوجهی بیشتر از ۹۰ درجه بوده که در این سنگ‌کاری بین یک تا ۱/۵ متر ارتفاع بند افقی به کار می‌رود تا همگن بودن فشار در سطوح سنگ‌کاری به وجود آید.

نوع دیگری از این دیوارسازی به وسیله سنگهای چندوجهی نامنظم سرتراش«چکش» انجام می‌شود که بارسنگ آنها تا ۲ سانتیمتر بوده و دارای نمایی به مراتب جالب‌تر از نوع قبل می‌باشد.

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲٦۰)

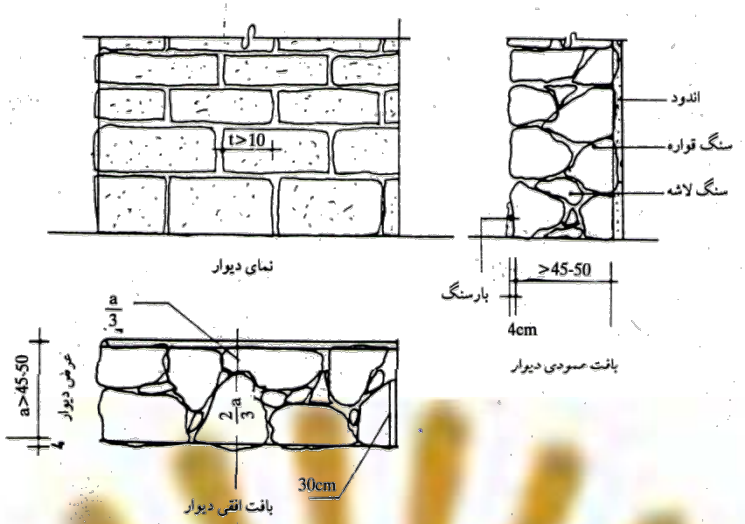


دیوارسنگی با رجهای نامتساوی

سنگهای این دیوار، کوهی بادبُر و در شکل کلنگی(پتکی) می‌باشد که در سمت نما سنگ بادبر به صورت سنگهای عمقی و راسته و که استفاده می‌شود و در ناحیه پشت‌کار از سنگهای قواره به شکل کله و راسته بهره‌گیری می‌گردد.

کلیه سنگها به وسیله ملات به صورت غوطه‌ای چیده می‌شود.

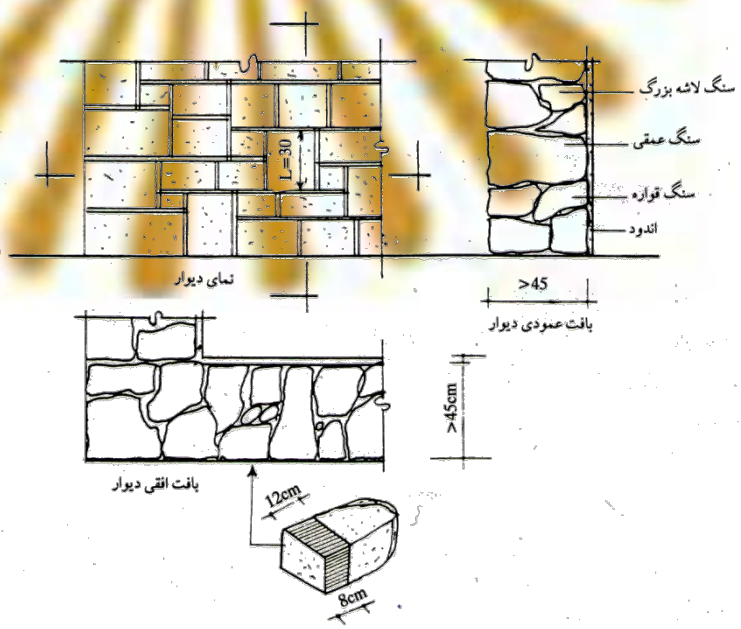
بارسنگها به اندازه ٤ سانتیمتر و ضخامت این دیوار بین ٤٥ تا ۵۰ سانتیمتر و در مواردی بیشتر از ۵۰ سانتیمتر نیز ساخته می‌شود. معمولاً این دیوار از یک رونما بوده و پشت آن اندود ماسه سیمان می‌شود. نوعی دیگر از این دیوار با استقرار سنگهای بزرگ در نبش رجها با اندازه مختلف اجرا می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲٦۲)



دیوار سنگی با سنگ کوهی بادبر سرتراش(رج نمای غیرمنظم)

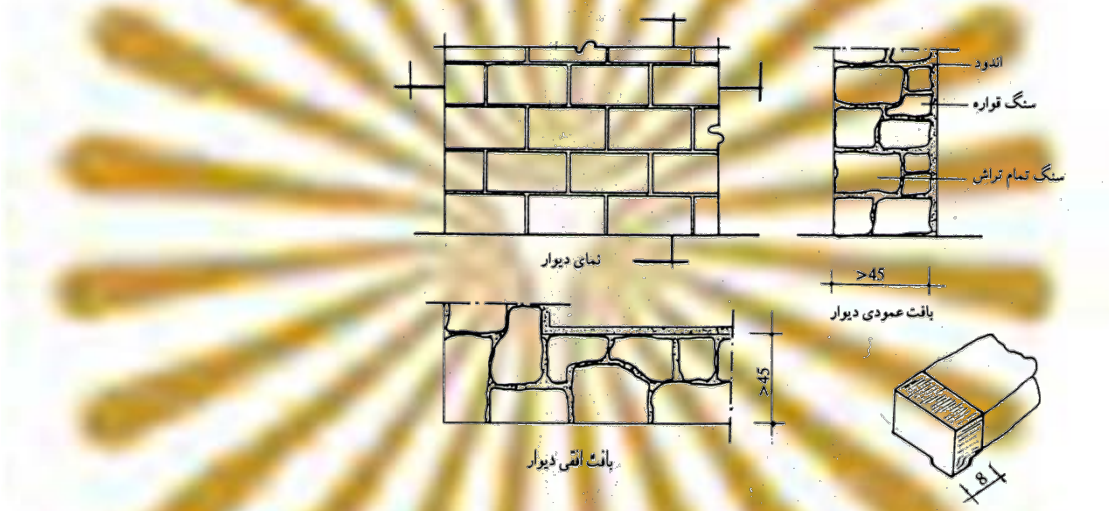
این دیوار با سنگهای سرتراشیده شده با گونیا و سطحی تیشه‌ای و در مواردی قلمکاری شده در سمت نما به کار می‌رود. در پشت کار از سنگهای قواره و یا سنگ لاشه با رعایت پیوند استفاده می‌گردد. بندهای عمودی و افقی در این دیوار سنگی بین ۵ تا ۱۵ میلیمتر می‌باشد.

ارتفاع قطعات بزرگ سنگ ۳۰ سانتیمتر بوده که همه این سنگها عمقی می‌باشند و دراین دیوارسازی به کار می‌روند. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲٦٤)



دیوارسنگی با رجهای مساوی

نمای این دیوار وسیله سنگهای کوهی بادبر سرتراش و تیشه ای ساخته می شود. در مواردی سنگها قلمکاری می شوند و یا آب ساب و صیقلی می گردند. نمای دیوار از سنگهای مذکور به شکل سنگ عمقی, راسته و کله از نبش شروع شده و ادامه می‌یابد. در پشت این دیوار وسیله سنگهای قواره اما با رعایت پیوند و قفل و بست با سنگهای نما چیده شده و در هر دو رج یکبار با سنگهای جلو هم تراز می‌گردد. طول این سنگها بین ۲۰ تا ٦۰ سانتیمتر و بندهای افقی و قائم یکنواخت بین ۵ تا ۱۵ میلیمتر انتخاب می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص٢٦٦)



دیوار سنگی با رجهای منظم آب ساب

این سنگ‌کاری به صورت رجهای منظم و با پیوند $\frac{1}{2}$ انجام می‌گردد. از این سنگ‌کاری در ازاره‌سازی بناهای سنتی استفاده شده و می‌شود. نوع سنگهایی که برای این کار استفاده می‌شود از نوع سنگهای مرمر سفید و یا ابری و سنگ خلج می‌باشد که در قدیم به صورت سنگ ریشه‌ای با چکش و قلم تراشیده می‌شده. پس از آب ساب و پرداخت کامل مورد استفاده قرار می‌گرفت.

ارتفاع رجهای این سنگ‌کاری ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر و طول قطعات سنگ ۳۰ تا ٤٠ سانتیمتر می‌باشد که مسلماً ارتفاع و طول در رجها به طور یکدست انتخاب می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲٦۷)

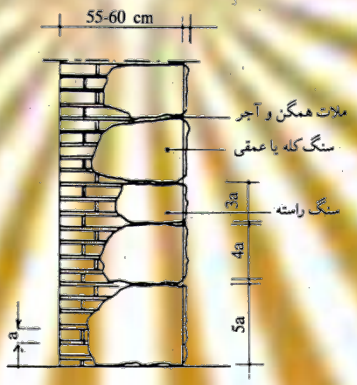
دیوار سنگ و آجر

در دیوار سنگ و آجر ضخامت آجرکاری باید در پشت سنگهای عمقی نیز مورد توجه بوده و این اندازه نبادی از ۱۲ سانتیمتر یعنی کله آجر و ملاتخور آن کمتر باشد. معمولاً عرض دیوار سنگی نباید از ٦۰ سانتیمتر کمتر باشد. اما در مواردی این دیوار تا ۵۰ سانتیمتر نیز اجرا می‌گردد.

چنانچه خطر نفوذ رطوبت در محل وجود داشته باشد، ساخت دیوار با عرض بیشتر انجام می‌شود.

در دیوار سنگی عایق حرارتی بسیار ناچیز بوده که با استفاده از دیوار آجری در پشت سنگ‌کاری عایق حرارتی به وجود می‌آید.

این دیوار می‌تواند از سنگ تراش تیشه‌ای و یا آب‌ساب نیز ساخته شود.



پی‌سازی با رعایت ارتفاع یخزدگی در سطح پائین‌تر از زمین طبیعی انجام می‌شود و سپس اجرای کرسی چینی سنگی و در مواردی از اره سنگی سبب مرتفع‌سازی کف فضا در مقابل نفوذ رطوبت می‌شود. به علت نیروهای فشاری فراوان که از ون خود قطعات سنگ و پوشش و دیوار چینی برسطح زیر دیوار سنگی وارد می‌شود، عایق رطوبتی نیز بایستی دارای مقاومت فشاری بوده و قدرت تحمل فشارهای وارده را داشته باشد.

توجه ۱- برای اجرای اصولی اسفالت‌ریزی و پیشگیری از کرمو و متخلخل شدن آن در قسمتهای مختلف، بخصوص نبش‌ها و کناره‌های سطح از شمشه فلزی استفاده می‌کنیم.

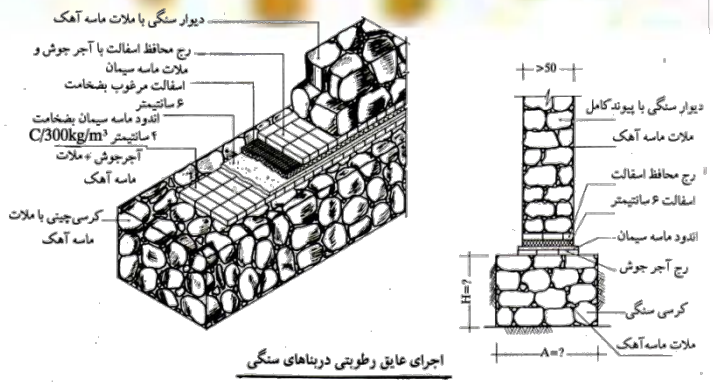
توجه ۲- برای به وجود آمدن ضخامت ٦ سانتیمتر آسفالت بایستی دو شمشه حدود ۸ سانتیمتر بالاتر از سطح اندود مستقر شود تا پس از غلتک کردن اسفالت، اندازه موردنظر به شکل متراکم به وجود آید.

توجه ۳- برای غلتک زدن از غلتک‌های دستی فلزی و یا سنگی که اصطلاحاً «بام‌غلتان» که در گذشته نه چندان دور از آن برای غلتک‌زنی پشت‌بامهای کاهگلی استفاده می‌شد می توان استفاده کرد.

توجه ٤- در صورت نبودن غلتک از تخته ماله- تخماق- کوبه‌های مختلف مانند آجر و غیره می‌توان حجم اسفالت را متراکم ساخت.

توجه مهم: چنانچه بر سطح دیوار به ضخامت ۳ سانتیمتر آسفالت‌ریزی گردد و سپس اجرای قیراندود در یک لایه شود و سپس برسطح قیراندود ۳ سانتیمتر اسفالت شود خطر نفوذ رطوبت شدید در دیوارهای سنگی بکلی از بین خواهد رفت.

توجه ۵- قیر مصرفی برای اجرای این عایق رطوبتی باید از نوع قیر شُل استفاده شود چرا که قیر سفت در زیر نیروی فشاری خُرد می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲٦۸تا۲۷۱)

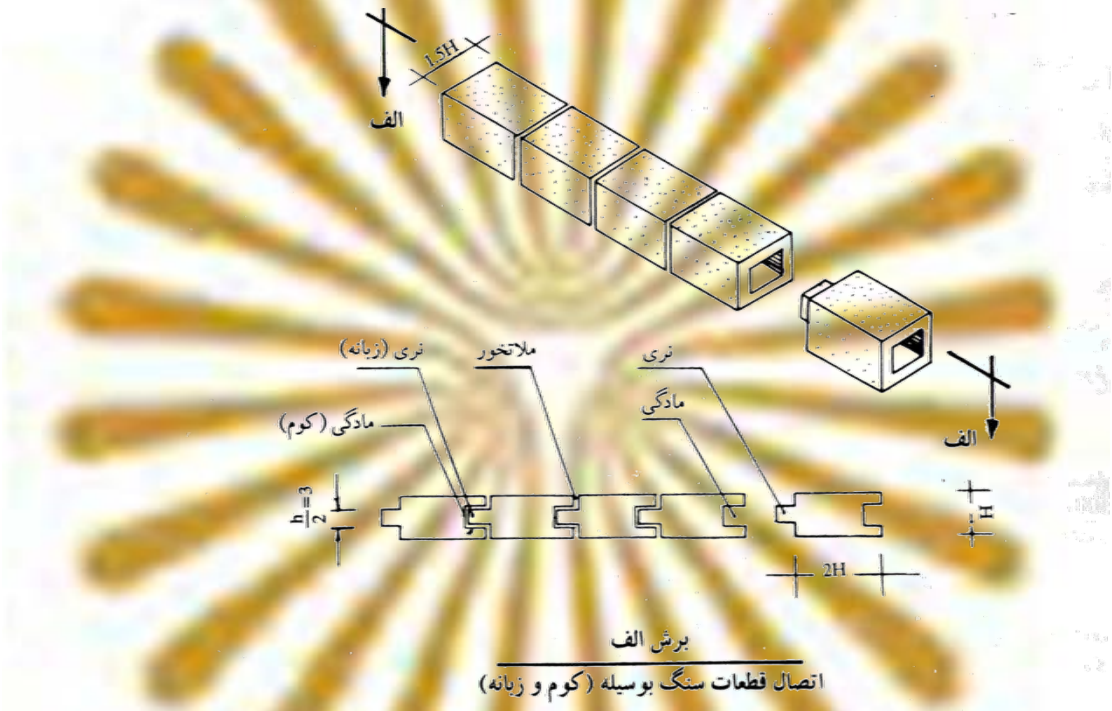


اجرای عایق رطوبتی دربناهای سنگی

اصول ضد زلزله در دیوارهای سنگی

چنانچه در قطعات سنگ تمام تراش به طور مساوی و یکنواخت، عمل زباله کردن از یک طرف و اجرای خزانه از طرف دیگر انجام شود، کلاف‌سازی و درگیر شدن در قطعات سنگ که در جوار یکدیگر واقع می‌شوند به درستی و در اطمینان کامل انجام می‌گیرد.

در این اجرا ابعاد خزانه یا مادگی بایستی از ابعاد زبانه و یا نری بیشتر باشد تا زباله به راحتی در خزانه نشست کرده و درگیر شود.

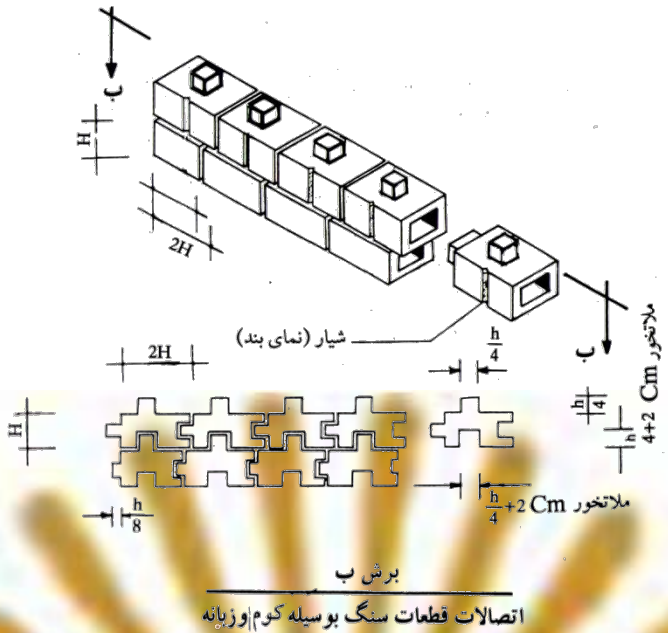


برش الف

اتصال قطعات سنگ بوسیله (کوم و زبانه)

نظر به اینکه عمل خزانه از ناحیه سطح زیرین و زبانه از ناحیه بالا، با توجه به نوع خزانه و زبانه که به وجود می‌آید. ضمناً به محل نشست زبانه از رج زیرین به رج بالائی بایستی توجه شود.

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۲۷۲تا۲۷۳)



برش ب

اتصالات قطعات سنگ بوسیله کروم‌وزیانه

۵-۳. بند ها

سد مانند یک دیوار بزرگ و قطور است. سدها در عرض دره هایی ساخته می شوند که رودخانه ای از میان آنها می گذرد. آب در پشت سد جمع می شود و دریاچه ای مصنوعی به وجود می آورد که «مخزن» نامیده می شود. مخزن پشت سد، گاهی برای ذخیره ی آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می گیرد. در کشورهای گرمسیری، این مخزن آب مورد نیاز برای آبیاری محصولات کشاورزی را تامین می کند. در موارد دیگر، آب مورد نیاز توربین های تولید برق را در خود ذخیره می کند. بعضی از مخزن ها، همه ی این وظایف را بر عهده دارند. نیروگاهی که برای تولید الکتریسیته از نیروی آب جاری استفاده می کند، «نیروگاه برقی-آبی» نامیده می شود.

سدهای کوچک ممکن است دارای دیواره ای از خاک کوبیده با شیب ملایمی باشند که روی آن، با گیاه پوشیده شده است. بعضی از سدها را با قطعه سنگ هایی می سازند که با ملات سیمان کنار هم چیده شده اند. سدهای بزرگ معمولاً از بتن مسلح ساخته می شوند. به دلیل اینکه فشار آب در پایین سد بیشتر از بالای آن است، قسمت پایینی سد را قطورتر می سازند. گاهی بر روی سد، جاده

ای ساخته می شود. در این حالت، آب از روزنه های بالای سد که درست در زیر جاده قرار دارد، عبور می کند.(جنینگز، ۱۳۸۱، ص ۲۱)

٥-٤. قنات ها

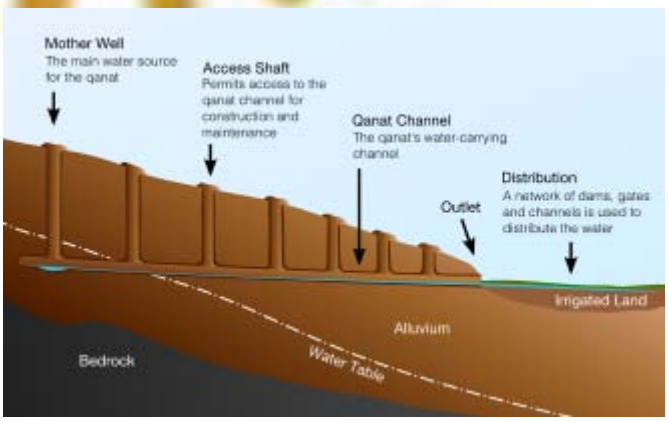
کاریز یا قنات یا کهریز به راهی که در زیر زمین کنده شود تا آب از آن جریان یابد می‌گویند. کاریز کانالی است که از دیرباز برای مدیریت آب در زمین می‌ساخته‌اند. رشته چاهی است که از «مادر چاه» سرچشمه می‌گیرد و ممکن است هزارها متر به طول بیانجامد که سرانجام آب این کاریزها برای شرب و کشت و کار به سطح زمین می‌رسند ودر جای معینی به روی زمین می‌آیند.

