استان هرمزگان

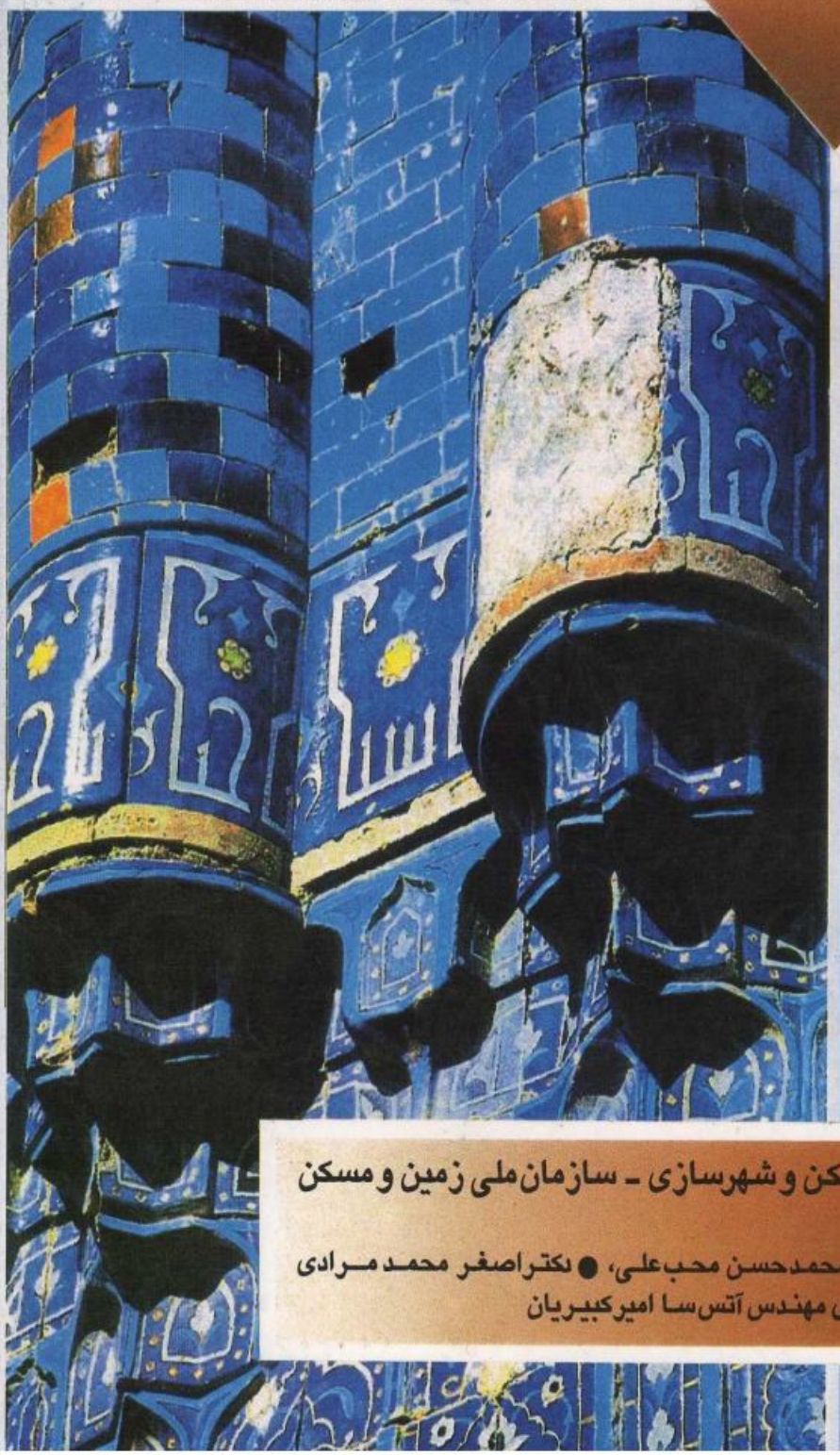
آموزشکده فنی حرفه ای پسران بندرعباس

گروه معماری و عمران

آشنایی با مرمت و ابنیه تاریخی

انجمن مهندسی ایران

دوازده درس مرمت



وزارت مسکن و شهرسازی - سازمان ملی زمین و مسکن

● مهندس محمدحسن محب‌علی، ● دکتر اصغر محمد مرادی
● با همکاری مهندس آتس‌سا امیرکبیریان