طولانی‌ترین کاریز جهان و عمیق‌ترین مادر چاه در شهرستان گناباد قرار دارد که تاریخ کندن آن به دوره هخامنشی و یا قبل از آن می‌رسد. ایرانیان باستان در چندین هزار سال قبل دست به این ابتکار جدید زده و آن را کاریز یا کهریز نام نهادند. با این اختراع که در نوع خود در جهان تا کنون بی‌نظیر بوده‌است، می‌توان مقدار قابل توجهی از آب‌های زیرزمینی را جمع‌آوری کرد و به سطح زمین رساند، که همانند چشمه‌های طبیعی، آب آن در تمام طول سال بدون هیچ ابزار کمکی از درون زمین به سطح زمین جاری می گردد تا زراعت و سرسبزی و باغ های میوه را به همراه آورد. کاریز که توسط کندی کاران مقنیان ایرانی اختراع شده، هزاران سال قدمت دارد. این حرفه به همراه خود ساعت آبی و آسیاب آبی را نیز به همراه آورده است قدمت بسیاری از کاریزهای ایران، از پنج-شش هزار سال متجاوز است و عمری برابر با تاریخ کهن ایران دارد. با وجود این که چندین هزار سال از اختراع آن می‌گذرد، با این وجود هنوز هم این روش استفاده از آب، در قسمت مهمی از روستاها و مناطق مسکونی و کشاورزی و دامداری کشور معمول و متداول است و حتی رکن اصلی کشت و زرع در نواحی خشک است. این اختراع که امروزه شهرت جهانی پیدا کرده، بعدها از ایران به بسیاری از کشورهای جهان انتقال یافته و مورد استفاده مردم در دیگر نقاط

دنیا قرار گرفته‌است. البته گوبلو معتقد است که کاریز، ابتدا یک فن ویژه آبیاری نبوده، بلکه به طور کامل از تکنیک معدن نشأت گرفته و منظور از احداث آن جمع‌آوری آب‌های زیرزمینی مزاحم (هرزه آب‌ها) به هنگام حفر معادن بوده‌است!؛. اگرچه در گستره ٔ فرهنگی ایران، از معادن «مس» و احتمالاً «روی» موجود در کوه‌های زاگرس، در هزاره ٔ دوم قبل از میلاد مسیح بهره‌برداری شده‌است اما این نظر گوبلوچندان علمی بنظر نمی آیدو با مطالعات میدانی ما در مورد قناتهای ایران همخوانی ندارد..[۱] .

کاریز، از یک دهانه یا هرنج که روباز است و یک مجرای تونل مانند زیرزمینی تشکیل شده و چندین چاه عمودی که مجرا یا تونل زیر زمینی را در فواصل مشخص با سطح زمین مرتبط می‌سازد، دارد. چاه‌ها- که به آن‌ها در موقع حفر، میله هم گفته می‌شود- علاوه بر مجاری انتقال مواد حفاری شده به خارج، عمل تهویه کانال زیرزمینی را نیز انجام می‌دهند و راه ارتباطی برای لای‌روبی، تعمیر و بازدید از داخل کاریز نیز به شمار می‌روند. به محل خروج آب قنات مظهر نیز می‌گویند.

آغاز کاریز همان دهانه کاریز است که «مظهر کاریز» نیز نامیده می‌شود. مظهر کاریز جایی است که آب از دل کاریز بیرون می‌آید و ظاهر می‌شود و می‌تواند برای آبیاری و دیگر مصارف مورد استفاده قرار بگیرد. قسمت انتهایی کاریز، «پیشکار کاریز» نامیده می‌شود که در آخرین قسمت آن، چاه مادر کاریز قرار گرفته‌است. قسمت‌هایی از کاریز که با حفر آنها هنوز آب بیرون نمی‌آید «خشکه کار» و قسمتی که آبدار است (قسمت انتهایی) قسمت «آبده کاریز» نامیده می‌شوند.



کندن کاریز معمولاً از مظهر آن که همان سطح زمین خشک است، شروع و به مناطق آبده چاه مادر، ختم می‌شود. بنابراین، اول دهانه کاریز یا هرنج که خشک است و بعداز آن اولین چاه‌ها یا میله‌ها -که این‌ها هم خشک است و آب ندارند و به اصطلاح قسمت خشک کار کاریز نامیده می‌شوند- حفر می‌شوند. بعد کار به طرف قسمت بالادست که همان قسمت‌های آبده و بیشتر آبده زمین می‌باشند، ادامه پیدا می‌کند.

طول یک رشته کاریز - که در میزان آبدهی آن نیز موثر است - نسبت به شرایط طبیعی متفاوت است. این شرایط بستگی به شیب زمین و عمق چاه مادر دارد. از طرف دیگر هر چه سطح آب زیرزمینی پایین‌تر باشد، عمق چاه مادر بیشتر می‌شود. طویل‌ترین کاریزی که تا کنون در ایران حفر شده، در حوالی گناباد از توابع خراسان است که ۷۰ کیلومتر طول آن است و عمیق‌ترین چاه مادر کاریزهای ایران به روایتی ٤۰۰ متر و به روایت دیگر ۳۵۰ متر عمق دارد و آن مربوط به کاریز «قصبه» گناباد است. مهم‌ترین عاملی که طول کاریز را مشخص می‌کند، شیب زمین می‌باشد. هرچه شیب زمین کمتر باشد طول کاریز بیشتر و هرچه شیب بیشتر باشد طول کاریز کمتر خواهد بود.

تقسیم آب

از ابتدای اختراع قنات، تقسیم آب بین سهامداران توسط میرآب و با ساعت آبی یا فنجان انجام می شده است. فنجان عبارت است از یک کاسه کوچک با سوراخی در وسط آن و چند درجه با علامت در بدنه داخلی آن که بر روی آبهای یک دیگ بزرگ قرار می گیرد. مانند تصویر(فنجان قنات زیبد گناباد)

فنجان یا ساعت آبی قنات زیبد

ساعت آبی

بازسازی مدیریت ساعت آبی توسط میرآب واقعی

طریقهٔ کار فنجان یا ساعت بدین گونه بوده که میر آب با چشم دوختن به فنجان با هر بار پرشدن و غرق‌شدن آن و خوردن کاسه به کف دیگ یک فنجان یا هفت دنگ و نیم یا (۷ دقیقه و نیم امروزی) محاسبه نموده و یک سنگ کوچک برای هر بار غرق‌شدن کاسه در یک کیسه یا یک ظرف سفالی می‌گذاشته است. تا تعداد فنجان‌ها و زمانی که سهامدار قنات آب براب باغ خود یا زمین می‌برده را دقیقاً حساب کند مثلاً اگر ۱۰ سنگ درون کیسه باشد یعنی ۱۰ فنجان یا معادل امروزی ۷۵ دقیقه آب قنات را فرد استفاده کرده‌است. اگر فردی ۱۰ فنجان سهم از قنات داشته باید (معادل امروزی هفتاد و پنج دقیقه) یعنی مدت زمانی که ۱۰ فنجان آب پر شود آب قنات را به زمین یا باغ خود رها می‌کرده است و با اعلام جار زدن و یا شیپور زدن یا یک صدای قراردادی فرد بعدی آب را به باغ یا زمین خود منتقل می‌کرده و به همین ترتیب... معمولاً محل استقرار دایمی فنجان و مدیر آن (میر آب) خانه فنجان بوده است. اما در فصل تابستان گاهی ممکن است فنجان را به محل اصلی تقسیم آب ببرند. کالیستنس مورخ یونانی که در لشکرکشی اسکندر مقدونی به ایران همراه او بود و رویدادهای روز و مشاهداتش را به طور منظم یادداشت می‌کرد در یادداشتی که بعداً با محاسبات تقویمی معلوم شده که متعلق به سپتامبر ۳۲۸ پیش از میلاد است نوشته است: در اینجا (ایران)، در دهکده‌ها که آب را بر حسب نوبت به کشاورزان برای زراعت می‌دهند، یک فرد از میان آنان (کشاورزان) انتخاب می‌شود تا بر زمان نوبت (و تقسیم زمانی سهام) نظارت داشته باشد. این فرد در کنار مجرای اصلی آب و محل انشعاب آن میان کشاورزان، بر سکویی می‌نشیند و ظرفی فلزی را که سوراخ بسیار ریزی در آن تعبیه شده است در ظرفی بزرگ‌تر و پر از آب قرار می‌دهد که

پس از پر شدن ظرف کوچک (یک بار و یا چند بار) که به آهستگی و طبق محاسبه قبلی ابعاد سوراخ آن صورت می‌گیرد، آب را قطع و آن را به جوی کشاورز دیگر باز می‌کند و این کار دائمی است و این وسیله (ساعت آبی) عدالت را برقرار کرده و از نزاع کشاورزان بر سر آب مانع می‌شود و....

تنها قنات دو طبقه جهان قنات دوطبقه مون اردستان در محله مون یکی از محلات شهرستان اردستان در استان اصفهان واقع است. این قنات در این محله شامل دو طبقه‌است که که در هر طبقه آن آبی مسقل جریان دارد جالب این جاست که آب هیچ یک به دیگری نفوذ نمی‌کند این قنات ۸۰۰ سال پیش احداث شده‌است.

Alluvial Fan in جنوب ایران. satellite Terra NASA's

سیستم استخراج در کاریز طوری است که آب بدون کمک و صرف هزینه فقط با استفاده از نیروی ثقل از زمین خارج می‌گردد. با توجه به چاه‌ها و کاریزهای موجود، آب کاریز در مقابل آبی که از چاه استخراج می‌شود، ارزانتر تمام می‌شود. آب کاریز دائمی است و در مواقع اضطراری کشت و زراعت و در مواقع حساس(نیاز به آب)، قطع نمی‌شود. منابع آب زیر زمینی توسط کاریز دیر تمام می‌شوند و استفاده طولانی دارند، هر چند به طور دائم آب‌ها – چه مصرف شوند و چه نشوند – خارج می‌گردند. کاریز دارای مزایای بسیار زیادی است که در اینجا فقط به تعداد محدودی از آن‌ها اشاره شده‌است.

در زمین‌های هموار و نواحی‌ای که زمین شیب کافی ندارد و نیز زمین‌های خیلی سست و ماسه‌ای امکان حفر کاریز نیست. آب کاریز، به طور دائم جریان دارد و قابل کنترل نیست. به همین خاطر کاریز مدام

باعث تخلیه آب زیرزمینی می‌شود. در فصولی که به آب احتیاج نیست و یا احتیاج به آب خیلی کم است، امکان جلوگیری از جریان و یا کنترل کاریز وجود ندارد.

کاریز به خاطر این که در سفره‌های آب زیرزمینی کم عمق استفاده می‌شود و این منابع هم غنی نیستند و دارای نوسان زیادی هستند، نسبت به تغییرات سطح آب زیر زمینی خیلی حساسیت دارد. در فصول گرم که گیاه به آب بیشتری نیاز دارد و همین طور در فصول و سال‌های خشک، آب کاریز کم می‌شود. کاریز نسبت به چاه در مقابل سیل و زلزله و امثال این‌ها آسیب پذیرتر است و خرابی در کاریزها بعضی مواقع طوری است که احیا مجدد آن‌ها یا ممکن نمی‌باشد و یا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

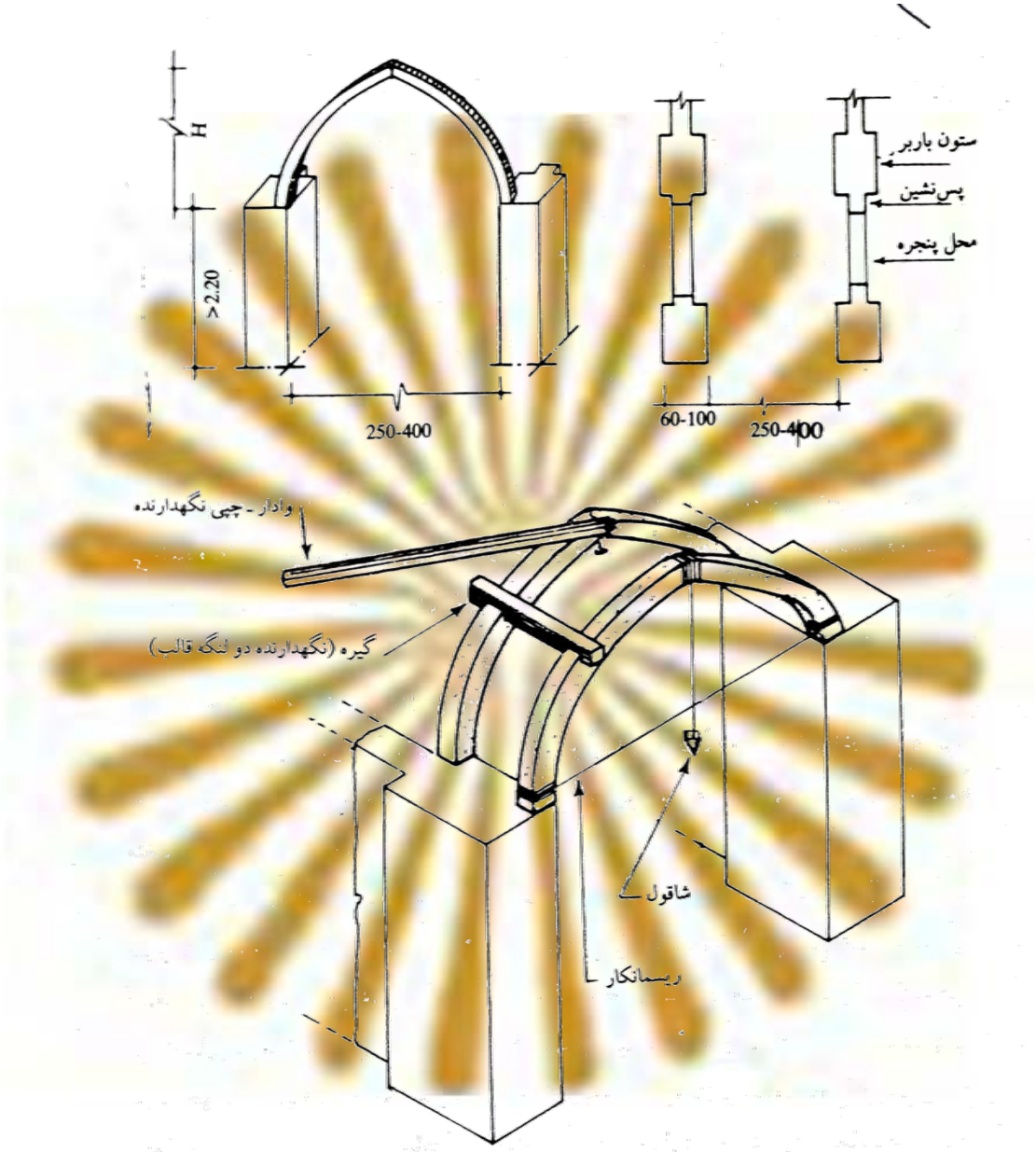
واژهٔ کاریز واژه‌ای فارسی است و در اصل کهریز و شاید کهن ریز بوده‌است. واژه قنات کلمهٔ پارسی معرب شده‌است. در ایران خاوری و افغانستان و آسیای میانه واژه کاریز بیشتر کاربرد دارد و در ایران باختری واژهٔ قنات. قنات خود عربی شده کنات فارسی است که از ریشه فعل کندن گرفته شده است[۳]. جمع «قنات» را «قنوات» گویند (www.*wikipedia.org*.)

۵-۵. درک رفتار سازه ای بناهای آبی

دیوارسازی در زیر طاقهای گهواره‌ای و گنبدی با ضخامت یکنواخت و قطور جهت باربری طاق ساخته می‌شود در صورتی که دیوارسازی زیر پوشش طاق و چشمه متغیر می‌باشد.

به طوری که اشاره شد در این طاقها تویزه به عنوان تیرحمالی می‌باشد که نیروهای حاصله از چشمه‌ها را قبول می‌کند. از این‌رو دیوارهای زیر تویزه‌بندی ضخیم‌تر از قسمتی خواهد بود که پاکار چشمه طاق برآن مستقر می‌شو. عرض دیوارهای باربر زیر تویزه‌بندی گهگاه تا یک متر نیز می‌رسد و پس‌نشین بین ستونهای باربر جهت رف‌بندی، طاقچه‌سازی و یا نورگیرها و پنجره‌سازی استفاده می‌گردد. ارتفاع دیوارچینی تا زیر پاکار این اطاقها تا ارتفاع ۲ متر و در مواردی بیشتر نیز انتخاب می‌گردد. معمولاً این فضاها دارای ارتفاع بلند بوده که پس از تخت و ترازشدن تمام

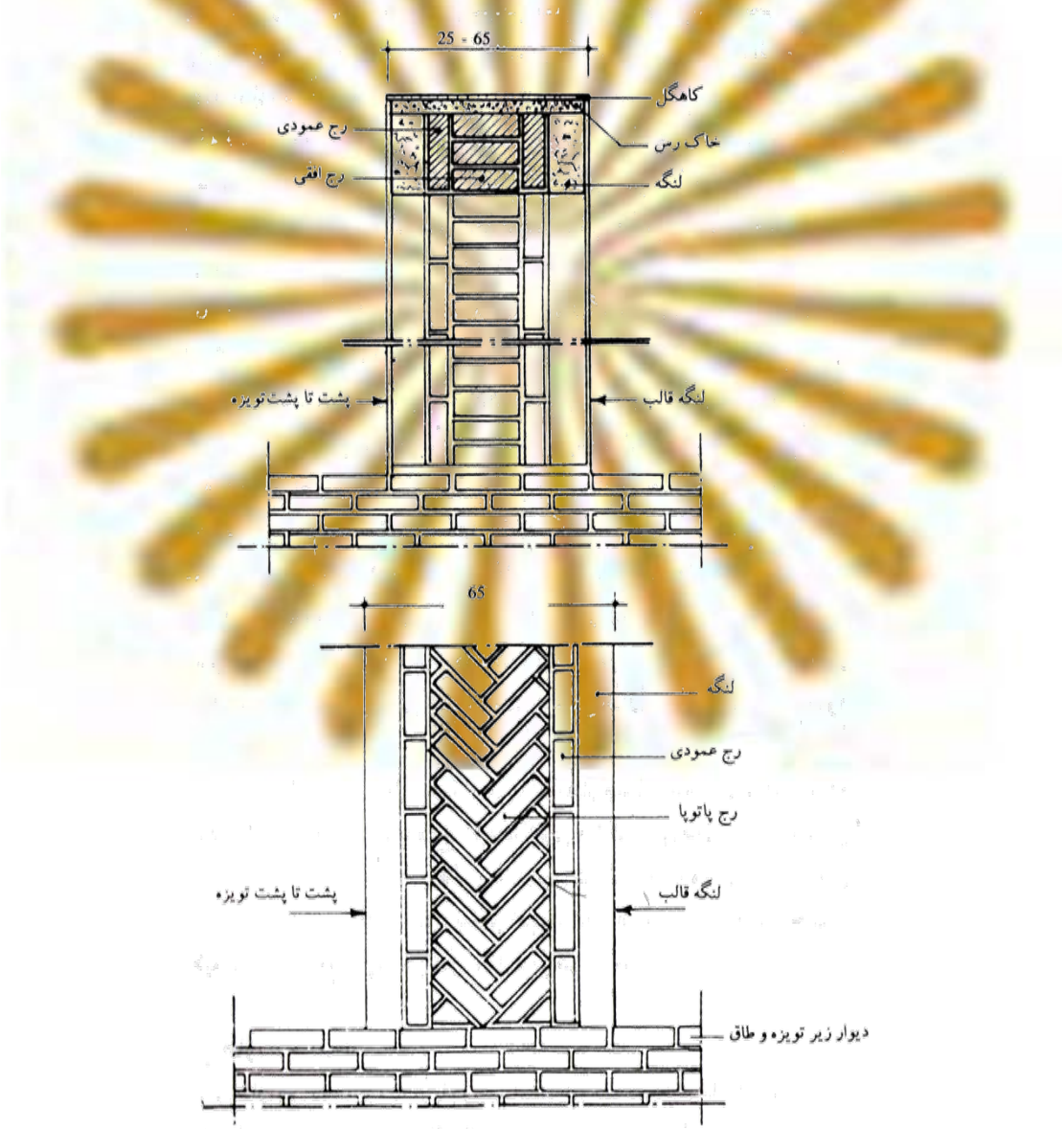
سطوح، دو بدنه لنگه قالب برروی ستونهای باربر قرار داده می‌شود. وسیله تنگ چوبی از دو طرف موقتاً مهار می‌شود. سپس بین ستونها ریسمانکشی شده پس از شاقول کردن سر و پای دو لنگه قالب و نگهداری آنها به وسیله وادار، مراحل بعدی آماده می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۳۹)



ساختن تویزه

نسبت به طول دهنه و مقدار نیروی وارده جهت به وجود آوردن تویزه فاصله پشت تا پشت لنگه قالبها معمولاً بین ۲۵ تا ٦٥ سانتیمتر می‌باشد که پس از استقرار لنگه قالبهای جلو و عقب و

مهارسازی آنها وسیله ملات گچ دستی، «رج عمودی» در سمت میانی لنگه قالبها و متکی به آنها به ملایمت چسبانیده می‌شود. چنانچه فاصله پشت تا پشت بیش از دو لای خشت عمودی باشد، رج چسبانی و پرکردن بین دو لای عمودی به صورت رجهای افقی دوردار نیز انجام می‌گردد. بدیهی است لاچسبانی و پرکردن بین لنگه قالبها باید همگن انجام شود تا فشار و رانش به وجود نیاید. چنانچه فاصله پشت لنگه‌ها از ٦٥ سانتیمتر بیشتر باشد بعد از لاچسبانی عمودی، نصب رجهای مورب پاتوپا که مقاومتر از رج‌های افقی می‌باشد به صورت جناقی از دو بازو به شکل همگن پوشش می‌شود تا به تیزه رسیده و اصلاحاً تیزه قفل گردد.