انجمن مهندسی ایران

وزارت مسکن وشهرسازی
سازمان ملی زمین ومسکن

دوازده درس مرمت

مهندس محمدحسن محب‌علی، دکتر اصغرمحمد مرادی
با همکاری
مهندس آتس‌سا امیرکبیریان

۷۱۱
د۲۹۳م
دوازده درس مرمت، محمد حسن محب علی، اصغر محمد مرادی؛ با همکاری: آتس‌سا امیرکبیریان. ـ تهران: وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان ملی زمین و مسکن، ۱۳۷۴. ۱۷۰ ص.: مصور، عکس.
ص.ع. به انگلیسی:
Mohammad Hassan Mohebali.
Asghar Mohammad Moradi.
with collaboration of Atssa Amirkabirian.
Twelve Lessons on Restoration.
۱. مرمت. ۲. معماری. الف. مرادی، اصغر محمد، نویسنده همکار. ب. امیرکبیریان، آتس‌سا، نویسنده همکار. ج. وزارت مسکن و شهرسازی. سازمان ملی زمین و مسکن د. عنوان.

دوازده درس مرمت

مهندس محمدحسن محب‌علی، دکتر اصغرمحمد مرادی
با همکاری مهندس آتس‌سا امیرکبیریان

طرح جلد : پریسا وثوقی

صفحه‌آرایی: شکوفه رهبر

لیتوگرافی : افشار

چاپ و صحافی : شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

تیراژ: ۵۰۰۰

آماده‌سازی وامورفنی چاپ: انتشارات مرکز مطالعات‌وتحقیقات شهرسازی ومعماری‌ایران
حق چاپ برای سازمان ملی زمین و مسکن محفوظ است.

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
■ مقدمه		۱
■ درس اول	مطالعه و شناخت بنا	۳
■ درس دوم	نمونه‌هایی از سازه‌های معماری سنتی ایران	۱۹
■ درس سوم	مراحل مختلف مرمت	٤٥
■ درس چهارم	ابزارشناسی و به‌کارگیری فنون مرمت	٦۳
■ درس پنجم	آسیب‌شناسی و عوامل تخریب انسانی و طبیعی	۷۳
■ درس ششم	رطوبت در ابنیهٔ تاریخی	۸۹
■ درس هفتم	روشهای مختلف رطوبت زدایی در ابنیه	۹۷
■ درس هشتم	انواع ترکها و نشستها در ابنیه	۱۲۱
■ درس نهم	روشی برای شناسایی ترک و نشست در بنا	۱۳۱
■ درس دهم	روشهای مهار قوسها و گنبدها در بناهای سنتی	۱۳۷
■ درس یازدهم	حریمها و ضوابط حفاظتی بناهای ارزشمند فرهنگی ـ تاریخی	۱٤۹
■ درس دوازدهم	احیا به‌عنوان مهمترین اصل در نگهداری ابنیه	۱۵۷
■ فهرست منابع		۱٦۳

مقدمه

حمد و سپاس خداوند سبحان را سزاست که ما را در سرزمینی با پیشینهٔ فرهنگی ـ تاریخی و هنری بس غنی و ارزشمندی پرورش و آموزش داد. این گذشته علاوه بر قدمت، به دلیل ارتباط تنگاتنگ آن با اعتقادات، سنن، طبیعت، جامعه، اقتصاد و سایر ویژگیهای کشور نیز ارزش و اهمیت دارد. این واقعیت به بهترین صورت در معماری و شهرسازی گذشتهٔ ما تبلور عینی یافته است. حفظ، نگهداری و زندگی‌بخشی به این پیشینهٔ غنی به‌عنوان ثروت ملی و میراثی گرانبها، وظیفه‌ای خطیر بر دوش یکایک افراد جامعه گذاشته است و مشارکت و همگامی کلیهٔ اقشار را طلب می‌کند.