اصول ضد زلزله در طاق و تویزه: در اجرای پوشش طاق و تویزه از پاگذاری پوششهای مذکور در قسمتهای میانی در یکدیگر عمل رانش و واکنش از تحرکات به وجود نمی‌آید. زیرا در این قسمت پوششها کلاف در یکدیگر می‌باشد که اصطلاحاً گفته می‌شود طاق و تویزه در شانه یکدیگر نشست دارند. اما در دهانه‌های انتهایی خطر رانش تویزه از لنگه قالبها وجود دارد. برای کلاف‌بندی تویزه و یا چشمه در قسمتهای انتهایی از طناب «ساسو یا سازو» که از بافته‌های ریشه گیاهی تهیه می‌شود و دارای مقاومت بسیار فراوان می‌باشد، استفاده می‌گردد و لنگه قالب انتهایی و لنگه قالب همجوار آن را در کلاف کامل نگهداری می‌کند.

توجه۱: اجرای این کلاف‌بندی در هر شانه دو لنگه قالب نسبت به اندازه دهانه فضا بین ۲ تا ۳ عدد انجام می‌شود.

توجه ۲ : کلاف‌بندی مذکور بین دو لنگه قالب پس از رج چسبانی(لاچسبان) انجام می‌شود و سپس پوشش تویزه، بنا به اصول ذکر شده بنائی می‌شود.

توجه ۳: ضمن اجرا و بعد از اجرای پوشش و یا انجام مراحل بعد در پشت طا پوشش باید دقت فراوان داشت تا در طنابهای کلاف کننده بریدگی به وجود نیاید. با اجرای دقیق و اصولی موارد ذکر شده، پوشش طاق در مقابل زلزله مقاومت بیشتری پیدا می‌کند. در شکل بعد نحوه مهارسازی لنگه قالب‌ها دیده می‌شود.

پوشش چشمه: به طوری که شرح داده شد، تویزه‌بندی در فاصله یک متر و در مواردی بیشتر از این اندازه نیز بنائی شده و زمینه پوشش طاق و یا چشمه به وجود می‌آید.

پوشش طاق دارای دور ملایم عدسی می‌باشد که از وسط دهنه طاق به دو تویزه ختم می‌گردد. چنانچه رج لا در تویزه پخ شود درگیری و نگهداری طاق به طور مطمئن انجام می‌شود. بدین شکل تکیه گاهی جالب در دو جهت طاق به وجود آمده که نیروی طاق و وزن بارهای وارده برآن

به طور یکنواخت از دور عدسی چشمه به رجهای عمودی تکیه‌گاه و در واقع به پوشش تویزه وارد می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٤۱تا۱٤۲)

بنائی طاق «چشمه»

پوشش طاق بین دو تویزه باربر با دور متناسب از وسط دهنه با رعایت پیوند $\frac{1}{2}$ و یا در حالت پوتوپا به صورت پوشش جناقی انجام می‌گردد. پوشش طاق به شکل رج‌پوش افقی دارای اتکاء معمولی بوده. اما در پوشش پاتوپای جناقی نیرو از دو جهت قابل انتقال می‌باشد:

۱- در جهت محور عمودی یعنی اثر نیرو به ستون و دیوارهای باربر منتقل می‌شود.

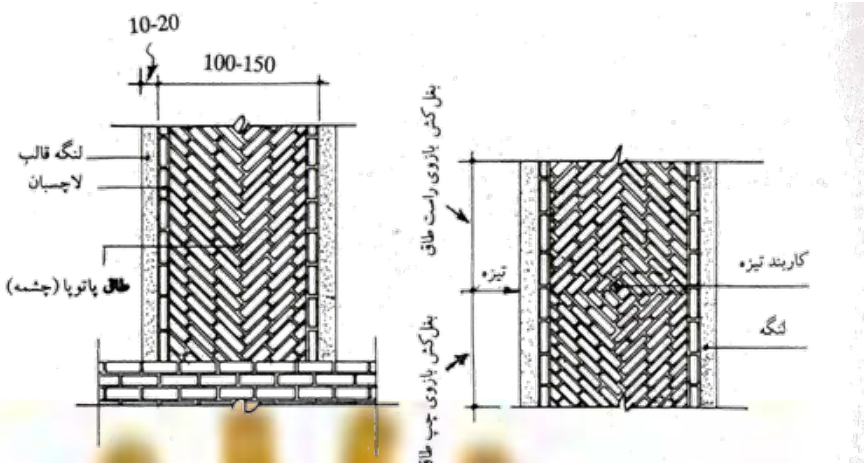
۲- اثر نیرو در جهت محور افقی یعنی تکیه‌گاههای لاپوش تویزه می‌باشد.

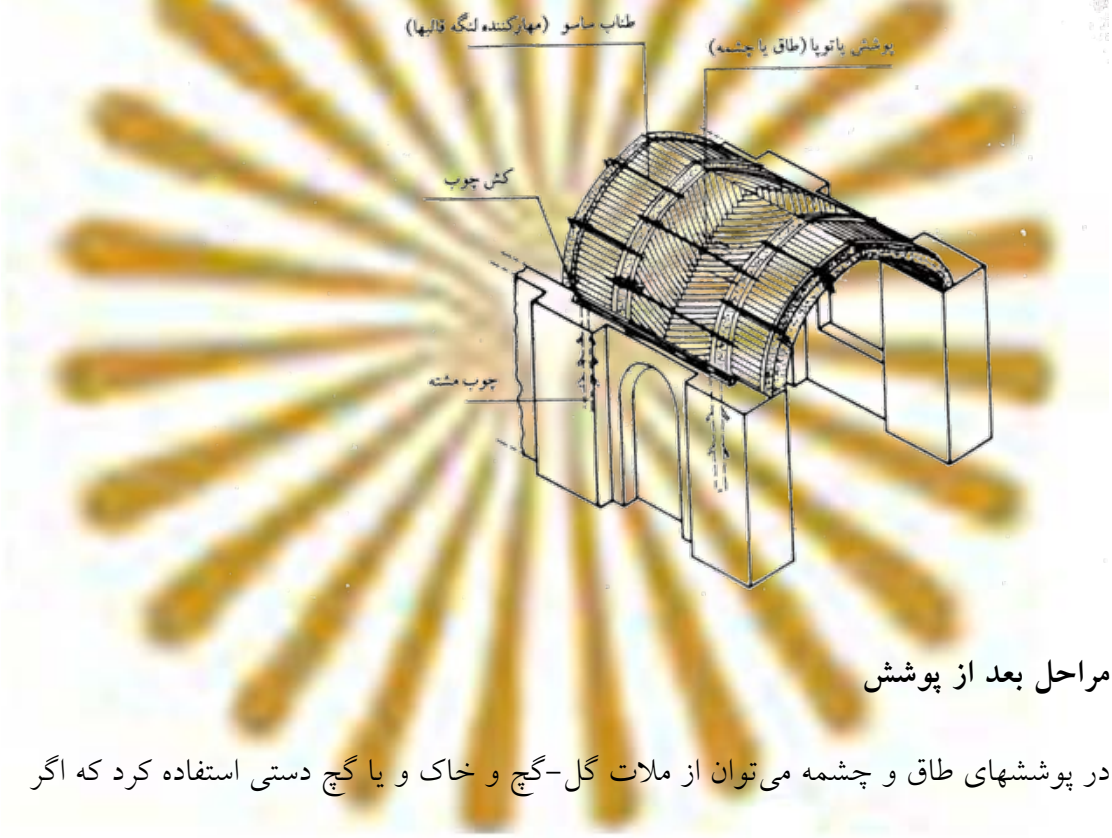
توجه : در پوشش طاق به شکل جناقی مقاومت طاق به مراتب بهتر از لاپوش افقی می‌باشد. افزون بر آن، پوشش طاق به علت پاتوپا گذاردن رجها تحت زاویه ٤٥ درجه از دو جهت راحت‌تر انجام می‌شود.

شروع پوشش وسیله یک دو قدی که از دو جهت تحت زاویه ٤٥ درجه یخ شده نصب می‌گردد. سپس رج‌های دوم و سوم تا به وجود آمدن لچکی با رعایت پیوند ساخته می‌شود بدین ترتیب در گوشه‌های دیگر لچکی‌سازی انجام می‌گردد.

پوشش پاتوپا از دو طرف با رعایت دور قوس عدسی و از دو شانه تکرار می‌شود تا به تیزه رسیده در محل سرتیزه مربعکس با رجهای پاتوپا نیز دنبال می‌گردد تا طاق اصطلاحاً قفل شود.

توجه: در پوشش طاق و تویزه اثر نیروی فشاری از طاق بر شانه‌های تویزه می‌باشد. از این‌رو ستون زیر پوشش تویزه قطور ساخته می‌شود و به همین جهت دیوار زیر طاق با پس‌نشین اجرا می‌گردد. چنانچه در این محل از تیر افقی چوبی استفاده شود اثر نیرو از طاق به ستونهای باربر منتقل می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٤۲-۱٤۳)





مراحل بعد از پوشش

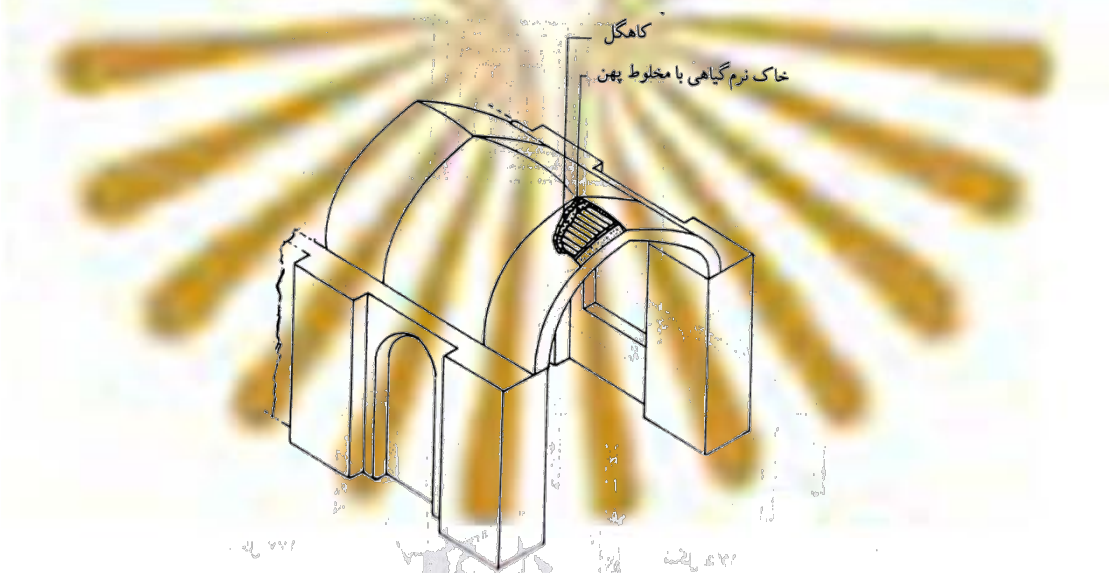
در پوششهای طاق و چشمه می‌توان از ملات گل-گچ و خاک و یا گچ دستی استفاده کرد که اگر ملات از نوع مقاومتری باشد. طاق دارای مقاومتی بیشتر خواهد بود.

چنانچه ملات پوشش گل باشد پس از پایان کار پوشش دوغابریزی عسلی وسیله گچ‌دستی طوری انجام می‌شود که دوغاب تمامی بندها وسطح پشت پوشش را درگیر یکدیگر سازد. سپس خاک نرم

غیر از خاک رس که قدرت مکش رطوبت حاصله از بارندگی را داشته باشد، به اندازه ۱۰ سانتیمتر بر تمامی سطوح طاق و تویزه پهن می‌گردد.

در مواردی از وجود خاک برگ پوسیده نیز جهت این کار با خاک استفاده می‌شود. به طوری که اشاره شد وجود خاک کشی سبب می‌گردد چنانچه رطوبت از اندود کاهگل عبور نماید، خاک بین طاق و اندود نم حاصله را گرفته و از سرایت مستقیم به طاق جلوگیری می‌کند. مسلماً پس از پایان بارندگی و تابش آفتاب و یا وزش بادهای گوناگون اندود و همچنین خاک‌کشی پشت طاق نیز خشک می‌گردد.

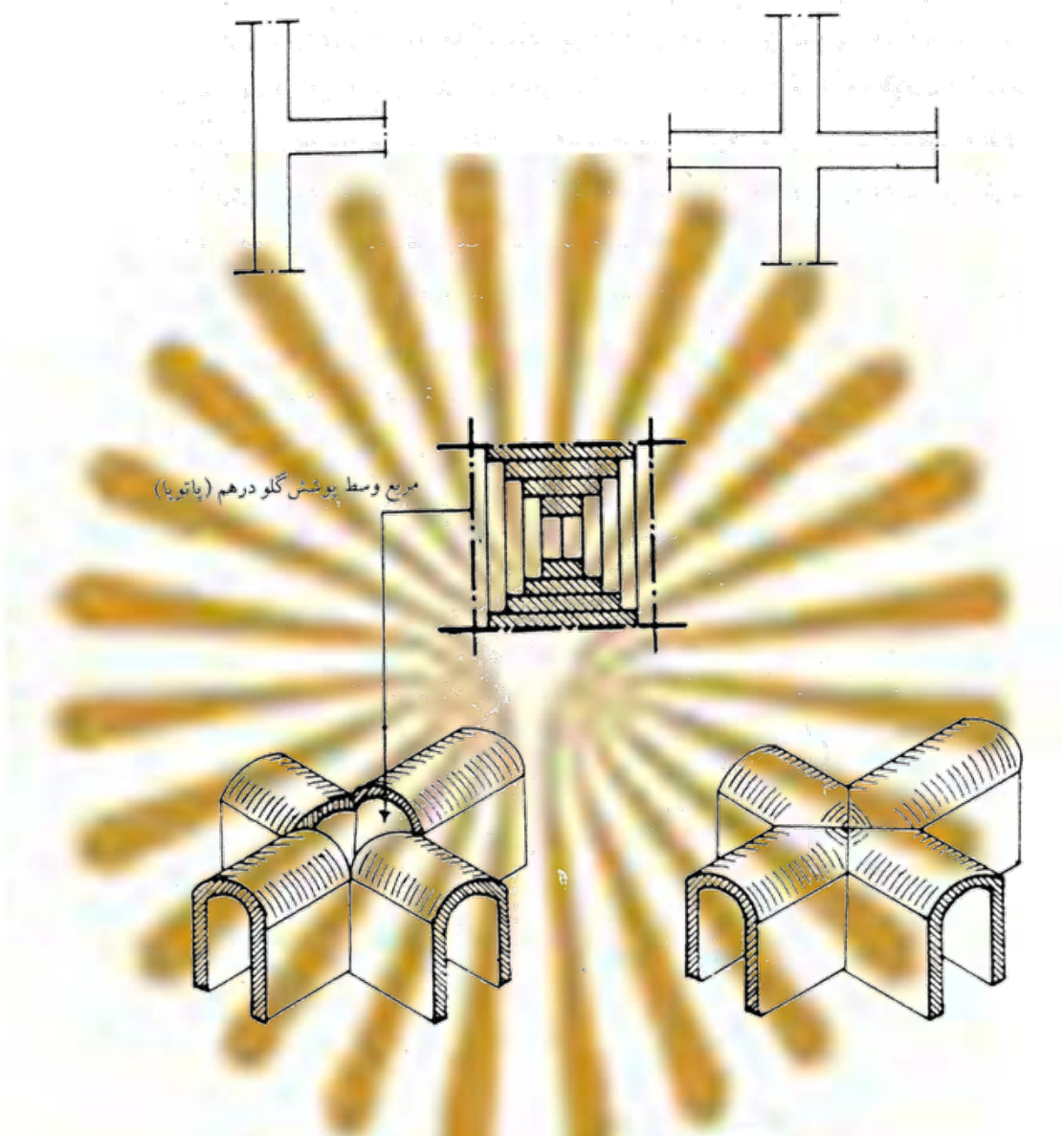
پس از خاک‌کشی و شیب‌بندی و نصب ناودانی، سطوح پشت‌بام اندود شده سپس قسمتهای داخلی و خارجی بنا شمشه‌گیری شده و اندود کاهگل به ضخامت ۲/۵ تا ۳ سانتیمتر انجام می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٤٥)



پوشش طاق گلو در هم

در مواردی از فضای مستقیم به یک فضای دیگر به صورت متقاطع برخورد کرده مانند یک سه راهی این‌گونه طرح در منازل مسکونی کویری که اکثراً خشتی می‌باشد به چشم می‌خورد، نوع

کامل این چنین طرحهایی به نام چهار صفه و یا چهار ایوان معروف است که چهار فضا به شکل یک چهارراه در یکدیگر تداخل می‌کند.



طرح چهار صفه به منزله هالی می‌باشد که در وسط فضاها واقع شده و به راحتی به تمامی اطاقها ارتباط دارد. این‌گونه بناها را می‌توان در زواره و حومه آن به وفور ملاحظه نمود.

در این گونه فضاها پوشش گهواره‌ای بر هر یک از اضلاع صفحه تا نبش تقاطع و مربع میانی بنا به آنچه در بنائی طاقهای گهواره‌ای گفته شد انجام می‌گردد.

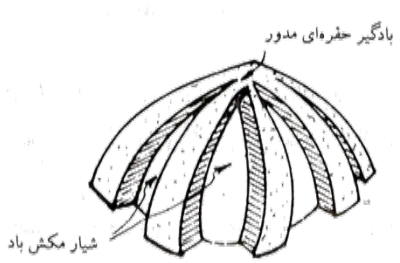
پس از پوشش اضلاع متقاطع در وسط دهنه یک مربع باقی مانده که برابر با غلت دور از راستای هر ضلع پوشش تکرار می‌شود. نتیجه این که رجهت از هر دهانه در دیگری کلاف شده و اصطلاحاً پاتوپای رج دیگر می‌گذارد.

با رعایت کامل نشست هر رج به اندازه ضخامت و ملاتخور آن رج‌به‌رج دیگر کار، پوشش به اتمام می‌رسد.