چنانچه می‌دانیم، بازتاب زندگی ماشینی و توسعهٔ بی‌وقفه و نابهنجار شهرها و روستاها در مرحلهٔ نخست متوجه بافتهای قدیم شهری و آثار و ابنیهٔ تاریخی شد و آنها را مورد تهاجم قرار داد و به خطر انداخت، لذا افرادی که به جایگاه آثار و ابنیه پی برده بودند، به‌عنوان پیشگامان امر مرمت، با در نظر گرفتن کلیهٔ ابعاد انسانی، فرهنگی، مذهبی، اجتماعی به دفاع از آنها پرداختند و مبانی نظری مرمت و احیای ابنیه و بافتهای قدیمی را تدوین کردند.

امروزه، با گسترش دامنهٔ ارتباطات و تهدیدهای فرهنگی در جهان، بیش از هر زمان ضرورت پرداختن به مقولهٔ شناخت معماری و شهرسازی گذشتهٔ کشور، مرمت، زندگی بخشی و استفادهٔ مجدد از آنها در تمامی ابعاد از جمله بعد آموزشی و فرهنگی احساس می‌شود. پس از تدوین منشور آتن، فعالیتی جهانی در زمینهٔ مرمت آغاز شد. این تلاش تجربه‌ای است که بیشترین نیروی خود را در ابعاد فرهنگی و آموزشی به کار برده و سعی داشته که آن را از مرتبهٔ دانشگاهی و تخصصی به سطوح بسیار پایه‌ای یعنی مدارس بکشاند و از طریق آموزش و تقویت احساس هنرشناسی و حساس کردن نوجوانان نسبت به فراورده‌های هنری از همان آغاز، گونه‌ای قرابت بین آنها و آثار ایجاد کند. این برنامه از طریق ابزار مختلف دیداری و کلاسهای نظری و

بازدیدهای محلی منظم از بنا انجام می‌شود.

هدف از این روش بنیادین مأنوس کردن تمامی اقشار جامعه از اوان کودکی با گونه‌ای احساس مسئولیت، احترام و تعلق خاطر نسبت به پیشینهٔ تاریخی ـ هنری خویش است؛ متأسفانه در کشور ما این کار منحصر به دانشگاه بوده است و تنها به فعالیتی بسیار محدود در حد چند واحد درسی خلاصه می‌شود. بدین ترتیب، این امر خطیر همواره با مشکلی فرهنگی مواجه خواهد بود و لاجرم افراد کارشناس را در اغلب مواقع با مشکلات عدیدهٔ فرهنگی روبه‌رو خواهد کرد.

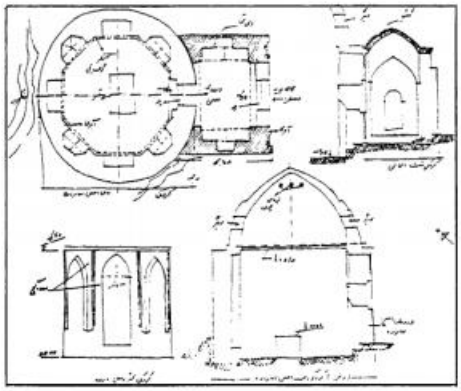
خوشبختانه در چند سال اخیر گامهای مثبتی در این جهت برداشته شده است، از جمله تأسیس مؤسسات تخصصی به‌عنوان دانشکده‌های مرمت که فعالیت خود را در این زمینه با ابعاد گستردهٔ آن آغاز کرده‌اند. این امر باید تداوم یابد و تقویت شود. اساساً ورود به مقولهٔ معماری و شهرسازی معاصر ما نیز نمی‌تواند بدون توجه به آثار معماری و شهرسازی گذشته به‌عنوان یک پیش‌زمینه امکانپذیر گردد. برقراری پیوند دوباره با گذشته با شناخت ارزشهای آن در ابعاد گوناگون امکانپذیر است و مستحکمتر کردن پایه‌های نظری مرمت با توجه به این نکتهٔ حساس میسر است.

از بعد اقتصادی نیز قضیه قابل بررسی و تعمق است. بهره‌وری از آثار تاریخی ویژه در مکانهای خاص، در راستای اهداف اقتصادی به منظور ایجاد قطبهای جاذب، از سیاستهایی است که سالها در کشورهای پیشرفتهٔ دنیا مورد آزمایش قرار گرفته است. در میهن ما نیز تلفیق ابنیه و آثار هنری و تاریخی با طبیعت غنی کشور این امکان را صدچندان کرده است و برنامه‌ریزیهای دقیق اقتصادی در مقیاس منطقه‌ای و ملی در زمینهٔ جلب سیاحان از موضوعات قابل توجه است. به‌هرحال، هرچند مرمت آثار و ابنیهٔ تاریخی مقوله‌ای تخصصی است، استفادهٔ بهینه از آن آثار در جهات فرهنگی و اقتصادی مسئله‌ای ملی محسوب می‌گردد. بنابراین، ضروری است که فرهنگ استفاده از ابزار و اصول نخستین آن تعمیم یابد.