بدیهی است اگر پوشش در قسمت گلو درهم به وسیله گچ و گچ و خاک بنائی شود کار به مراتب مقاومتر خواهدشد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٤٦تا۱٤۷)

نورگیری و هواکش در سقف‌های کروی

معمولاً نور فضاها به وسیله پنجره از نما حاصل می‌شود. در مواردی که ارتباط پنجره به فضای خارجی ممکن نباشد نور از سقف گنبدی وسیله نورگیرها تعبیه می‌شود. نورگیر سوراخ کوچکی بوده که در پوشش به وجود می‌آید. همچنین هواکش یکی از مسائل مهم در پوشش گنبدی برای اقلیمهای معتدل و نیمه‌گرم می‌باشد. معمولاً تیزه طاق گنبدی قفل نمی‌شود و سوراخی متناسب بازگذارده شده که برروی آن حجم کوچک هواکش به صورت چهار پره‌ای بنائی شده که کشش باد را از هر سو به داخل فضا ممکن می‌سازد.



توجه: علاوه بر نورگیر و هواکش در پوششهای گنبدی همچنین سقفهای مسطح دودکش آشپزخانه نیز در شرایط هواکش اجرا می‌شود.

نوعی دیگر، هواکش یک طرفه می‌باشد که به صورت کانال و سوراخ مجاری در خلاف مسیر باد به وجود می‌آید.

این کانال هوا و جریان باد را گرفته مستقیم به داخل فضا می‌رساند. در مواردی که در محل سوراخ تیرک افقی نیز نصب می‌گردد که از آن جهت آویز چراغ و یا مواد غذایی استفاده می‌شود.

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱٤۷-۱٤۹)

رسم قوسها در روش مختلف و طبق ضوابط خاص خود به وجود آمده که از آنها به شکلهای مختلف و برای کارهای گوناگون تزئینی و باربر به عنوان پوشش در نعل درگاه استفاده می‌شود.

رسم قوسها در اشکال مختلف ممکن بوده که اگر ضوابط و مراکز ترسیم در چهارچوب طول دهنه (L) باشد شکل کار اصولی خواهد بود.

اشکال بعدی تعدادی از قوسها چه به صورت تزئینی و چه به شکل باربر مورد بحث و بررسی و ترسیم خواهد بود. این قوسها نموداری از قوسهای اصلی و مادر می‌باشد که نحوه ترسیم آنها را در ضوابط دهنه بررسی می‌کنیم. بدیهی است که در چهارچوب همین ترسیمها می‌توان خود قوسهائی نیز رسم کرده و مورد استفاده قرار داد.

پوشش قوس نعل درگاه: پس از ساختن دیوار و ستون تا ارتفاع لازم و یا جرزهای باربر در بین درها و پنجره‌ها از وجود قوسهای کمانی، دایره و یا تیز آنهم نسبت به نیروهای وارد برقوس، زمینه بنائی آن فراهم می‌شود. پس از انتخاب نوع قوس و ساخت قالب قوس و استقرار آن در تکیه‌گاهها به طوری که در بناهای خشتی از آن بحث گردید. بنائی قوس با رعایت پیوند- شاقول و شمشه‌کش کردن جوانب قوس برابر با اصول پوشش قوس اجرا شده و آماده بهره‌گیری مراحل بعدی از جمله کونال‌سازی و دست‌انداز چینی و در نهایت آماده شدن کلاف‌بندی چهاردیواری جهت پوشش سقف و طاق می‌گردد. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۷۹-۱۸۷)

پوشش قوسهای تزئینی

در مواردی پوشش نعل درگاه وسیله قوسهای تزئینی انجام می‌گردد. معمولاً این قوسها باربری کم داشته مسلماً برای باربر شدن این دسته از قوسها در قسمت میانی و برروی این قوس، قوس مخفی و باربر ساخته می‌شود که نیروهای مراحل بعدی را قوس باربر متحمل می‌گردد.

ضوابط ساخت قوس: برای دهنه‌هایی تا ۱/۲۰ متر از قالب گچی استفاده می‌شود. چنانچه عرض دیوار یک آجره باشد از وجود یک قالب و اگر عرض دیوار بیشتر باشد از وجود دو قالب، یکی در سمت جلو و دیگری در سمت عقب استفاده می‌شود که از اجرای جزء به جزء بنائی آن می‌گذریم و فقط بدان اشاره کوتاه می‌کنیم. چنانچه فاصله و دهنه قوس طویل باشد وزن قوس نیز بیشتر بوده که در این حالت از قالبندی چوبی و قالبهای دوبله به همراه کلاف‌بندی و پایه‌های باربر استفاده می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۸۷-۱۸۹)

طریقه ساخت قالب چوبی

در قوسهای نعل اسبی و نیم دایره قسمتهای بالایی قالب دوردار بوده این حالت در قالب قوسهای کمانی و دسته سبدی کمتر و در نیم دایره بیشتر و در قالبهای قوس تیز در ناحیه کونال دارای دور و در ناحیه شانه و تیزه، به دور کم می‌رسد و در تیزه به یک نقطه ختم می‌گردد.

مسلماً در چنین شکلی قطعات تخته در قسمت زیرین طویل و در قسمتهای بعدی از تخته‌های کوتاهتری که دور قوس را جوابگو باشد استفاده می‌شود، تا «دورریز» تخته و ریزش آن به حداقل برسد. پس از ردیف کردن تخته‌های مذکور و پشت‌بند کوبی به فاصله‌های لازم به طوری که تمامی قطعات کاملاً درگیر و مهار شوند بدنه قالب ساخته می‌شود.

ترسیم قوس بر صفحه قالب: قوس مورد نظر برابر ضوابط ترسیم برروی بدنه قالب اصطلاحاً خط می‌شود. سپس به وسیله اره باریک‌بُر خط قالب بریده شده و الگوی قوس به وجود می‌آید مسلماً قالب چوبی مذکور در دو عدد یکی برای سمت جلو و دیگری سمت عقب و دقیقاً در یک خط ساخته شده و آماده استقرار می‌گردد. .

شمع بندی زیر قالب: برابر با ارتفاع ستون آجری و گوه‌گذاری زیرستونها و ضخامت‌کش اندازه شمع مشخص شده و تهیه می‌گردد. سپس به وسیله دستک و با رعایت گونیا شمع‌ها به کش متصل

می‌شود. بدیهی است در دهنه بین ۱۲۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر از سه شمع در زیر قالببندی استفاده می‌گردد که در این حالت به وسیله چپ و راست ستونها با یکدیگر مهار می‌گردد.(شکل ۲۲۱)

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۸۹-۱۹۰)

استقرار قالب در بین ستونهای آجری(در دهنه)

ستونهای چوبی به یکدیگر کلاف شده و برروی گوه مستقر می‌شود و تراز می‌گردد و ستونهای جلو با ستون‌های عقب نیز به وسیله دستک به یکدیگر مهار شده سپس قالبهای تهیه شده برروی کشها در حالت تراز یکدیگر واقع می‌شود. قالبهای چوبی وسیله دو یا سه دستک نیز از ناحیه سرمهار می‌گردد.

پشت قوس: ضخامت رجها و ملات‌خور آنها برروی قالب چوبی محاسبه می‌گردد تا در سر تیزه نیم لائی و یا جفت پیوند به وجود نیاید. در مواردی که چنین پیش آید با کم و زیاد کردن ملاتخور رجها نقیصه نیم لایی را برطرف می‌کند. پس از خیس کردن پاکار، ملات خمیری ملایم را به تکیه‌گاهها کف‌کش کرده، آجر آبخور را نیز با ملات ملایم اصطلاحاً «کف‌سوز» می‌کنیم اولین رج نصب می‌گردد.

توجه: ملات‌خور آجرهای قوس در محل نشست برروی قالب هشت میلیمتر و عمود بر قالب خواهد بود. مسلماً پشت آجر را باید اصطلاحاً بالا آورده تا زاویه ۹۰ درجه از آجر با قالب به وجود آید. در این حالت است که بند بالا از کمان دایره‌ای بزرگتر به دست می‌آید که تقریباً سه برابر ملاتخور ناحیه پایین می‌باشد.

ملاتخور قطور وسیله لاشه آجر و کاربند یا اصطلاحاً «گاز» پر می‌شود و این کاربند سبب انتقال نیرو به رجهای زیرین و عضوهای آجری می‌گردد.

چنانچه از وجود کاربند و لاشه آجر استفاده نشود مسلماً نیرو به ملات وارد شده و امکان خرد شدن ملات پیش می‌آید. رجها در دو طرف با اصول ریسمانکشی و شاقول کردن و شمشه‌کش آنها با استفاده از چوب اندازه‌گذاری رج‌به‌رج دنبال می‌گردد. .

بستن تیزه قوس: به طوری که گفته شد نصب رجها از دو طرف همگن با رعایت شمشه‌کش کردن و کنترل شاقول و رعایت بندها رج‌به‌رج از دو سو دنبال شده تا به رجهای پاتوپا برسیم. وسیله رجهای یخ و کاردی تارک با ملات عسلی دستی و رعایت پیوند، بنائی قوس به پایان آمده که پس از تمیز کردن ناخنکهای گچ و بازکردن قالبها قوس بندکشی می‌گردد.

توجه: به طوری که معلوم است نگهداری دو شانه وسیله آجرهای نصب شده در تیزه می‌باشد که اگر این عمل انجام نگردد و قالب برداشته شود شانه‌های قوس فرو می‌ریزد.

دست‌انداز چینی: پس از پایان بنائی قوس، ستونها و طرفین آن که کونال گفته می‌شود رج‌به‌رج و با رعایت پیوند از دو سو چیده می‌شود. مسلماً این رج چینی به طور هم سطح در چهار دیوار فضا با رعایت پیوند و هشت‌گیر بنائی شده تا به پا طاق ضربی برسیم. چنانچه پوشش از نوع طاق ضربی باشد پاطاق آن با رعایت پخ‌سازی ساخته می‌شود.

پس از پایان کار، سطح پشت طاق دوغاب‌ریزی شده تا یکپارچگی در طاق به وجود آید. پس از دست‌انداز چینی تا همترازی تیزه اصطلاحاً گُرده‌های طاق با خرده آجر پر می‌شود و سطح آماده فرش و یا اندود می‌گردد.

توجه: جهت عایق رطوبتی می‌توان از پوکه معدنی و قیراندود استفاده کرده سپی کف خواب ناودانی نصب شده و بعداً فرش پشت‌بام و یا اندود کاهگل با شیب لازم انجام می‌گردد.

طاق خفته راسته: در پوششهای آجری از وجود شکل دادن در نحوه پوشش طاق، اشکال زیبایی به وجود می‌آید. وجود این نوع پوششها به نامهای حصیری، جناقی، گل برگردان، کلولک‌بندان و انواع گلچینهای آجری بخصوص نوع خفته راسته که بیشتر از همه مورد استفاده می‌باشد.

این پوشش در مکانهایی نظیر طاق سردابها، حوضخانه‌ها، زیرزمینهای مسکونی و حتی در بعضی از اطاقها و سرسراها و ایوانها و در پوشش طاق دکاکین مورد استفاده فراوان بوده و می‌باشد.

(زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۹۱-۲۰۰)

پوشش طاق خفته راسته

برای شکل دادن به این پوشش معمولاً گلویی‌سازی می‌شود. برای گلویی‌سازی از قالب چوبی که دارای قوس مدوری تقریباً در $\frac{1}{4}$ دایره مانند باشد استفاده می‌گردد. اولین رج‌چینی در چهارطرف انجام شده. محل نشست رجها در یکدیگر پخ می‌شود. با کمک قالب مدور ابتدا و انتهای رج دوم که برابر دور قالب می‌باشد بنائی شده بر دو رج نصب شده ریسمانکشی می‌گردد و آجرها با رعایت بالاآوردن پشت آنها و لاشه‌گذاری در ملات با پسوند $\frac{1}{2}$ نصب می‌گردد.

پخ‌سازی: رعایت پخ‌سازی آجرها در محل تقاطع انجام می‌شود. بالاخره نصب رجهای بعدی با رعایت برگشت آنها به صورت مدور دور گلویی انجام می‌شود.

بدیهی است بندهای افقی نباید از یک سانتیمتر تجاوز کند. چنانچه زیادتر از حد ذکر شده باشد، ملاتخور پشت رجها تا پنج سانتیمتر رسیده که وسیله لاشه‌گذاری و یا آجرهای کاردی ملاتخور این قسمت کم می‌شود.

رج پس‌نشین: پس از پایان گلویی‌سازی با رعایت پس‌نشین رجی به نام لانصب می‌گردد و آجرهای این رج از یک طرف به صورت پخ کامل تراشیده شده و نصب می‌شود. پخ کردن آجر

جهت نشست و درگیری طاق می‌باشد چنانچه به جای آجر پخ از آجر قفلی استفاده شود، نشست و درگیری طاق با اطمینان در گلویی نگهداری می‌شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۹٤)

فصل ششم

٦-١. منار ها

مناره ها بناهایی هستند در قالب رج بلند و باریک که معمولاً در کنار مساجد و بقاع متبرکه برای گفتن اذان ساخته می شوند. در گذشته مناره ها نقش میل راهنما در کنار جاده ها و ابتدای شهرها و در کنار مساجد، کاروان سراها، مدارس و دارالضیافه ها، (مهمان پذیر) را ایفا می کردند. این بناها به دلیل روشن کردن چراغ و یا آتش بر فراز آن ها برای راهنمایی مسافرانی که شب هنگام از راه های دور به اطراف شهر می آمدند به «مناره» یا محل نور معروف شدند و برخی از منابع به آن میل هم گفته اند. کلمه منار یا مناره به معنی جای نور و نار (آتش) است و در فرهنگ لغت نیز به همین معنی آمده است. پلکان های مناره از داخل به صورت مارپیچ و هرچه به طرف راس منار پیش می رود پهنای پله ها کمتر و باریک تر می شود. از آثار و علایم مناره های قبل از اسلام که تعداد کمی از آن ها بر جای مانده اند. معلوم می شود که مناره ها با هدف کاربردی علایم راهنمایی در دوران قبل از اسلام ساخته می شده اند. قدیم ترین منار یا برج راهنمای موجود در ایران، میل اژدها مربوط به دوره اشکانی ست که در غرب نور آباد ممسنی قرار دارد این میل ۷ متر بلندی دارد و مصالح آن از سنگ های سفید با تراش منظم است، پلکان های میل اژدها از داخل است و در بالای آن آتشدان سنگی وجود دارد. از دوره ساسانی نیز، مناری با خصوصیاتی متفائت با منار دوره اشکانی موجود است که در شهر باستانی فیروز آباد واقه در فارس به صورت توده بزرگی از سنگ و گچ قرار دارد. این منار چهار ضلعی بوده است و پلکان آن خارج از منار و بر بدنه بیرونی آن احداث شده بود. ارتفاع منار در اصل ۳۳ متر بوده و ابعاد آن در پای منار حدود ۱۱ متر است و هر قدر به طرف بالا می رود از پهنای آن کاسته می شود. ویرانه های این منار هنوز هم دارای عظمت و بزرگی یک بنای حجیم است.

در دوره اسلامی ساختن مناره ها در کنار مساجد و یا مقبره متداول شد اما اولین مناره را متعلق به قرن سوم هجری می دانند که در شهرستان قم واقع است. این مناره آجری علاوه بر عملکرد شاخص شهری احتمالاً به عنوان میل راهنما هم کاربرد‌داشته و در بالای آن اذان نیز گفته می شد. این مناره مدوذ و راه پله آن از درون است. قسمت های زیادی از این مناره فرو ریخته و چندین بار تعمیر شده است. از مناره های قدیمی دیگر، منار تاریخانه دامغان است که از خشت و گل با پایه چهار ضلعی بوده که تخریب شده است و مجدداً منار جدیدتری به جای آن ساخته شده است.

دیگر مناره های قدیمی، منار مسجد جور جیر اصفهان است که از خشت ساخته شده بود و مورخانی که از اصفهان بازدید کرده اند در مورد آن شرح داده اند.

منار خشتی مسجد جامع فهرج در یزد (قرن سوم هجری) مناری ست الحاقی که بعدها به مسجد اضافه شده است، این منار نیز از منارهای قدیمی ایران است. یکی دیگر از قدیم ترین منارهای آجری ایران مربوط به قرن چهارم هجری مناره ایاز یا ارسلان جاذب [1] واقه در ۳۶ کیلومتری شهر مشهد است. این منار شاید تنها اثر معماری دوره غزنوی در خاک ایران باشد که اکنون به صورت منفرد دیده می شود و قبلاً به بنایی دیگر تکیه داشته است .

در ایران تعداد زیادی مناره وجود دشته است که سیاحان و مورخان از آن ها یاد کرده اند ولی به مرور ایام تخریب و منهدم شده اند و امروزه اثری از آن ها نیست.

مناره ها ابتدا منفرد بودند و مصالح آنها از خشت بود و بعدها با آجر همراه با تزیینات آجری و کتیبه ساخته شد. منار مسجد علی در اصفهان و منار تاریخانه بعداً به اصل بنا اضافه شده است . در همین زمان منارهای زوجی به ویژه در دو طرف ایوان های گنبددار متداول گردید که در این حالت به آن، گلدسته نیز گفته می شود.

---

[1] - ایاز غلام محمود غزنوي ست که سلطان به او بسیار علاقه مند بوده است و ارسلان جاذب حکمران طوس در دوره غزنوي بوده است.

قدیم ترین مناره های دوره سلجوقی که دارای تاریخ هستن عبارت اند از: منار مسجد ساوه که تاریخ ٤٥٣ هجری در پایان کتیبه آجری زیبای بدنه منار ذکر شده است . و پس از آن منار مسجد پامنار زواره به تاریخ ٤٦١ هجری و منار مسجد جامع کاشان مورخ ٤٦٦ هجری و منارهای دیگر که تاریخ ساخت آن ها پس از تاریخ های ذکر شده می باشد.

زیباترین مناره های زوجی ایران در زمان صفویه احداث شدند که نمونه های زیبای آن مناره های مسجد امام خمینی (مسجد شاه اصفهان) و مناره های مدرسه چهار باغ (مادرشاه) در چهار باغ اصفهان است. منار سازی در ایران از دوره قاجاریه رو به سقوط و افول نهاد هم چنان که اکثر بناهای سنتی ایران از دوره قاجاریه به بعد شکل های سنتی خود را از دست دادند. (میردانش، ١٣٨١، ص ١٢٢)

منارها به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند:

١ -میل یا منارهای راهنما که پیشتر شرح آن ارائه شد.

٢ -منارها یا گلدسته هایی که برای گفتن اذان و خبر رسانی کابرد داشته و دارند. از این رو، در دوران اسلامی نام « مأذنه» نیز به خود گرفتند که قبل از وجود بلندگو بر بالای آن ها اذان می گفتند.

شکل مأذنه ها متفاوت است اما در ایران تقریباً تمامی گلدسته ها یا مأذنه ها شبیه هم هستند، بدنه یا ساق همه آنها در ایران مدور است و در کشورهای عربی بیشتر از طرح های چهار ضلعی، شش و هشت ضلعی استفاده کرده اند. بدنه مأذنه ها در این کشورها باریکتر از مأذنه های ایران است.

هر گلدسته یا مأذنه شامل قسمتهای زیر است:

١ -پایه ٢- بدنه یا ساقه ٣- محل گفتن اذان (مؤذنه) ٤- تاج یا کلاه

تا قبل از صفویه مصالح بیشتر گلدسته ها از آجر بود لکن از این دوره ساقه گلدسته ها یکپارچه از جنس کاشی فیروزه ای که در متن آن حروف معقلی [1] (حروف بنایی) زرد رنگ با اسامی مختلف پروردگارو پیامبر اسلام(ص) و حضرت علی (ع) به صورت های گوناگون پدیدار گشته است. (میردانش، ۱۳۸۱، ص ۱۲٤)

٦-۲. برج ها

میلها و مناره های راهنما در کنار راههای ایران، به ویژه در دل کویر و در میان انبوه درختان جنگلی ساختمانهای بلندی را میبینیم که از فرسنگها دورتر دیده می شود.

این گونه ساختمانها پنانکه از نامشان پیداست نخست برای راهنمایی رهگذران راه ساخته شده هر چند که امروزه بیشتر آنها آرامگاه شده است.

در مورد مناره های راهنما نیز چنین است، مثلاً مناره کج کاشان یا منار نزدیک آرامگاه ارسلان جاذب در بست خراسان بی آنکه پیوندی با مسجد یا بنای مذهبی دیگری داشته باشد در جایی برپا شده که راههای چند بدانجا می رسیده و یا از کنار آنها می گذشته است.