پیشکسوتان ما سالهاست که همگام با تلاش فرهنگی، در زمینهٔ اجرایی نیز این هدف را دنبال می‌کنند. در تداوم تعمیم و گسترش فرهنگ مرمت، این مختصر با عنوان «دوازده درس مرمت» تنها چکیده‌ای از مطالب را برگزیده است. انتخاب عنوان به قصد جمع‌آوری و خلاصه کردن مطالب در چارچوب دروسی خاص بوده و در گزینش عناوین این دروس سعی شده به موضوعاتی اشاره گردد که بیشتر جنبهٔ همگانی دارد و کلیهٔ علاقه‌مندان و دانش پژوهان، اعم از مسئولان اجرایی و سایر افراد بتوانند از مطالب آن بهره‌مند شوند. لذا این نوشتار نه با هدف صرف علمی بلکه به‌صورت مجموعه‌ای از دروس عمومی به منظور قابل استفاده بودن آن برای بیشتر اقشار جامعه به رشتهٔ تحریر درآمد.

به یاری خداوند امید داریم که سایر متخصصان و همکاران در بهبود کیفی مطالب یاری رسان ما شوند.

مؤلفان



درس اول

مطالعه و شناخت بنا

■

مطالعه و شناخت کلیهٔ بناها در امر مرمت ضرورتی است اجتناب ناپذیر. این شناخت و مطالعه روشی دارد که اهم موارد آن به اختصار توضیح داده می‌شود.

۱. حفاری و خاکبرداری برای پی‌بردن به جنبه‌های ناشناختهٔ بنا یا مجموعه؛ این عملیات می‌تواند در کف، سقف، نما و یا پیرامون بنا انجام گیرد.

۲. در برخی موارد، از نحوهٔ پوشش و ویژگی نقوش برجسته و کنده‌کاریهای موجود به عنوان وسیلهٔ شناسایی و دستیابی به فرم کامل بعضی از بناها استفاده می‌شود.

۳. کتیبه‌های تاریخی و یا کتیبه‌هایی که بر اثر حفاری به دست می‌آید گاه حاوی دانسته‌هایی در مورد نحوهٔ ساختمان‌سازی است و کتیبه‌های موجود در بنا نیز که در مورد تاریخ احداث بنا و تعمیرات انجام شده اطلاعاتی به دست می‌دهد، مفیدند.

۴. بررسی اشیاء به‌دست آمده در ضمن حفاری، از قبیل نقوش موجود در اشیاء فلزی، مهره‌ها، سفالها و لوحه‌ها در زمینه‌های مختلف قابل استفاده خواهد بود.

۵. از بررسی مصالح مکشوف در حفاریها و از اجزاء بنا از قبیل آجرهای شکسته، قطعات گچ، کاشی، موزائیک، قطعات فلز، چوب و نظایر آن می‌توان جنبه‌های تزئینی بنا و مصالح به کار رفته را مورد مطالعه قرار داد.

۶. از آثار مصور مانند مینیاتورها، نقوش روی کاشی بعضی از بناها، قطعات برنز و نظایر آنها می‌توان در روشن کردن برخی مسائل یاری جست. در مجموع، کاشیها و نقاشیهای دیواری به شناخت معماری، جنبه‌های تزئینی و فرهنگ زمان احداث بنا کمک بسیاری می‌کند.

۷. کتابهای تاریخی، سفرنامه‌ها، کتب مذهبی و کتب جغرافیایی نیز ممکن است حاوی اطلاعات زیادی دربارهٔ بناها باشند؛ استفاده از این مدارک مستلزم دقت و نوعی تبحر است.

۸. افسانه‌های تاریخی ممکن است به شناخت ابنیهٔ قدیمی و باستانی کمک کنند.