منار پیش از اینکه با منطق ریاضی درست در جای خود یعنی بر دوش درگاهها و تکیه های مسجد بنشیند و در برابر رانش طاق پاسنگ باشد در کنار ساخمانهای مذهبی هم به منظور راهنمایی و بصورت نشان مسجد ساخته می شده و بیشتر بجای مأذنه و گلدسته بکار می رفته است. مناره دارالضیافه درست نشان دهنده و راهنمای مهمانخانه ای بوده است که درویشان و غریبان را به مهمانی شام و ناهار خوانده است و منار مسجد ساوه (که بدلایل گوناگون فنی و به گواهی طاقها و

[1] - حروف معقلي حروفي هستند كه به صورت هندسي و ابعاد شكسته نوشته مي شوند.

رواقها و طرح خاص خود نخست بنایی غیر مذهبی بود) گویا ساوه یا احتمالاً با جگاه را نشان می داده است.(پیرنیا،۱۳۸۷،ص۲۶۳)

در بعضی میلها که هیچگونه شکی در راهنما بودن آنها نیست مانند میل نادری در سراسر ایران نظایر بسیاری داشته و بر خلاف آنچه معروف است، این میل را نادر شاه افشار نساخته، بلکه آنرا تعمیر کرده است[1].

سبک معماری میل نادری کاملاً رازی است و همان سبک شکوهمند و زیبایی است که روزگار بوییان و سلجوقیان و اتابکان معمول بوده و تعمیرات نادر نیز بخوبی مشخص است و با توجه به تهرنگ و ویرانه های پیرامون میل، گمان می رود که در تعمیر از مصالح ساختمانهای دیگر استفاده شده و حمل آجر بوسیله خورجینهاییکه بر گرده گوسفندان بار کرده بودند افسانه بنظر می آید.[2]

بر فراز برخی از میلها و مناره ها در شب و روزهای مه آلود و طوفانی و تاریک، مانند برجهای دریایی آتش نیز می افروختند و آثار آتش در میلهای اخنجان و رادکان در جای مناسب یعنی میان دو گنبد موید این نظر است و برج نورآباد ممسنی فارس (که آن نیز در کنار شاهراه فارس بوده) با فروغ خود رهگذران را راهنمایی می کرده است. و هنوز که هنوز است روشنی آن فراموش نشده تا آنجا که نام خود را به آبادی نورآباد داداه است.

اگر کسی یکی دوبار از دشتهای پهناور ایران و به ویژه از کوره راه یزد به طبس گذشته باشد با دیدن تپه های بزرگ ریگ روان که هر روز جای خود را عوض می کند در می یابد که وجود میل در کناره جاده حتی از رباط و کاروانسرا هم لازمتر بوده است.

---

[1] - سخنراني آقاي دكتر مستوفي درباره كوير.

[2] - افسانه است كه نادر شاه چون رهسپار هندوستان شد فرمود تا براي گوسفندان خورجين هاي كوچكي بسازند و در هر خورجيني دو قالب آجر بگذارند مردو از اين كار در شگف شدند و سپس دانستند كه اين آجرها براي ساختمان ميل حمل شده است.

در جنگلها نیز بزودی رهگذر راه خود را گم می کند. تاریکی و انبوه درختان مانع از آن است که مسافر موقعیت خود را درک کند و راهی را که مقصود اوست بیابد. همین امروز هم، تنها نشان و راهنما در جنگلهای شمال شرقی ایران برج رادکان کرد کوی است که در جای مناسبی بر روی تپه بنا شده است و رهگذر را از راه دور بسوی خود راه می نماید.

در محور جاده گرگان (گنبد قابوس کنونی) بر روی تپه ای برجی است که امروز بنام آق امام معروف است. موقعیت این برج و بسیاری از برجهای مانند آن که همه نام امامزاده دارند می نماید که نخست به منظور راهنمایی ساخته شده و هیچ بعید نیست که بعداً به آرامگاهی بزرگ تبدیل شده باشد. چنانکه مقبره آل رسول (یکی از همین برجها) اصولاً معماری پارتی دارد و پیش از اسلام یا در آغاز اسلام ساخته شده و پس از آنکه بصورت مقبره هم درآمده خوشبختانه در معماری آن دخل و تصرفی نشده است.

گاهی پیش آمد خوب یا بد (مانند جنگ و صلح و مانند ان) سبب می شده که موقعیت خاصی به بعضی از میلها داده و آنرا از صورت یک راهنمای ساده بیرون آورد مانند قدمگاه نیشابور که به مناسبت گذشتن امام هشتم(ع) از آنجا و گرد آمدن دوستداران خاندان پیامبر(ص) در پیرامون آن بصورت مکان مقدس و بنای یادبود درآمده و رباط ها وساباط های چندی گرداگرد آن ساخته شده و گرنه بقعه اصلی با معماری ویژه ای که دارد تنها یک میل راهنماست و با برجهای همانند خود (به ویژه در خراسان) مانند برج رادکان خراسان و میل اخنجان و میل کشمار (یا کاشمر) هم طرح می باشد.

پیرامون میلها هرجا که مناسب بوده، رباطها و ساباط ها و آب انبارهایی نیز می ساخته اند و گاهی میل خود نشانی از وجود چنین تاسیساتی بوده که برای آسایش مسافران ساخته می شده چنانکه

سنگ بست خود رباط بزرگ و آبادی بوده و ساختمان میل و آرامگاه ارسلان جاذب نزدیک آن بوده است.

اختصاص قسمتی از رباط ها و یا اصل بنای میل به آرامگاه در ایران موارد بسیاری دارد، مانند آرامگاهی که در رباط شرف سرخس هست و معلوم است که مدتها پس از ساختمان رباط یکی از حجرات آنرا با دخل و تصرف به آرامگاهی تبدیل کرده اند و اغلب بانیان میل علاوه بر اقدام بر این کار نیک، می سپردند که پس از درگذشت، در میان همان بقعه ای که ساخته اند به خاک سپرده شوند. چنانکه میلهای رسکت ولا جیم (که از نامشان پیداست با راه پیوندی دارند) آرامگاه نیز هستند.

در میان نام میلها بیش از همه بنام رادکان برمی خوریم که دو تا از معروفترین آنها یکی در خراسان و دیگری در گرگان هنوز بپای هستند و جزء آثار بسیار زیبای معماری رازی (سبک معمول زمان دیلمیان و سلجوقیان و پیش از حمله مغول) بشمار می روند.

راد و رد در پهلوی به معنای نظم و ترتیب و رده آمده، رادکان درست در جاده ها همان کار را می کند که از نامش بر می آید. شاخصی است که مسافر را راهنمایی می کند و به راه پیمایی او نظم و ترتیب می دهد هر چند که این واژه را با راه همبستگی بسیار دارد و در بعضی از کتب مسالک بصورت رایگان هم آوردهشده است با وجود این برجها در دشتها و جنگلهایی که بیشتر جایگاه پرورش اسب بوده و منطقه نسا، بخاطر داشتن اسبهای خوش اندام و نیرومند نامبردار شده است، این گمان را پیش می اورد که شاید با واژه دتیک و ریذک (کره اسب) نیز بی ارتباط نباشد و ممکن است رادکانها، گذشته از راهنمایی، جایگاه دیدبانی ستور سالاران نیز باشند.

وجود تعداد بی شماری از آرامگاهها، درست در کنار شاهراهها و بر فراز تپه هاییکه بخوبی از دور نمایان هستند و همچنین قِبلی نبودن جهت بیشتر انها خود نشان دهنده این است که اگر روزگاری

این بناها به آرامگاه اختصاص یافته و یا بانی در آنها بخاک سپرده شده در آغاز به منظور راهنمایی رهگذران ساخته شده اند.

راههای پر پیچ و خم کوهستانی و جادههاییکه از میان ریگزارهای روان و دشتهای فراخ و پر نشیب و فراز و جنگلهای انبوه و تاریک می گذردبنای تعداد بیشماری میل را اجتناب ناپذیر می کرده است هرچند که در بعضی از آنها علاوه بر خاصیت اصلی در موارد دیگر هم مورد استفاده قرار گرفته باشند.

در آثار پیش از اسلام نیز به تعداد زیادی چهار طاق یا کپه بر می خوریم که در کنار آبادیها و بیشتر بر فراز تپه های مجاور بنا شده اند. به تازگی معلوم شده است که تا چهار طاق کهنه ای را رد جایی دور افتاده می بینند بی آنکه دودلی به خود راه دهند نام آتشکده بر آن می گذارند در صورتی که موقعیت اغلب آنها و همچنین طرح و نقشه آنها خود نشان می دهند که آتشکده نبوده اند.

اگر به نقشه یکی از شهرهای کهن کثلاً شهر یزد بنگریم چند کپه چهار طاق را می بینیم که اکنون بنام های گوناگون مانند امامزاده و مصلی و هشتی و مانند آن خوانده می شوند ولی ردیف آنها درست مسیر راههای کهن را نشان می دهند.

۱- در آبشور یزد و در کنار خیابان قیام (در امتداد شمالی آن) بقعه ایست که اینک بنام سید فتح معروف است و ضریح و قبر دارد و امروزه مسلماً مقبره است ولی به هیچ وجه مواجه با قبله نیست.

۲- در پشت تکیه مسجد جامع کبیر کریاس و چهار طاقی است (که اگرچه چهار گوش است بدان هشتی می گویند). این چهار طاق که نسبت به قبله انحراف کلی دارد به شهادت تاریخ یزد جعفری گنبدی قدیمی بوده است (بین المسجدین- میان مسجد گرشاسب که اکنون ویران شده و مسجد سیدرکن الدین یعنی گنبدخانه و پیش طاق بزرگ گنبدی قدیم بود در پیش آن درگاهی ساخت ...).

۳- در مدخل باغ دولت آباد (دری که به رودخانه باز می شد) چهار طاقی است که با روی باغ را بدان بسته اند ولی از جهت رفع اضلاع آن بخوبی پیداست که ربطی به سایر مستحدثات باغ ندارد. ردیف این سه گنبد امتداد راه فارس- خراسان را نشان می دهد و جای چند آتشکده را در این شهر که تا آغاز سده پنجم قصبه ای بیش نبوده [۱] می شناسیم، یکی در کنار مسجد جامع کبیر (که طاقی نیز از آن مانده است) و در شمال مسجد گرشاسب (شبستان ویرانی که در کنار تکیه هست) و نزدیک چهار طاقی که فعلاً در پشت تکیه قرار گرفته و کریاس مسجد است.

(نام محله تل خاکستر که به پیرامون جامع کبیر اطلاق می شد وجود یک آتشکده معتبر را دراین مکان تایید می کند) و دیگری در مصلای جدید که در کتیبه مصلی هم به «هذا المعبد» معرفی شده است. .(پیرنیا،۱۳۸۷،ص۲٦۷)

معمولاً در پیش آتشکده ها و بغستانهای دیگر محلی برای شستشو تعبیه می شده که زایران پیش از در آمدن به مکان مقدس خود را بشویند و جامه سفید و پاکیزه دربر کنند .

در پای چهار طاق مصلای یزد هنوز پادیاو بزرگی هست و در پیش آتشکده تل خاکستر نیز آثار پادیاو به چشم می خورد.

ضمناً بد نیست بدانیم که بقعه های آرامگاهی کپه (بر وزن همه و بایای یک نقطه) می گفتند (تاریخ مستوفی بافقی) که به معنای جای کپیدن (بر زمین پهن شدن به اصطلاح نعش شد) می باشد. و چهار طاقهای دیگر را در یزد گمبه (گنبه) یا کلمبوک (کلمبه) می گویند.

بسیاری از امامزاده ها را می بینیم که اصولاً بر ای آرامگاه مسلمانان ساخته نشده اند و با قبله به هیچ وجه مواجه نیستند و گاهی انحراف ضریح نسبت به اضلاع آنها نزدیک یک نیم قائمه است و همین چند مسجد معروف مانند مسجد گناباد و نی ریز و یزد خواست و شهرستانک و بید آخوند

[۱] شهر معروف ناحیه یزد از اصطخر خوره بوده و قصبه یزد در آغاز سده پنجم بدست فرزندان ابوجعفر کاکویه آباد شده- تاریخ جعفري.

که محراب آنها کاملاً مایل در دیوار مواجه قبله تعیین شده و با کمال وضوح پیداست که اینگونه بناها در اصل اسلامی نبوده اند و ایرانیان پس از مسلمانی معبدها و مکانهای مقدس خود را با جزیی تغییر و تعمیر و یا بازپیرایی بصورت مسجد و آرامگاه بزرگان دین و مقدسان درآورده اند.

دسکره ما سپدان در ایلام را به آرامگاه محمد مهدی خلیفه عباسی اختصاص دادند و هارون الرشید را دربقعه باغ سناباد بخاک سپردند (ولی نه موازی با اضلاع آن و ناچار رو به قبله) و سپس برای استوار کردن موقعیت بقعه آنرا به بارگاه پیشوای هشتم شیعیان تبدیل کردند که به اتکاء ارادت ایرانیان به خاندان پاک پیامبر همیشه آراسته و برپای بماند و اگر ویرانی کاردانی چون سبکتکین و ترکان غز و مانند انها آنهمه گستاخی داشتند که گنبد آنرا فرو ریزند فرزندان ایشان ناچار شدند بار دیگر بارگاه را آراسته تر بازپیرایی کنند و چنین است چند بقعه معروف دیگر چون آستانه سها ابن علی در اراک و بسیاری از بقاع نزدیک کاشان و یزد و کرمان و خراسان و آذربایجان و دیگر استانهای ایران که در اینجا محل ذکر همه آنها نیست. کوشش می شود تنها از بناهایی یاد شود که به گمان ما و به گواهی طرح و موقعیت خود با راه و راهداری پیوندی داشته اند.

ساوه که یکی از سردخانه ها و منزلگاهها ی نامدار شاهراه خراسان میان همدان و ری بوده و ار لحاظ راهداری موقعیت خاصی داشته است و گویا باجگاه و گمرکخانه بوده، می گویند نام آن نیز از ساو (باژ) گرفته شده.

طرح مسجد بزرگ این شهر تا حد زیادی این مطلب را تایید می کند و اقای سیرو گردآورنده کتاب کاروانسراهای ایران شرح کافی در این مورد داده است. از این که بگذریم وجود چند برج آرامگاهی که درست در امتداد جاده قدیم همدان- ری قرار گرفته (و ردیف آنها مسیر راه را نشان می دهد) بیننده را به این اندیشه می اندازد که آرامگاههای همانند آنها، در کنار جاده کرانه دریای

خزر و راههای کویری است که استانهای پیرامون کویر را به هم می پیوسته و نیز روزگاری میل راهنما بوده اند.

نزدیک ساوه (و امروز پیوسته به شهر) امامزاده اسحق قرار گرفته که ساختمان آن مربوط به چند دوره و به چند سبک معماری است و شالوده آن به معماری پارتی (سبک معمول زمان اشکانیان و ساسانیان) بیشتر می ماند.

درست در مسیر و نزدیک آوه یک برج دیگر بر فراز تپه ای ساخته شده که از لحاظ طرح و نقشه مانند آن است که از روی امامزاده اسحق گرده برداری شده است و همچنین اگر راه قدیم را به سوی همدان دنبال کنیم نظیر این برجها را باز خواهیم دید.

در کنار جاده ری- آمل (تقریباً جاده هراز امروز) بسیاری از این گونه میلها را می بینیم که بیشتر آنها مسلماً برای آرامگاه ساخته نشده است و نسبت به قبله انحراف کلی دارد. به همچنین از لاهیجان تا گرگان (گنبد قابوس) در کنار شاهراه کرانه، مرتباً برجها و میلهایی را می بینیم که امروز همه آنها به امامزاده معروفند و هویت هیچ یک از آنان (بجز یحیی ابن زید) دقیقاً معلوم نیست هر چند که ممکن است در هریک از آنها یکی از سادات حسنس آسوده باشند.

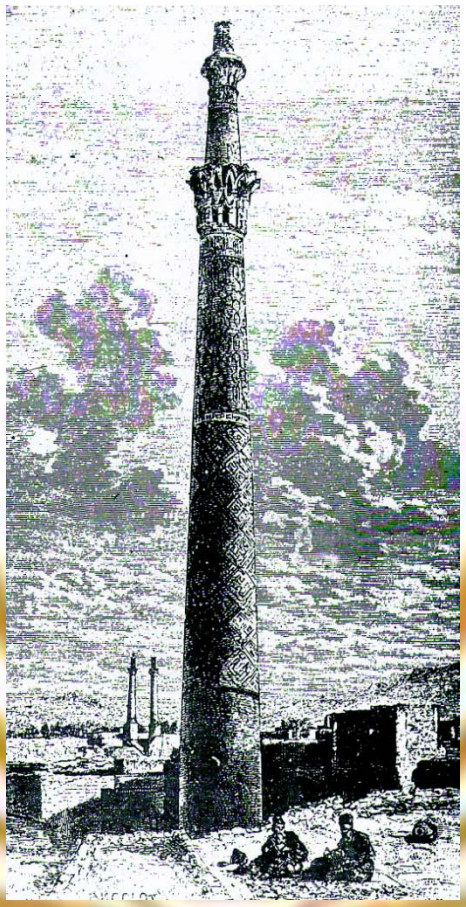
در میان این برجها امامزاده هاشم رشت (که بعداً تغییر کلی یافته و بناهایی اخیراً بر آن افزوده شده) درست در جایی است که باید میل راهنما باشد. برفراز تپه در کنار پیچ جاده و در جایکه مسیر راه عوض می شود.

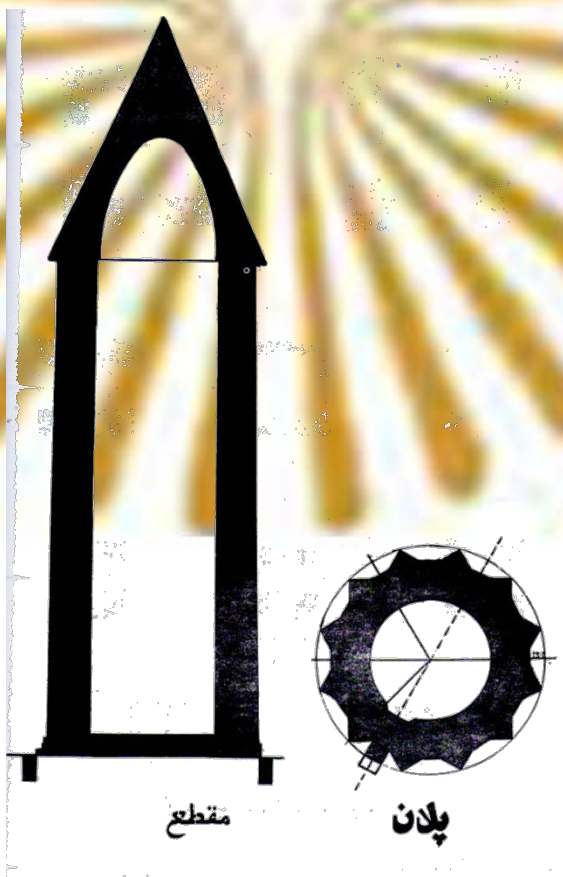
درجاییدیگر درباره میلهای دریایی سخن رفت و برجهایی را که بنام خشابه و خشبات معروف بوده (و گمان کرده اند از خشب تازی به معنای چوب گرفته شده با اینکه هر دو واژه گویشهای ایرانی و به معنای مانورد دهنده و گنبد و بنای رخشنده است) نظیر این برجها چه در کنار پارگین ها

(پارچین) و دریاچه های درون نجد ایران نیز هست و از آن جمله برج پارچین ورامین است که روزگاری در کنار پارگین متصل به دریاچه ساوه برپای شده است.

در پایان ناگریز به یاد آوری است که راهنما بودن برخی از این میلها در آغاز مانع از این نیست که امامزاده و آرامگاه نیز باشد. چون در طول تاریخ مورد استفاده بسیاری از بناها به مقتضای زمان تغییر می کند چنانکه در مورد مسجد نی ریز و گناباد و بنای اصلی مسجد جامع اصفهان و مسجد ساوه و بارگاه حضرت رضا(ع) چنین شده است و مدرک تاریخی نیست، بلکه در میان بناهای اسلامی و حتی آنها که برای آرامگاه شخص معروفی ساخته شده نیز به چشم می خورد.

یکی از برجهای خرقان قزوین (در حصار ارمنی) پیش از آنکه شناخته شود به امامزاده بی بی زبیده و آن دگر بنام امامزاده دیگر یمعروف بود و ضریح و شجره نامه و کتیبه نیز داشت (که هنوز در محل محفوظ است) ولی پس از اینکه آقای استروناخ رئیس موسسه ایرانشناسی بریتانیا آنها را بازشناخت و معرفی کرد معلوم شد که نخست آرامگاه دو تن از امیران سلجوقی بوده و در نیمه دوم سده پنجم بدست معماران زنجانی ساخته شده است. (یکی از آنها تکین ابن صدقه است و دیگری فرزند وی السیزین تکین که الشرین تکین خوانده اند). .(پیرنیا،۱۳۸۷،ص ۲۷۰)




مقطع
پلان

فصل هفتم

۷-۱. واحد های صنعتی تاریخی

پیدایش ساختمانهای آجری در ایران را می‌توان از ۱۲۵۰ سال قبل از میلاد در بنای چغازنبیل دانست، علاوه بر اسکلت‌سازی این بنای آجری درسردابهای این معبد وجود آجر در دیوارسازی و طاقهای سهمی که به عرض دهنه ٤ مترو ارتفاع نزدیک به سه متر و هشتاد سانتیمتر و در عمق ده متر کاربرد داشته که تا به امروز به یادگار مانده است. مجموعه بنای طاق کسرا تلفیقی از آجر و خشت و سنگ بوده است. این بنا به دستور یکی از خلفای عباسی جهت استفاده پاره‌ای از مصاح آن تخریب شده که فقط طاق کسرا و طاق نماسازیهای آن که از خشت و یا گل بوده باقی مانده و حتی سنگ و آجرنمای اصل این بنا را از آن برداشته‌اند. به طور خلاصه آجر یکی از مصالح اصلی بنای عظیم تیسفون بوده است.

در سدها و پلها که در دوران ساسانیان ساخته شده، از آجر نهایت استفاده برده شده و قوسهای مدور باربر با آجرهای مقاوم پوشش شده است که تعدادی از آنها هنوز مورد استفاده می‌باشد. در بناهای دوران اسلامی مانند مسجد جامع اصفهان-که گفته می‌شود قسمتهایی از آن متعلق به قبل از اسلام بوده- در شکل طاق پوششهای مقاوم آجری همراه با اسکلت‌سازی بنا و ستونهای باربر و پی‌سازی آجری به وجود آمده است. بدیهی است در زمانهای مختلف در این مجموعه باستانی فضاهایی در اشکال زیبای معماری سنتی ساخته شده است.

در دوره سلجوقیان بناها با اسکلت‌سازی و پوششهای آجری و نماها با گلچینهای آجری به شکلهای مختلف پدید آمده و بالاخره در دورانهای بعد ساختمانهای آجری طاق‌پوش رفیع در فرم دورهای تیز، پوشش شده، تا در دوران صفویه ساختمانهای آجری با ایوان‌سازی و پوششهای تیز و کلیل و کلایه تحول بزرگی در بناهای آجری به وجود آورده است. وجود آن آثار در معماری

دورانهای بعدی اثر عمیق داشته تا جاییکه معماری سنتی دوران اخیر نیز تحت‌الشعلاع معماری آن زمان قرار گرفته است.

به طور کلی در این بحث از ذکر پوششهای وسیع شبستان مساجد و پوششهای کاسه‌ای در بناهای دیگر که دارای گستردگی بسیار می‌باشد می‌گذریم و به ذکر بناهای طاقی مسکونی و نحوهٔ ساخت آنها می‌پردازیم. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص۱۷۵-۱۷٦)

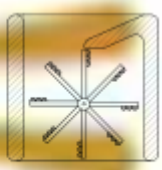
۷-۱-۱. آسیاب های آبی و بادی

آسیاب آبی

آسیاب آبی یا آسیا اووی دستگاهی بوده است که برای خورد کردن گندم و سایر غلات و برای درست کردن آرد وجود داشته است و با استفاده از تکنیک سرعت آب و یا فشار آب کار می کرده است در ایران تقریبا در هر شهری در قدیم آسیاب آبی وجود داشته امروز تقریبا چند مورد انگشت شمار هنوز کار می کنند آسیاب کاخک - بجنورد-آسیاب یزد و آسیاب‌آبی اشکذر -[۱]و آسیابهای آبی بسیار قدیمی مانند آسیاب آبیزید در پروژه های شهر سازی نابود شده اند ... ساعت آبی و آسیاب آبی آسیاب بادی در ایران از قدمت تاریخی کهنی برخوردار است اما تحقیق مستقلی در این موضوع نشده است.بعضی اعتقاد دارند آسیاب بادی نخستین بار در ایران بکار گرفته شده است امروزه هنوز بقایای چندین آسیاب بادی در شهر کوچک نشتیفان خواف خراسان وجود دارد و تا چند سال قبل از انقلاب فعال بود. اگرچه کتاب اصطخری که در آن اشاره به ساخت آسیاب بادی شده‌است مربوط به پیش از سال سال ۳۳۰ هجری خورشیدی (۳٤۰ هجری قمری) بوده‌است، ولی در یکی از کتاب‌های مسعودی که چند سال بعد نوشته‌شده است، به داستانی اشاره می‌شود که در

آن یک ایرانی به نزد خلیفهٔ دوم، عمر،(سال ۱۳ هجری خورشیدی و قمری، سدهٔ هفتم میلادی) ادعا می‌کند که می‌تواند یک آسیاب بادی بسازد، و عمر نیز برای ثابت شدن این ادعا از او می‌خواهد تا این کار را انجام دهد، و او نیز موفق می‌شود. [۱] watermills in Iran.[۲] . اشاره تاریخ نویسان به داستان کشته شدن یزدگرد ساسانی بدست آسیابان و اشاره به کشتار ایرانیان یک بار در الیس به فرماندهی خالد پسر ولید و یک بار در زمان امویان در گرگان به فرماندهی یزید بن مهلب از روایتهایی است که در آنها به آسیاب آبی و بادی آشاره شده است.[۳]

آسیاب بادی



آسیابِ بادی یا **آسیای بادی** گونه‌ای آسیاب است که نیروی جنبشی آن از راه باد فراهم می‌گردد.

پیشینه آسیابهای بادی را به ۱۳۰۰ سال پیش گمانه می‌زنند. نخستین آسیابهای بادی دارای پره‌های عمودی بودند و برپایه گزارشها نزدیک به سده هفتم میلادی در سیستان ایران و همچنین در دهستان باستانی نشتیفان خواف ساخته شده بودند. آنها میان شش تا دوازده پره داشتند که پره‌هایشان با پارچه یا برگ درخت خرما پوشانده شده بودند. کاربرد آنها آسیاب کردن دانه‌های خوراکی و یا آبکشی بوده‌است. نمونه دیگری از آسیابهای عمودی در سده ۱۳ (میلادی) در چین

ساخته شد. ساعت آبی و آسیاب آبی –آسیاب بادی در ایران از قدمت تاریخی کهنی برخوردار است اما تحقیق مستقلی در این موضوع نشده‌است.بعضی اعتقاد دارند آسیاب بادی نخستین بار در ایران بکار گرفته شده‌است امروزه هنوز بقایای چندین آسیاب بادی در شهر کوچک نشتیفان خواف خراسان وجود دارد و تا چند سال قبل از انقلاب فعال بود. watermills .[۱] .

اگرچه کتاب اصطخری که در آن اشاره به ساخت آسیاب بادی شده‌است مربوط به پیش از سال سال ۳۳۰ هجری خورشیدی (۳٤۰ هجری قمری) بوده‌است، ولی در یکی از کتاب‌های مسعودی که چند سال بعد نوشته‌شده‌است، به داستانی اشاره می‌شود که در آن یک ایرانی به نزد خلیفه دوم، عمر،(سال ۱۳ هجری خورشیدی و قمری، سده هفتم میلادی) ادعا می‌کند که می‌تواند یک آسیاب بادی بسازد، و عمر نیز برای ثابت شدن این ادعا از او می‌خواهد تا این کار را انجام دهد، و او نیز موفق می‌شود.[۲] اشاره تاریخ نویسان به داستان کشته شدن یزدگرد ساسانی بدست آسیابان و اشاره به کشتار ایرانیان یک بار در الیس به فرماندهی خالد پسر ولید و یک بار در زمان امویان در گرگان به فرماندهی یزید بن مهلب از روایتهایی است که در آنها به آسیاب آبی و بادی آشاره شده‌است.[۳](www.*wikipedia.org*.)

در نواحی «خواف» و «باخرز» از استان خراسان و همچنین قسمتهایی از سیستان براثر وزش بادهای شدید و مداوم آسیابهای بادی ساخته شده که وزش باد به پره و چرخهای چوبی دستگاههای آن برخورد کرده و آسیاب را با قدرت به حرکت درمی‌آورد که امروزه نیز با وجود آسیابهای مکانیکی و برقی از انواع بادی نیز استفاده فراوان می‌گردد.

در مواردی دیوار آسیابهای بادی در جوار یکدیگر و به شکل مرتفع ساخته می‌شود. بناهای مسکونی در پناه آنها ساخته می‌شود تا از شدت باد کاسته شود. (زمرشیدی، ۱۳۸۰، ص ٦۲–٦۳)

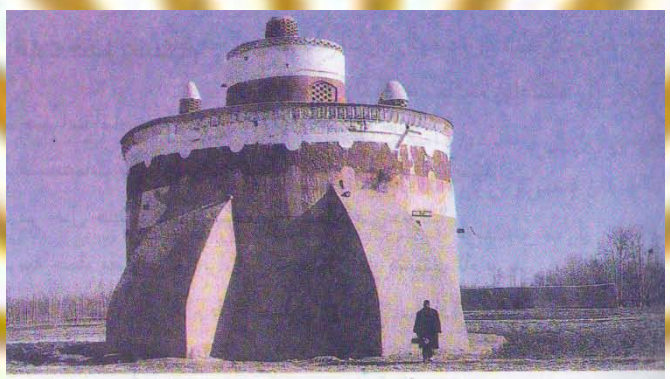
بادگیر چندوجهی: در شهرستان یزد و توابع و اطراف آن و همچنین قسمتهای مرکزی و غربی ایران علاوه بر ساختن بادگیرهای چهارطرفه بادگیرهای چندوجهی و حتی مدور نیز معمول است. هدف از ساختن این گونه بادگیرها وجود بادهای مطلوب می‌باشد که از هر طرف وزش داشته و تیغه‌های کانال می‌تواند از هر جهت باد را گرفته به داخل کانال هدایت کند. مسیر کانال با اطاقهای سه و یا پنج درس و همچنین ناحیه زیر آن به سردابها رسیده و باعث خنک شدن فضاها می‌گردد. در مواردی کانالها در محل اطاق و یا سرداب به دو شاخه تقسیم شده و دو فضای مجاور یکدیگر را خنک می‌کند.

۷-۱-۲. برج کبوتر

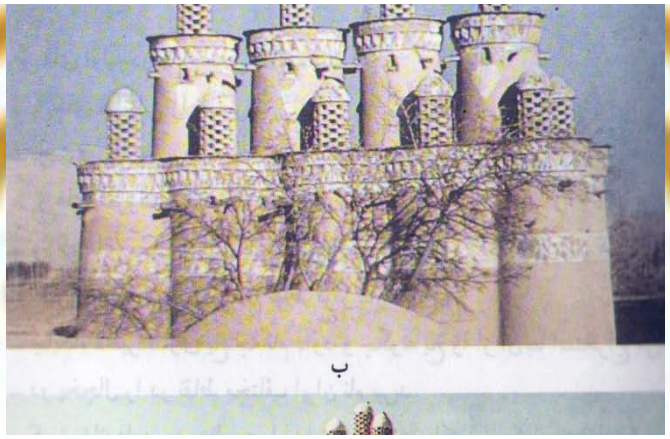
کبوتر خانه ها یا برج های کبوتر خان

این بناها در حاشیه زاینده رود و در میان باغ ها و مزارع ساخته می شدند و وجود تعدادی از آن ها را در منطقه گلپایگان و مرزهای افغانستان نیز ذکر کرده اند، به طوری که بعضی از سیاحان تعداد آن ها را سه هزار بنا نوشته اند، ولی اکنون تعداد بسیار کمی از آن ها باقی مانده است. هدف از ایجاد این بناها، جمع آوری فضولات کبوترهای وحشی ست که در این کبوتر خانه ها لانه سازی می کردند و کشاورزان از کود فضولات آن ها برای رشد و غنی سازی خاک کشاورزی استفاده می کردند و به طور کلی چون کبوترهای وحشی در اطراف گنبدها و مناره ها و در صحن حیاط مقابر و امامزاده ها زندگی می کنند مردم خوردن گوشت آنها را جایز نمی دانستندو کبوتر خانه ها معماری جالبی دارند که اگر کسی با معماری ایران آشنایی نداشته باشد تشخیص عملکرد این کبوتر خانه ها برای او مشکل خواهد بود . در داخل بنا شبکه ای آجری و یا خشتی است که به صورت پیش و پس نشسته است و جایگاه مناسبی برای لانه کردن کبوترها ی وحشی است که هنوز هم کبوترها از این لانه استفاده می کنند. نمای بیرون کبوتر خانه را معمولاً با عوامل مختلف

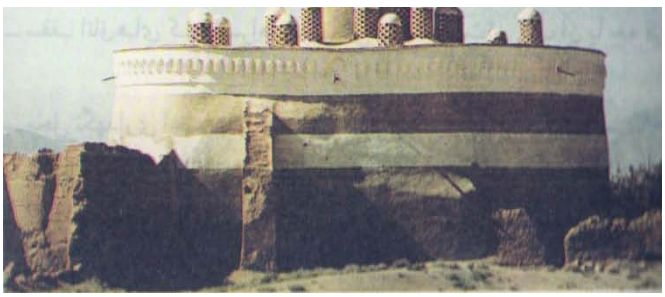
تزیینی می آراستند و برای ادامه حیات و بقای کبوترها به آن ها آب و دانه می دادند هر چند که این کبوترها از آب فراوان زاینده رود و از مزارع و علفزارهای اطراف آن به خوبی استفاده می کردند. (میردانش، ۱۳۸۱، ص ۹۶)



الف ــ یکی از کبوترخانه‌های اصفهان



ب



۷-۱-۳. آب انبارها

آب انبار (امبار) در سراسر راههای ایران و در شهرهای این سرزمین به تعداد بسیار دیده می شود و بعضی از آنها که در شهرهای خک و کم آب ساخته شده خود اثری بسیار زیبا و از لحاظ معماری شایان توجه است.[۱]

اصولاً در ایران پیدا کردن آب بخصوص آب خنک خمیشه مساله بوده است. از معماری عناصر دیگری مثل چاه آب سرد اطلاعاتی در دست نداریم. فقط این موضوع روشن است که چاه را در زمستان پر از برف کرده و در تابستان از آن استفاده می کرده اند.

سابقه ساخت آب انبار در ایران بسیار طولانی بوده و هنوز آب انبارهایی از قرن ششم و هفتم هجری بجای مانده است.

در بعضی از نقاط ایران مثل جنوب کشور کلاً می بایست از داشتن آب خنک صرف نظر کرد. در آن نواحی از برکه استفاده می کنند.

اول: انبار از قسمتهای مختلفی تشکیل شده است: نخست تنوره یا خزینه که برای مسایل ایستایی (جلوگیری از فشارهایی که آب ببر بدنه می آورد) در داخل زمین قرار می گیرد؛

دوم: راهی برای وارد شدن به آب انبار در قسمتی که شیر داشته است (پاشیر)؛

سوم: بادگیر یا خیشخان.

برای آب انداختن آب انبارها، معمولاً آب را از کوهستان و از راههای دور می اورند و آنرا توسط حوضچه های شنی تصفیه کرده و به مخزن هدایت می کردند. همچنین خیلی دقت داشتند که خزانه پاک باشد. مخزن، زیر آبی جهت تخلیه لجنها داشته است و انجام آن کار خیلی مشکلی بوده

---

۱ - رجوع شود به: محمد کریم پیرنیا- کرامت ا... افسر، راه و رباط ناشر سازمان ملي حفظ آثار باستاني، تهران

و معمولاً از چند نفر پهلوان کمک می گرفتند. آنها برای تمیز کردن و وارد شدن به مخزن لباس کرکی می پوشیدند و لجنها را با طناب و چرخ چاه از یکی از روزنهای تعبیه شده تخلیه می کردند. برای این که آب داخل مخزن نگندد چند بار آهک و نمک داخل آن می ریختند. بدین ترتیب روی آن لایه ای بسته شده و اگر پرده روی آن پاره می شد آب می گندید و غیر قابل استفاده می شد.

البته در همه جا شکل آب انبار به این صورت نیست، مثلاً در تایباد و جام در شرق خراسان آب انبارها به صورت دیگری ساخته شده اند، ائلاً راهرو و راه پله خارجی ندارند و آب را در مخزنی پله پله ریخته و از کنار آن، از روی پله ها آب بر می داشتند. بطور قطع این تجربه برای محل مناسب بوده است.

خزانه بعضی از آب انبارها بسیار بزرگ است مل آب انبار حاج آقا علی در کرمان که زیر کاروانسرای آن تماماً خالی است و خزانه آب انبار قرار دارد.

در آب انبار وزیر یا میرزا مقیم در دروازه اصفهان به کاشان از دوره صفویه نیز خزانه آن زیر تمام مسجد را گرفته است. همچنین چهاد بادگیر بزرگ دارد و آب آن در تابستان بسیار خنک است.

قسمت راهرو آب انبار ها معمولاً شبیه به هم هستند و تغییرات آن زیاد نیست. مثلاً در جهرم آب انباری بوده که چند پا گرد داشته و در پاگردها شربت خوری، بستنی فروشی و قهوه خانه جای داشتند.

آب انبار خواجه یزد دو راه، یکی به میدان خان و یک راه به بازار داشته است. آب انبار زرتشتی ها نیز دو راه داشته که یکی برای خود آنها و دیگری هم برای مسلمانان بوده است.

یکی دیگر از عناصر در آب انبارها بادگیر است تعداد آن از یک تا شش بادگیر در تغییر بوده است.

در بعضی جاها آب انبار بادگیر نداشته و بجای آن خیشخان دارد. نمونه ای از آن در شهر زواره و

در نزدیکی مسجد پامنار دیده می شود [1] در بعضی نقاط با بهره گیری از بادگیر، آب داخل مخزن بقدری خنک می شود که تحمل سردی آن برای دندان مشکل است.

نیارش آب انبار یکی دیگر از مسائل مهم آب انبارها میباشد. برای ایجاد فشار یکنواخت بر بدنه آب انبار، معمولاً شکل تنوره یا منبع آب بصورت استوانه ای ساخته شده است. برای مقاوم نمودن کف آب انبارها و جلوگیری از تغییر شکل در کف آن لایه ای از سرب می ریختند. سربهای کف حمام علی مردان خان در میدان گنجعلی خان کرمان را آقا محمد خان قاجار بیرون آورده با آن گلوله ساخت.

در ساخت آب انبار دو نوع آجر بکار میؤفته و از ملاتهای شفته و ساروج استفاده می کردند که در مجموع چیز محکمی را می ساخته است. آجر خام و پخته و این ملات برای قسمت پشت بدنه بوده و برای آب انبار آجر خاصی به رنگ لیمویی بنام آجرآب انباری داشته اند که فقط مخصوص آب انبار بوده است.

علاوخ بر انتخاب کل دایره برای منبع آب انبار، نوع مربع و مستطیل آنرا نیز داریم. آب انبار گنجعلی خان کرمان چهار ستون دارد. مخزن آب انبار سید اسماعیل تهران فضایی خیلی بزرگ یا چهل ستونی است.

علاوه بر آب انبارهای درون شهری آب انبار های برون شهری نیز ساخته شده اند. این آب انبارها در لنگر گاهها یا منزلگاهها قرار داشته و ساختمان آن شامل مخزنی گود و پله پله بوده که روی آن پوشیده شده و آب آن ازآب باران تهیه می شده است. نمونه های متلف آن در ناحیه خراسان ساخته شده اند.

---

[1] - متاسفانه در چند سال پیش، پوشش راه پله آن ریخت و کلاً دهانه آن مسدود شد.