۹. گراوورها و عکسها نیز اطلاعاتی در اختیار قرار می‌دهند، ولی استفاده از آنها مستلزم تخصص است.

۱۰ توجه به ویژگیهای معماری بومی منطقه نیز ضروری است، زیرا معماریهای کهن در غالب معماریهای بومی مناطق مختلف تداوم یافته است.

به‌طور کلی، باید گفت اسناد و مدارکی که از طریق حفاری یافت می‌شود در مورد شناخت بنا ما را یاری می‌دهد، اما باید توجه داشت که حفاری مربوط به کار تعمیر و مرمت با حفاری به‌طور عمومی متفاوت است. برای مثال، حفاری در پیرامون بنا و در خود بنا ـ یعنی بررسی پوشش آن ـ می‌تواند اطلاعاتی در مورد مراحل مختلف ساختمانی و یا تغییراتی که در دوره‌های مختلف حاصل شده، عملکرد بنا و تغییرات عملکرد آن در اختیارمان بگذارد. حفاری در کف و در داخل بنا بیشتر برای شناخت واحدهای قدیمی‌تر و تغییر در وضع بنا صورت می‌گیرد. برای مثال، بیشتر بناهای مذهبی بر فراز ستایشگاهها و معابد کهنتر ساخته شده‌اند و خاکبرداری در کف بنا بسیاری از مطالب را برای ما روشن می‌کند. سونداژ و حفاری در بام، شناخت پوششها، نحوهٔ کاربندی و یا تغییر پوششها را روشن می‌کند.

گمانه‌زنی و لایه‌برداری در سطوح داخلی و خارجی بنا به‌منظور شناختن پوششهای تزئینی و دوره‌های مختلف انجام می‌گیرد. برای مثال، در بنای سلطان حمزهٔ شیراز، در زیر آئینه‌کاری دورهٔ صفویه، گچ و معرق‌کاری دورهٔ ایلخانی یافت شد و در حرم حضرت عبدالعظیم نیز، هنگام تعمیرات و حذف آجرهای لق شدهٔ یک سردر آجری، کتیبهٔ آجری مربوط به دورهٔ آل بویه ظاهر گشت.

به هرجهت، در مجموع باید گفت که در کار حفاری در بناهای مرمتی، مواردی باید مورد ارزیابی قرار گیرند که باستان‌شناس و مهندس معمار را در کار تعمیرات بنا راهنما باشند.

مطالعه و روند برنامه‌ریزی برای مرمت بناهای فرسوده

به‌طور عام به شیوهٔ زیر صورت می‌گیرد: در صورتی که مطالعات و بررسیهای اولیه مشخص کرد که یک بنا باید حفظ و مرمت شود، از آن لحظه بنا همانند بیماری تلقی می‌شود که تحت نظر مهندس معمار مرمت‌کار قرار گرفته است، لذا تشخیص بیماری از طریق آسیب‌شناسی به‌عنوان مرحلهٔ بعدی کار مطرح می‌شود. در این زمینه، شناخت وضع موجود و ویژگیهای گوناگون بنا یا مجموعه ضروری است و تنها پس از شناخت کافی از وضع موجود است که می‌توان مراحل بعدی مربوط به مرمت را آغاز کرد. با توجه به زمان و مکان شکل‌گیری بنا، هر اثر معماری به‌عنوان محصول کار بشر دو بعد مشخص دارد:

الف) بعد ایستایی

ب) بعد تاریخی

در بعد ایستایی، ماده بنا را تجلی می‌بخشد و بدون آن یک اثر موجودیت خارجی نمی‌یابد. ماده در ایجاد اثر دو نقش عمده ایفاد می‌کند: ۱) نقش سازه‌ای؛ ۲) نقش سیما.

این دو، یعنی سازه و سیما، ارتباطی نزدیک دارند. لذا در مرمت یک اثر در وهلهٔ نخست و به‌ظاهر تنها مادهٔ آن مورد مداخله است. در واقع هدف اولیه در مرمت یک بنا برپا داشتن و تثبیت وحدت و یگانگی هنری و تاریخی بالقوهٔ اثر است بدون آنکه هویت آن خدشه‌دار شود.

با توجه به موارد فوق، برای تضمین تداوم و بقای اثر باید: ۱) بنا و ۲) نحوهٔ نگهداری آن را مطالعه کرد.

این مطالعات مستلزم اقدامات زیر است:

الف) بررسی در محل به‌طور مستقیم و دقت بر مشاهدات عینی.

ب) رولوهٔ دقیق بنا و کلیهٔ عناصر تشکیل دهندهٔ اثر به موازات تهیهٔ سایر مدارک.

ج) تهیهٔ مدارک به‌طور غیرمستقیم شامل مطالعات تاریخی، هنری، باستان‌شناختی، اجتماعی، اقتصادی، جغرافیایی و غیره از طریق:

۱. جمع‌آوری منظم، تدوین و طبقه‌بندی؛ نقشه‌برداری و ارائهٔ تمام عناصر تشکیل دهندهٔ بنا.

۲. تعیین روند تاریخی و شکل‌گیری اثر و همچنین تغییرات احتمالی آن براثر تغییرات کاربری در مقاطع مختلف زمانی و تعیین ارزشهای تاریخی، اقتصادی و عملکردی و ....

د) قضاوت و ارزشیابی از دیدگاه تاریخی، هنری، اجتماعی و اقتصادی.

ه) پیشنهاد برنامهٔ کاری پس از قضاوت و ارزیابی که معیارهایی برای هدایت و شکل مداخلات و تعیین اولویتها ارائه کند.

و) ارائهٔ پروژهٔ مرمتی.

۱.۱ برداشت و رولوه

رولوهٔ یک بنای قدیمی و تاریخی به قصد ارائهٔ یک طرح مرمتی چند هدف ویژه را دنبال می‌کند:

۱. معرفی پلان بنا (درکدهای مختلف)، پلان معکوس، نماها، برشها، جزئیات سازه‌ای، نوع آمود، جزئیات تزئینی، تغییرات حادث در بنا از قبیل الحاقات احتمالی؛ روزنه‌هایی که جدیداً احداث شده‌اند یا روزنه‌هایی که مسدود گشته‌اند و خلاصه کلیهٔ تغییرات حادث در بنا ضمن شناسایی معرفی می‌گردند.

۲. شناخت و معرفی آسیبهای قابل رؤیت و ارائهٔ این عارضه‌ها در برداشت نهایی. بنابراین، در این رولوه به ترکها، روند آنها، نشستها، آمود و کلیهٔ تغییر شکلها، حتی وضعیت رطوبتهای احتمالی صعودی یا نزولی (رطوبتهای قابل رؤیت) با ذکر تاریخ توجه می‌گردد. لذا برداشت و رولوه ابزار خوبی برای آشنایی کامل با بنا، جزئیات مختلف آن و همچنین آگاهی از وضع فعلی بنا و عوارض موجود در آن می‌شود. به همین سبب، طرح مرمتی (از هرنوع: استحفاظی، استحکامی یا جامع) باید توسط فردی که همکاری مستقیم در برداشت بنا داشته است تهیه گردد.