در عین الکویر ورامین آب را از راه دور به وسط بیابان می آوردند. بین سیاه کوه و کرکس کوه نزدیک حسن آباد کهریزک در کنار جاده قدیم یا دیر گچین (گچ) آب انباری بوده که از راه دور آب را به آنجا هدایت کرده اند، البته آب آنجا کمی شور بوده است.

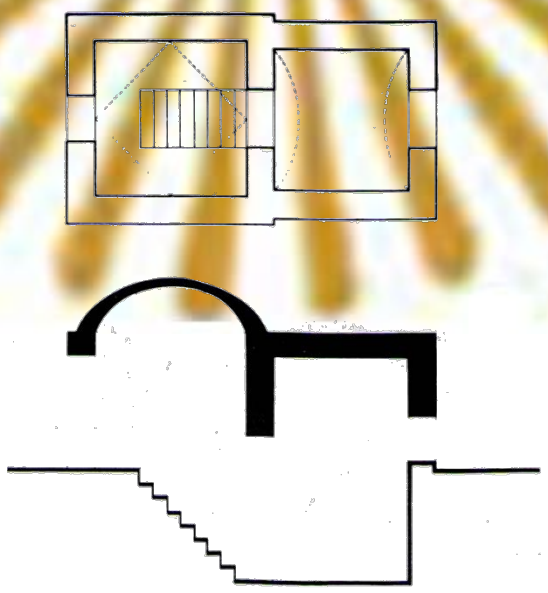
آنچه آب انبار در دل بیابانهای گرم و داغ انجام می داده از عجایب دنیا است. در نزدیکی مرائند کاشان در محلی بنام قزاق که گرمترین جای کاشان است، در هوایی بسیار گرم آب انبار یک بادگیره آن آب بسیار خنکی دارد. که همانطور مه قبلاً گفته شدتحمل سردی آن برای دندان مشکل است.

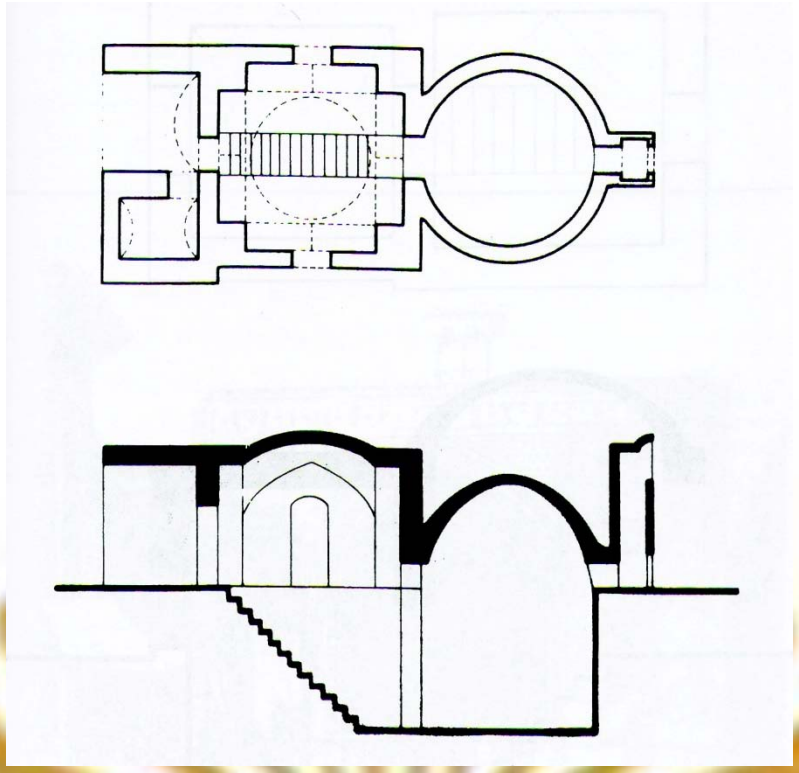
آب انبارهای معروف عبارتند از:

آب انبار خواجه و ریگ در یزد قبل از صفویه؛

از صفویه به بعد دو آب انبار سردار قزوین؛

در کاشان، آب انبار رنگ رزها، میرزا مقیم و بسیاری آب انبارهای دیگر.(پیر نیا، ۱۳۸۷،ص ۲۱۳-۲۱۶)





آب انبار از مخازن آب زیر زمینی ست که برای رفع نیاز مزدم به آب شرب در بیشتر مناطق ایران و کشورهای همسایه ایران شاخته می شده و برای ذخیره سازی آب به کار می رفته است، زیرا آب از ضروربات زندگی و حیات بشر بوده و هست. آب در فرهنگ ایرانیان همواره مورد احترام بوده و یکی از عناصر چهرگانه مقدس دین زرتشت (آب، باد، خاک و آتش) بوده است که می بایست همواره پاکیزه بماند و از پلید ی ها دور نگه داشته شود.

دین مبین اسلام آب را سرچشمه حیات معرفی کرده و در قرآن مجید آیات متعددی درباره آب نازل شده است. از جمله در آیه ۳۱ از سوره انبیا آمده است که «و جعلنا من الماء کل شیء حی».

(میر دانش، ۱۳۸۱،ص ۸۹)

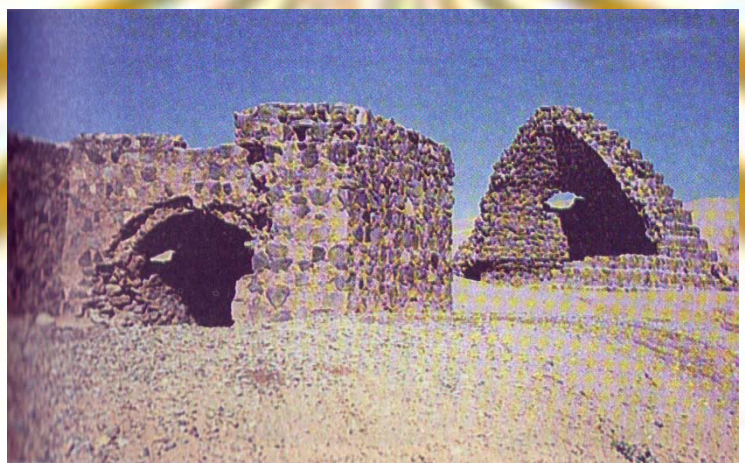
قدیمی ترین آثار بر جای مانده از آب انبارها با پیدایش اولین تمدن های ایرانی هم زمان است.

مخزت آب انبار شهر ایلامی دورانتاش در چغازنبیل (چهل کیلومتری جنوب شرقی سهر تاریخی

شوش در استان خوزستان) مربوزط به هزاره دوم ق.م هنوز باقی ست. از دوره هخامنشیان نیز بقایای آب انبار و آب راه های متعدد در تخت جمشید وجود دارد.

در دوره اسلامی آب انبار مانند سایر بناهای شهری در مراکز تجمع شهر مانند راسته بازارها و مرکز محلات و همچنین در کاروان سراهای بین راهی احداث می شد. ضرورت احداث آب انبار در شهرهای گرم و خشک بیشتر بوده و هر محله ای برای خود آب انباری داشته است که از سوی اهالی محل و یا افراد خیر خواه ساخته و وقف مردم آن محله و یا روستا و شهر می شد. نمونه های زیادی از آب انبارهای وقف شده در گوشه و کنار ایران مشاهده می شوند.

در زمان صفویه و قاجاریه تعداد زیادی آب انبار ساخته شده است که طرح و نقشه تقریباً یکسانی دارد. آب انبارها معمولاً گودتر از سطح زمین هستند تا آب جاری بتواند در آن جای گیرد بعضی از آب انبارها بسیار عمیق و دارای پله های زیادی هستند، این نوع آب انبارها را در مسیر قنات ها می ساختند تا مردم بتوانند از آب قنات که سالم و پاکیزه بود استفاده کنند.



در آب انبارها به سه روش، آب بهداشتی و مطبوع برای آشامیدن ذخیره می شد.

۱ –فضای آب انبارها را در تاریکی محض در نظر می گرفتند به این ترتیب میکروب های غیر هوازی که احتیاج به نور دارند نمی توانند در آن رشد و نمو کنند (تصویر شماره۸۰).

۲ –املاح و ذرات موجوددر آب ته نشین می شوند. به این منظور بر روی آب ذغال قرار می دادند و به آن مقداری آهک و نمک اضافه می کردند تا ته نشین شود و به این طریق تصفیه آب را از طریق فیزیکی و شیمیایی انجام می داده اند.

۳ –به جهت آن که آب راکد در یک محل دچار فساد و گندیدگی می شود بر روی آب انبارها بادگیر می ساختند، تا جریان هوا دائماً از روی آب عبور کرده، مانع از فاسد شدن آب گردد[۱]. (میر دانش، ۱۳۸۱،ص۹۲)

آب انبارها از عناصر معماری زیر تشکیل شده اند:

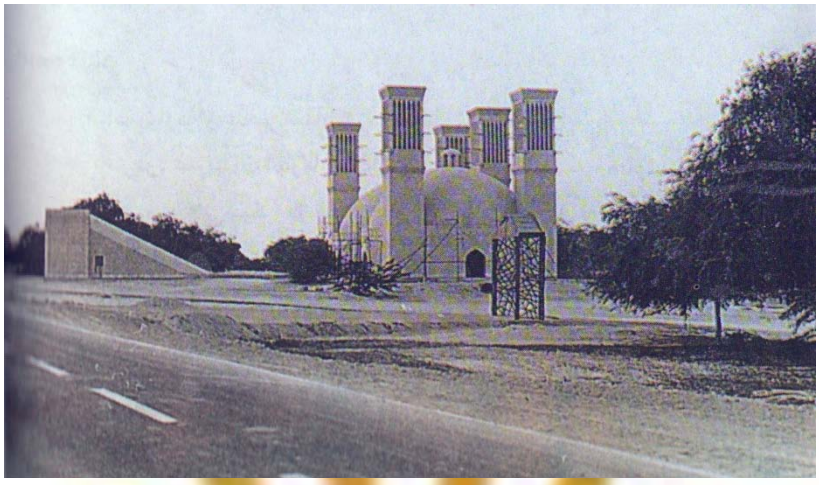
سردر: عموماً آب انبارها دارای سردر ورودی هستند که به حفره و یا فضای شیب داری منتهی می شوند. در بعضی موارد در سردر آب انبار نام بانی و سازنده آن همراه با اشعار و یا آیه هایی از قرآن مجید در وصف آب و سیراب کردن مردم از آب با مصالحی از کاشی ذکر شده است.

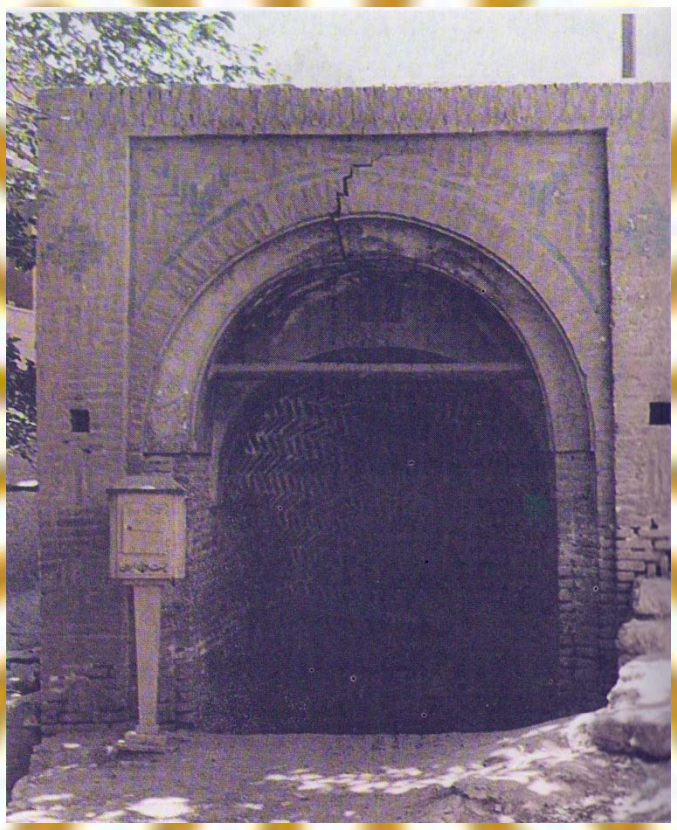
[۱] - براي اطلاعات بيشتر نگاه كنيد به كتاب «بررسي اقليمي ابنيه سنتي ايران»- وحيد قباديان

پاشیر: محل انتهایی آب انبار است که به وسیله پله های متعددی به آن دسترسی می یابند. همان طور که قبلاً اشاره کردیم بعضی از آب انبارها برای رسیدن به مجرای قنات بسیار عمیق اند و بعضاً نزدیک به یکصد پله دارند.

مخزن آب انبار: این بخش معمولاً در زمین سفت تعبیه می شود تا از ریزش دیواره های آب انبار جلوگیری شود. گنجایش این مخزن ها به تناسب جمعیت هر محل، تعیین می شده است. بعضی از آب انبارها که در نقاط گرمسیری واقع اند دارای بادگیرهای متعدد برای عبور جریان هوا از روی آب هستند. این بادگیرها همواره آب انبارها را خنک نگاه می دارند. غیر از آنچه که درباره سردرها گفتیم، آب انبارها تزیینات دیگری ندارند. پله ها از مصالح آجر و بدنه آب انبار نیز از آجر و طاق آب انبار که سقف های گهواره ای یا کژاوه ای ست تماماً از آجر و نحوه اجرای آن ضربی ست.

نمونه هایی از این آب انبارها، آب انبار سید اسماعیل در تهران است. در شهرستان ها نیز، به ویژه در شهرهای مرکزی و جنوبی و شرقی به دلیل کمبود آب، توجه بیشتری به احداث آب انبار شده است. آب انبار معصوم خانی در نایین و آب انبار دو قلوی ۵ بادگیر در کیش (تصویر شماره ۸۲) و آب انبار روستای ابیانه از جمله آب انبارهای فعال هستند. در حال حاضر به دلیل لوله کشی آب از بیشتر آب انبارها استفاده نمی شود و به دلیل شیب شدید آنها، نمی تاوان جای گزینی برای کاربری آن ها انتخاب کرد و اغلب، مخروبه و محل انباشته شدن زباله اند. (میردانش، ۱۳۸۱، ص ۹۲)





آب انبار حوض و یا استخر سرپوشیدهای است که برای ذخیره آب معمولاً در زیر زمین ساخته میشود. در مناطق کمآب و کویری آب انبار را از آب باران و یا جویبارهای فصلی پر میکنند. آب معمولاً در زمستان ذخیره شده و در تابستان به کار میرود. آب انبارها از جمله تأسیسات وابسته به قنات هستند.

نحوه ساخت آب انبار، تصفیه و عایق بندی آن با اصول مهندسی و علمی مطابقت دارد. برای

تصفیه از روشهای فیزیکی و شیمیایی استفاده میشود. ته نشین شدن مواد زاید، اضافه کردن حجم مشخصی از نمک به منظور تجزیه آن و میکروب کشی توسط کلر آزاد شده، استفاده از ترکیبات آهکی جهت گندزدایی و استفاده از کیسههای زغال به منظور بو گیری از جمله این روشها است.

از معروفترین آبانبارها آبانبار ششبادگیری و آبانبار تکیه امیرچقماق در شهر یزد و سردار بزرگ، بزرگترین آب انبار تک گنبدی ایران در قزوین است.قزوین از جمله شهر هایی در ایران است که دارای دهها آب انبار بوده و امروزه تعداد زیادی از آنها هنوز باقی مانده اند. از آب انبارهای قزوین که مورد بازدید گردشگران نیز قرار می گیرند می توان آب انبارهای سردار بزرگ، حاج کاظم، آب انبار سردار کوچک، مولاوردیخانی، زنانه بازار و مسجد جامع را نام برد.

انواع آب انبارها

آب انبارها را میتوان به دو دسته تقسیم کرد.

آب انبارهای همگانی واقع در محله ها، کاروانسراها، روستاها و به صورت تک بنا در مسیر راههای کاروانی

آب انبارهای خصوصی درون خانه ها.**قسمتهای مختلف آب انبارها**

قسمتهای عمده بنای یک آب انبار عبارتاند از: **۱:** *منبع ذخیره آب* ، **۲:** *پوشش منبع* ، **۳:** *هواکش و بادگیر* ، **٤:** *راه پله و پاشیر* ، **۵** *سردر تزئینی*.

منبع یا انبار: قسمت اصلی آب انبار است و به چهار شکل مکعب، مکعب *مستطیل*، هشت *گوشه* و *استوانه* ساخته میشده، تمامی یا بخش عمده آن در زیر زمین کنده میشود. قطر منبعهای استوانهای از حدود ۲۰ متر تجاوز نمیکند و تا سه هزار متر مکعب گنجایش دارند. منبعهای مکعب و مکعب مستطیل میتوانند در اندازههای بسیار بزرگ و تا صد هزار متر مکعب نیز ساخته شوند که در آن

صورت برای نگهداری پوشش فراز آنها در داخل منبع، جرزها و ستونها را بکار میگیرند.

پوشش انبار: پوشش منبع به صورتهای *گنبدی*، *مخروطی*، *آهنگ* و *مسطح* دیده میشود.

هواکش و بادگیر: برای سالم نگهداشتن آب و خنک کردن آن، بر فراز منبع آب به صورت معمول بادگیرهایی استوار میکنند تا جریان هوا را در آن برقرار سازد. وجود بادگیرهای متعدد یک *دهانه* و *چند دهانه* در بالای برخی از انبارهای آب به این دلیل است که تا از هر سو که باد می وزد، از آن بهره جسته شود و به طور دائم جریان هوا به گونه (بده و بستان) بهوسیله بادگیرها در منبع برقرار باشد.

راه پله و پاشیر: در کنار منبع و به طور معمول در وسط سردر باشکوه و چشمگیری که به میدان یا فظای به نسبت باز مقابل جلوه می بخشد، پلههای آب انبار قرار دارد که دسترسی به *پاشیر* و محل برداشتن آب را میسر می سازد. شیب پلهها گاهی تند، ولی پهنای آنها بسیار است تا افراد براحتی بتوانند با سطل، دلو، کوزه و مشک از کنار هم بگذرند. در محل پاشیر و برداشت آب، برای آنکه افراد معطل نشوند با توجه به تعداد ساکنان محل، گاه تا سه شیر نیز قرار میدهند. شیرهای برداشت آب را در یک متری از کف منبع نصب میکنند تا مواد ته نشین شده با آب خارج نشود. برخی از آب انبارها دارای دو راه پله هستند یکی برای مسلمانان و دیگری برای زرتشتیان مانند آب انبار معروف ریگ در یزد.

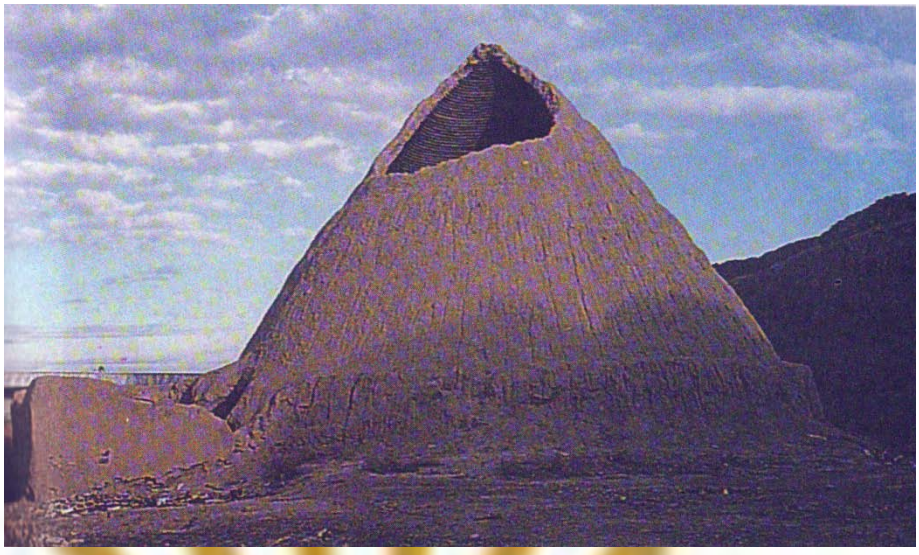
سردر: سردر آب انبارها چشمگیرترین واحد تزئینی و نما سازی شده آن به شمار میرود. در دوسوی پلها اغلب سکوهای سنگی پهنی وجود دارد که بیشتر در پیوند فضای باز محل مقابل سردر، جایگاه مناسبی برای گردهمایی مردم محل به شمار میرود.