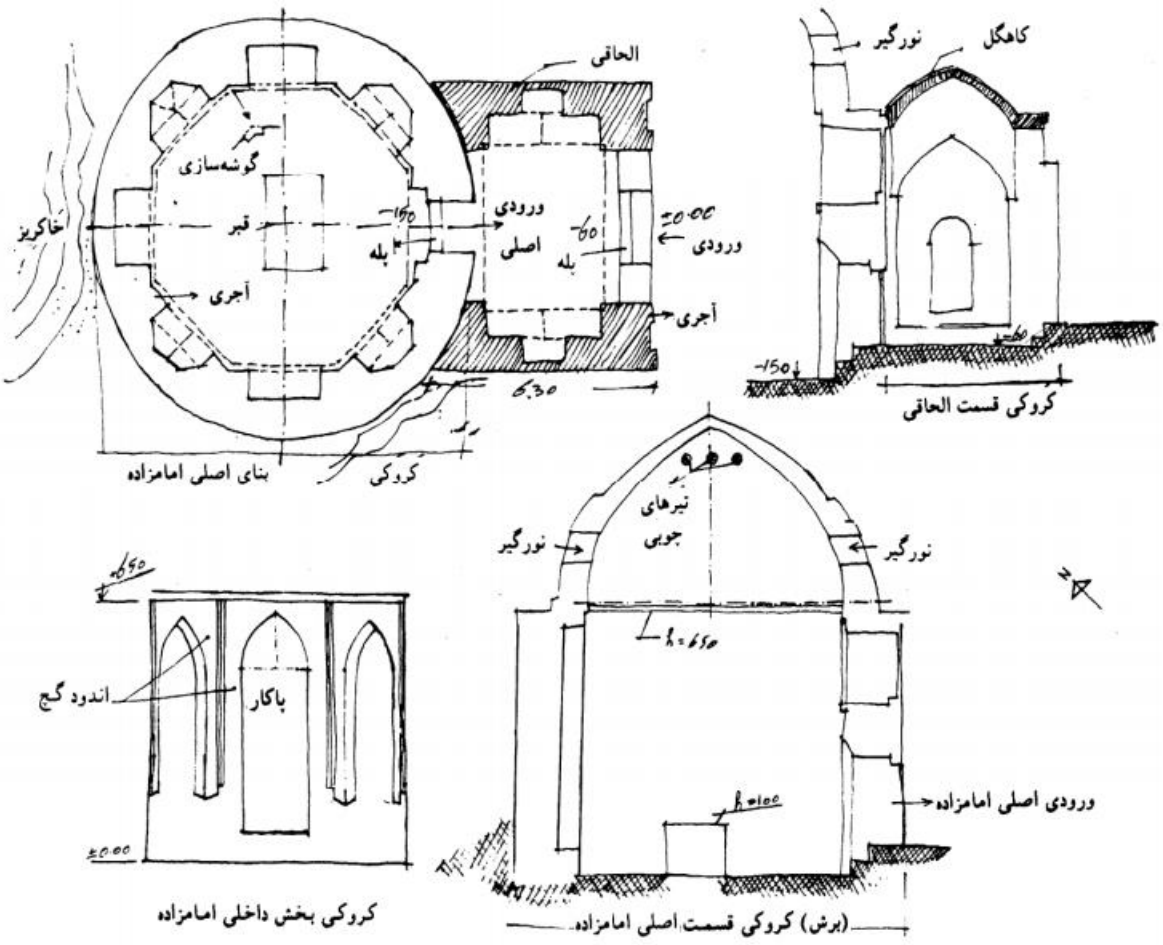
یکی از شیوه‌های برداشت، روش رولوهٔ مستقیم است که با ابزار و وسایل دستی به‌روش سنتی انجام می‌گیرد. در روش دیگر از ابزارهای فنی از قبیل دستگاه فتوگرامتری و دوربین استفاده می‌شود. شایان تذکر است که برای استفادهٔ بهینه از دستگاههای فنی در برداشت ضروری است که برداشت کننده در زمینهٔ روشهای برداشت سنتی و دستی تجربهٔ کافی و عملی داشته باشد. باید یادآور شد که پس از تحلیل کافی بنا و انتخاب مقیاس برای نمایش و ترسیم ابعاد بنا مرحلهٔ برداشت عملی آغاز می‌شود.

۱.۱.۱ روشهای برداشت دستی و سنتی

الف) اندازه‌گیری در محل و ترسیم نقشهٔ بنا در مکانی خارج از محوطهٔ کارگاه (تهیهٔ کروکی).

ب) برداشت و رولوهٔ دقیق بنا و ترسیم آن در محل کارگاه.

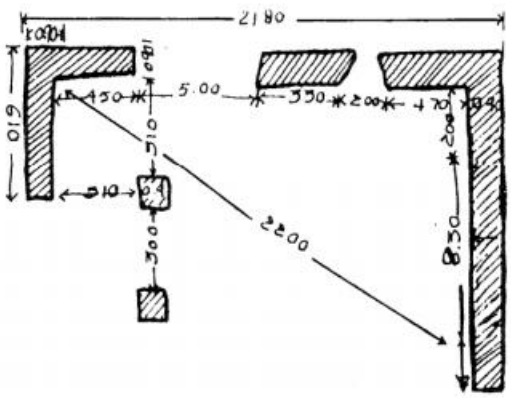
این دو روش با توجه به نیازهای مختلف و با دقتهای متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنایی که به‌صورت شماتیک برداشت شده است در مقیاسهای بزرگ از قبیل ۱/۵۰ و ۱/۱۰۰ قابل ارائه نیست، زیرا این مقیاسها مستلزم انتقال بسیاری از جزئیات مدل حقیقی از قبیل قطر اندودها، ضخامت لایه‌های پوششی و یا جزئیات، آمود و غیره است که هیچ یک از آنها در یک برداشت شماتیک قابل ارائه نیست، ولی در صورتی که هدف نمایش شمای پلانیمتریکی بنا بدون نمایش ویژگیها و جزئیات آن باشد و یا امکان توقف زیاد در بنا وجود نداشته باشد، می‌توان به یک برداشت