آب انبار پنج برکه در بندر لنگه

این آب انبار در اواخر دوره قاجار ساخته شده. مساحت این اثر ۵۷۰ متر مربع است. این اثر دارای ٤ بازوی ۲۰ متری می باشد که به همین دلیل معروف است. این بنا واقع در ۵ کیلومتری بندر لنگه در مسیر ارتباطی کنگ لنگه واقع است.(سایت اینترنتی نقش نگار)

۷-۱-٤. یخچال ها

ایرانیان همواره تمایل دارند که نوشیدنی ها را کاملاً سرد بنوشند. از این رو برای سرد کردن آب و انواع نوشیدنی ها از برف و یخ کمک می گیرند. در نقاط سردسیر که حتی در تابستان برف و یخ در سایه کوه ها باقی می ماند مردم روستا ها در واقع آن ها را استخراج کرده از این منابع طبیعی برای خنک نگهداشتن آب و جلوگیری از فساد غذا ها بهره می گیرند. نگهداری یخ و جلوگیری از ذوب شدن آن نیز به فن و مهارت خاصی نیاز دارد. اما در نقاط گرمسیر و مناطقی که آب و هوای آن در روز و شب کاملاً متغیر است (مانند سمنان و یزد و کرمان) و روزهای گرم وخشک و شب هایی سرد دارند از وجود یخچال هایی که به دست انسان ساخته شده استفاده می شود .



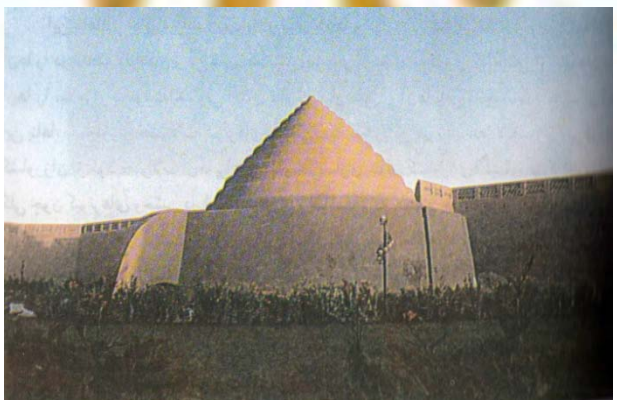
به طور کلی ذخیره سازی یخ در زمستان و در شب های سرد انجام می شود و پس از ذخیره کردن یخ به اندازه کافی آن را در فصل تابستان به مصرف می رساندند. یخچال ها را در اطراف شهرها به ویژه در دشت هایی که هوای سرد در آن ها جریان دارد می ساختند. یخچال های معروف تهران در جنوب و در شرق این شهر قرار داشتند. یخچال ها معمولاً در مسیر آب های روان و نیالوده ساخته می شدند و اصول بهداشت در آن ها رعایت می گردید. (میردانش، ۱۳۸۱، ص ۹۳)

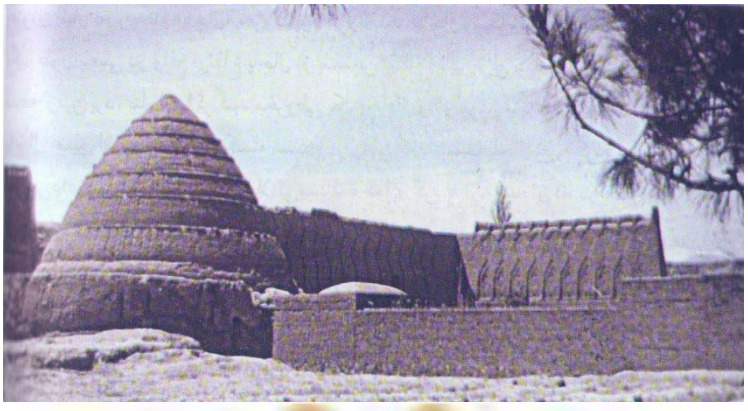
معماری یخچال

برای ساختن یخچال ابتدا گودالی تقریباً به طول ۱۰۰ و عرض ۱۰ متر که عرض آن در جهت شرق و غرب و طول آن رو به شمال و جنوب، به صورت مربع مستطیل با عمق ٤٠ تا ٥٠ سانتی متر حفر می کردند. در قسمت جنوب این گودال دیواری به ارتفاع تقریبی ۱۰ تا ۱۲ متر کشیده می شد تا جلوی تابش آفتاب را بگیرد. این دیوار با خاک کوبیده و خشت خام که از کندن همان گودال به دست آمده بود ساخته و هر چه به طرف بالا می رفت از ضخامت آن کاسته می شد. هنگام سردی شب به ویژه نزدیک سحر که هوا سردتر بود آب جاری را داخل گودال هدایت می کردند به نحوی که آب، تمامی سطح گودال را تا ارتفاع ٤٠ تا ٥٠ سانتی متر اشغال می کرد. به علت سردی هوا،

تمامی یا قسمتی از آب یخ می بست که شب هاب بعد هم همین عمل را تکرار می کردند تا سرانجام قطر یخ به اندازه ٤٠ تا ٥٠ سانتی متر برسد. سپس هنگام روز یخ را به قطعات مختلف می شکستند و در چاله عمیقی که به عنوان انبار یخ و به نام «پاچال» معروف بود می ریختند. پاچال، شکل و طرح بیضی گونه داشت که قطر یک طول بیضی در واقع ارتفاع پاچال از بلندترین نقطه تا پایین ترین نقطه بود و قطر کوچک تر نیز هم سطح زمین بود. بنابراین اگر گنبد مخروطی یک یخچال را از بیرون مشاهده کنیم به همان اندازه گودال پاچال عمیق است. یخ های شکسته شده را از راهی که به سمت پاچال تعبیه کرده بودند، به داخل آن سر می دادند و سپس در آن را کاملاً می بستند تا هوای گرم به آن نرسد آن گاه در فصل تابستان از راه دیگر پاچال که به طرف یخ ها شیب داشت شروع به استخراج و بهره برداری از یخ می نمودند. البته معمولاً یخ هایی قابل استفاده بودند که از آب های پاکیزه فراهم آمده بودند و اغلب یخ ها به دلیل آن که راه های رسیدن آب به یخچال در فضای آزاد بود آلوده می شدند.

امروزه تعداد کمی از این یخچال ها در سراسر فلات ایران کنونی باقی ست و بیشتر آن ها در حال تخریب هستند. برای بعضی از آن ها عملکرد های مختلف اندیشیده اند، مثلاً یخچال بم کرمان، تبدیل به یک سالن عمومی با گنجایش نزدیک به ۱۲۰ نفر شده است که همه ساله از آن به عنوان سالن همایش و نمایش استفاده می کنند . (میردانش، ۱۳۸۱، ص ٩٤-٩٥)





آهک

تاریخچه پیدایش آهک. آهک فراورده ای است که پیش از پیدایش تاریخ، برای بشر شناخته شده است. گفته می شود انسانهایی که به صورت چادر نشین روزگار می گذرانیده اند، برای پختن غذا زمین را کنده و اجاق می ساختند. مسلماً در این حالت سنگهای آهکی در اثر حرارت پخته شده، از سنگ به آهک نشکفته تبدیل شده است. پس از کوچ کردن افراد بر اثر بارندگی آهکها پخته شده به صورت شکفته در آمده در اثر شسته شدن آنها به وسیله باران و پر شدن اجاقها از خاک و شن اطراف آهک ترکیبی سخت به دست آمده است. پس از بازگشت چادر نشینها به محل سابق و جستجو برای زندگی در مکانهای قبلی متوجه این پدیده شده اند. از آنجایی که انسان همواره جستجوگر بوده است، به این دگرگونی و پخته شدن سنگ آهک پی برد. پس از تکامل زندگی، برای ساختن سرپناه و بالاخره خانه های مسکونی از ایم ملات به عنوان مواد چسبنده و مقاوم به ویژه در مقابل رطوبت استفاده فراوان شد.

در کاوشهای باستانی انجام شده در نوشیجان از توابع همدان که متعلق به هزاره سوم قبل از میلاد می باشد، در قسمتهایی از دژ مشکوفه کاربرد ملات آهکی دیده شده است.

آهک دارای انواع دیگری نیز می باشد که یکی از آنها آهک مرجانی که از رسوبات جانوران دریایی و از جابجا شدن دریا به دست می آید. از این ملات در بناهای باستانی و در کنار دریا و سکوها و بالاخره فانوسهای دریایی نیز استفاده شده است. کاربرد این ملات را می توان در قطعات سنگی به کار رفته در بناهای باستانی بندر سیراف، بندر گناوه و بندر بوشهر که برخی ار آنها از آثار دوران ساسانی است، جستجو کرد.

گفته می شود روش پختن آهک را یونانیها از ایرانیان و رومیان از یونانیها اموختند. همزمان مصریان با داشتن سنگ آهک بناهای خود را از ملات گچ ساخته اند. چینی ها در ساختن برجهای دیواری که در ۲۰۰ سال قبل از میلاد بنا شده، ملات آهکی را به کار برده اند. اما همان طوری که اشاره شد مصرف آهک در بناهای ایران، قدمتی بیشتر از زمانهای ذکر شده دارد.

مصرف آهک. ملات آهکی را در پی سازی و کرسی چینی و دیوار سازی در بناهای قدیمی به کار رفته است. از وجود ملاتهای آهکی برای ساختمان پلهای سنگی بر روی رودخانه ها و در بعضی موارد برای استفاده در سدهای آجری و بالاخره در ساختمان بناها و مجاری و منابع آب و همچنین در آب انبارها و بسیاری دیگر از بناها استفاده شده است. امروزه نیز آهک یکی از مصالح مفید و موثر در ساختمان می باشد.

انواع آهک. آهک انواع مختلفی دارد که از این جمله می توان به انواع ذیل اشاره کرد:

۱- آهک مرجانی. این سنگ از فسیل مرجانهای دریایی از کف دریا به دست می اید.

۲- آهک آراگونیت. این سنگ در مجاورت چشمه های آب گرم آتشفشان یافت می شود که بر اثر جوشان بودن حجم آن سوراخ، سوراخ شده و پس از سرد شدن به صورت سنگ تراورتن در می آید که در ایران به آن سنگ مرمر می گویند.

۳- سنگ آهک سیلیس دار. این سنگ مخلوطی از سنگ آهک و ترکیبات سیلیس می باشد.

٤- سنگ آهک دراگونیت و تراورتن. این مصالح نیز به نام سنگ مرمر شناخته می شود.

٥- سنگ آهک دولومیتی. این سنگ آهک دارای انواع مختلف بوده و با ترکیبات شیمیایی به صورت های گوناگون پیدا می شود. وجود «گِل گیوه» (گِل سفید) نوعی دولومیت پلاستیکی است که معادن آن در کرمان و یزد می باشد.

توجه : برخی از سنگهای آهکی صفحات پوششی را در کف پوشها، ازاره، پله ها، نماها به کار می برند و برخی از آن برای ملات پخته شده و مصرف می شوند.

٦- ترکبت گلاهک. این آهک از مخلوط خاک رس و گرد سنگ آهک به دست می آید و در بیشتر نقاط ایران یافت می شود. از این ترکیب جهت ساختن ساروج خُمیر که در کناره سواحل خلیج فارس مورد توجه است، استفاده می شود. ترکیبات گلاهک در سیمان سازی نیز کاربرد موثر دارد.

٧- آهک آبی. این آهک از ترکیبات گلاهک پخته شده و آسیاب می گردد و سپس مصرف می شود. معمولاً رنگ آن زرد و یا متمایل به زرد قهوه ای می باشد. چنانچه این ملات در مجاورت رطوبت گرم و یا زیر آب نگهداری شود، مقاومتش زیاده شده تا جایی که مقاومت فشاری آن به ٥٠ تا ٦٠ کیلوگرم در سانتیمتر مربع رسیده، به سرعت خودگیری خود را انجام می دهد. به علت اینکه سولفاتها و آبهای دریایی که دارای ترکیبات خاص می باشند، در این ملات اثر ندارد. در ساختمانهای دریایی و بندر گاهها مصرف می شود.

به طور کلی آهکی که در ساختمان به کار می رود، به نامهای آهک سفید و آهک خاکستری معروف است. اهک سفید بش از ٩٠ درصد آن کربنات کلسیم و آهک خاکستری دارای مقداری اکسید منگنز می باشد، و به همین سبب رنگ آن خاکستری است. (زمر شیدی، ١٣٨١،ص ٦٦)

کوره آهک پزی سنتی

الف. کوره های چاهی در زمین حفر می شود. در این روش یک طبقه بوته چیده شده و یک طبقه سنگ آهک.

چیدن سنگ آهک با رعایت فضای خالی در پهلوی یکدیگر انجام می شود و پس از سوختن بوته ها، سنگ آهک به آهک پخته تبدیل می شود. در این روش ۵۰ درصد احتمال پخت ناقص سنگ آهک وجود دارد که پس از تخلیه کوره، سنگهای پخته نشده دوباره به کوره برده می شود و پس از حرارت مجدد کاملاً پخته می شود.

ب. کوره های آزاد (حلقوی). در این حالت نیز بر روی کوره های آجرپزی سنگهای آهک پیده می شود که در این حالت نیز امکان پخت ناقص وجود دارد.

درجه حرارت لازم جهت پختن سنگ آهک ۹۰۰ درجه است و چنانچه حرارت بیش از حد مذکور باشد، آهک آب لازم را جهت فعل و انفعالات به سختی گرفته و در حالتی بسیار کُندگیر مقاوم می شود.

توجه: پختن آهک به وسیله نفت کوره: امروزه در اکثر کوره های حلقوی سنتی سوخت کوره به وسیله نفت سیاه یا نفت کوره تامین می شود. معمولاً منبع نفت سیاه در ارتفاع بالاتر از کوره به وسیله حوضچه یا تانک می باشد و به وسیله لوله کشی به درون کوره می رسد. این عمل سبب رسیدن سریع نفت کوره که «نفت سیاه» نیز گفته می شود به کوره می گردد.

برای سوخت نفت در محوطه کوره بر روی سطح سکوی بلند صفحه ای از بلوک بتونی کارگذارده می شود. سپس روی صفحه آجر نسوز و یا آجر جوش چیده می شود و اصطلاحاً بشقابی در روی آجرهای مذکور مستقر می گردد. بشقابی اجرای مشعل را ایفا می کند. (شکل ۷۶)

اضافه می شود رسیدن نفت سیاه به بشقابی به وسیله لوله فولادی انجام می شود. جهت پیشگیری از ذوب شدن و یا خمیده شدن لوله حامل نفت سیاه در مسیر کوره که با حرارت سوخت کوره در تماس می باشد، سطح لوله مذکور به وسیله اندود کاهگل پوشش عایق حرارتی می گردد.

توجه: ملات کاهگل از خاک رس کاملاً چرب و مرغوب با کاه متوسط پوشش می شود. در این روش نفت سیاه با کنترل شیر به بشقابی رسیده و ار بشقابی به شکل پودر به درون کوره جهش کرده و مشتعل می شود. بعد از طی این مراحل کوره به طور یکنواخت سریع داغ شده و آماده پختن سنگهای آهک می شود.

نحوه چیدن سنگ آهک. در کوره آهک پزی سنگاه به شکل «متخلخل و قوسی و با فضای خالی» اما کاملا متکی بر یکدیگر چیده می شود. سنگهای درشت در ناحیه میانی و سنگهای خرد بعد از سنگهای درشت تا دیواره کوره چیده می شود.

توجه۱: سنگهای آهک طوری بر روی یکدیگر چیده می شود که فضایی به شکل مخروطی خالی از درون سنگها به وجود آید. این اجرا سبب رسیدن حرارت به تمامی قسمتهای سنگ آهک می گردد و پختن آهک به طور کامل و بدون اصطلاحاً خام پز و یا سنگ ناپز کلاً سریع پخته می شود.

توجه۲: معمولاً کوره ها دارای دو دهانه می باشند:

الف) دهانه ای کوچک که به عنوان آتشدان جهت رسیدن سوخت به کوره و کنترل مراحل کار سوخت می باشد.

ب) دهانه تخلیه کوره در سمت دیگر که با انجام دیواره ای موقت یک آجره خشکه چینی شده اندود کاهگل بر سطح موقتاً تا پختن سنگ آهک به طور کامل مسدود می شود. پس از پختن سنگهای آهک دیواره مذکور جمع آوری شده و تخلیه کوره با زدن میله ای بلند فلزی از ناحیه بالا

بر آهک پخته شده از دریچه تخلیه خارج شده و به وسیله فرقان تا سکوی تخلیه حمل و از آنجا به درون اتاق کامیون ریخته شده و به کارگاه حمل می گردد. (شکل ۷۸ تا ۸۰)

آماده سازی آهک. الف) شیره آهک: آهک پخته شده را در حوضچه های آب قرار داده پس از یک روز به وسیله پارو آن را هم زده تا به صورت شیره کامل در آید. سپس صافی زیر حوضچه که در ارتفاعی بالاتر از کف حوضچه قرار دارد کشیده شده و شیره آهک به طرف حوضچه دیگری سرازیر میشود و مواد ناخالص و سنگها در ته حوضچه اول باقی می ماند.

ب) آهک شکفته: آهک پخته شده به ضخامت ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر بر سطح زمین پهن شده آن را از آب گرفته و زیرورو کرده تا بخار و حرارت از آهک بلند شود. بخار همان گاز CO_2 است که از آهک پخته شده متصاعد می شود پس از شکفته شدن آهک حجمش اضافه می شود آهک شکفته شده، سرند شده و مصرف می گردد.

توجه: چنانچه آهک شکفته شده را در حوضچه و در آب لازم حل کنیم در زمانی کوتاه به شیره آهک دسترسی یافته که شیره به دست آمده با حالتی متعادل آماده مصرف می گردد. به طور کلی آهک برای شفته ریزی، پی سازی، کرسی چینی، اسکلت بندی بنا، مجاری و منابع آب و ملات ساروج و همچنین در تهیه آجرهای ماسه آهک و در صنعت برای ترکیبات شیمیایی و در سیمان سازی، شیشه سازی و قند سازی استفاده می شود. (زمر شیدی، ۱۳۸۱،ص ٦٢-٦٩)

منابع و ماخذ:

۱ - اهری، زهرا(۱۳۷۱) ،الگوی ساخت میکن در شهرهای خوزستان،مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، تهران.

۲ - بزرگمهری، زهره(۱۳۷۱) ،هندسه در معماری،انتشارات علمی وفرهنگی، تهران.

۳ - پیرنیا،محمد کریم(۱۳۸۷) ،آشنایی با معماری اسلامی ایران،انتشارات سروش دانش، تهران.

٤ - پیرنیا،محمد کریم(۱۳۸٤) ،سبک شناسی معماری ایرانی،انتشارات سروش دانش، تهران.

٥ - جنینگز، تری(۱۳۸۱) ،سازه ها،انتشارات نشر خاک، اصفهان.

٦ - جوانی دیزجی، آیدین(۱۳۸٤) ،شناخت سازه های سنتی،انجمن مهرازی ایران، تهران.

۷ - زمرشیدی، حسین(۱۳۸۱) ،معماری ایران مصالح شناسی،انتشارات آزاده، تهران.

۸ - زمرشیدی، حسین(۱۳۸۰) ،معماری ایران اجرای ساختمان با مصالح سنتی،انتشارات آزاده، تهران.

۹ - زمرشیدی، حسین(۱۳۸٤) ،تعمیر و نگهداری ساختمان،انتشارات آزاده، تهران.

۱۰ - سالوادوری، ماریو(۱۳۷٤) ،سازه در معماری،انتشارات دانشگاه تهران، تهران

۱۱ - کاشانی، غیاث الدین جمشید(۱۳٦٦) ،مترجم علیرضا جذبی،رساله طاق و ازج،انتشارات سروش، تهران.

۱۲ - محب علی، محمد حسن(۱۳۷٤) ،دوازده درس مرمت، انتشارات علمی وفرهنگی، تهران.

۱۳ - مخلصی، محمد علی(۱۳۷۱) ،فهرست بناهای تاریخی آذربایجان شرقی،انتشارات علمی وفرهنگی، تهران.

۱٤ - میردانش، سیدمهدی(۱۳۸۱) ،آشنایی با بناهای تاریخی،انتشارات مدرسه برهان، تهران.