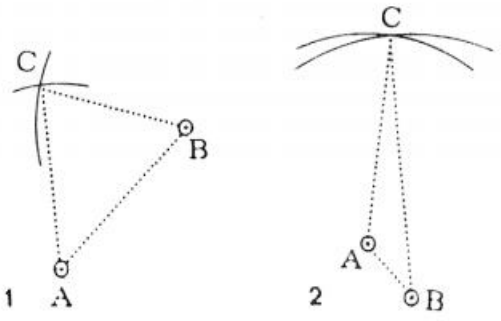
شکل ۱ کروکی از پلان و برش امامزاده فضل‌بن سلیمان ـ ساوه (برداشت شماتیک).

شماتیک اندازه گرفته شده که بعداً ترسیم و تکمیل می‌گردد اکتفا کرد.

الف) اندازه‌گیری در محل و ترسیم نقشهٔ بنا در مکانی خارج از محوطهٔ کارگاه (تهیهٔ کروکی): برای برآوردن این هدف، شمای کلی پلان و نما به کمک چشم و با استفاده از متر تناسبات و اندازه‌ها بر روی کاغذ منتقل می‌شود و اندازه‌گیری به‌صورت موازی و بدون استفاده از یک پایهٔ مشترک ادامه می‌یابد و هریک از اندازه‌ها را به‌اندازهٔ قبلی ارجاع می‌دهیم. این روش ناگزیر باعث بروز اشتباهاتی در اندازه‌های عمومی می‌گردد که فقط بعضی از اندازه‌های کلی به وسیلهٔ مثلث‌بندی قابل جبران است. این یک روش اضطراری برای برداشت یک بناست (شکلهای ۱ و ۲).



شکل ۲ اندازه‌گیری بدون استفاده از پایهٔ مشترک و به‌طور موازی.



شکل ۳ نمونهٔ مثلث‌بندی که در آن AB پایه و A و B نقاط پایه و مراکز قوسها هستند.

در شکل ۲، دقت اندازه‌ها نسبی است و در آن از مثلث‌بندی استفاده نشده است. در این روش دستیابی به یک نقشهٔ دقیق و قابل قبول امکان‌پذیر نیست. از این روش تنها برای تهیهٔ نقشه‌هایی در مقیاس بیش از ۱/۱۰۰ و یا تهیهٔ نقشه‌ای که جنبهٔ کروکی دارد می‌توان استفاده کرد.

ب) برداشت و رولوهٔ دقیق بنا و ترسیم آن در محل کارگاه: در این روش مثلث‌بندی ضرورت می‌یابد که شیوهٔ کاربرد آن در اینجا تشریح می‌شود.

مثلث‌بندی: برای تشخیص دقیق نقاط مختلف یک بنا که در یک صفحه و در امتداد یکدیگر قرار دارند و برای برداشت و انتقال آنها در مقیاس مورد نظر بر روی کاغذ از مثلث‌بندی استفاده می‌شود. همانند شکل ۳، موقعیت نقاط A و B را به‌عنوان نقاط پایه تعیین می‌کنیم و در مکان، با اندازه‌گیری BC و AC و انتقال آنها توسط پرگار (به مرکز A و B) نقطهٔ C را به‌دست می‌آوریم. با تثبیت نقطهٔ C، حال سه خط پایه در اختیار داریم (AB و AC و BC) که برای سه ضلعی‌های بعدی مورد استفاده قرار می‌دهیم. از لحاظ نظری، موقعیت نقطهٔ D را می‌توان با سه ضلعی‌های مختلف به‌دست آورد، اما این روش در عمل مشکلاتی دربر دارد از جمله اشتباه در خواندن و اشتباهی که ممکن است بر اثر کشیده نشدن متر به اندازهٔ کافی یا شدتهای مختلف کشیدگی متر در اندازه‌گیریهای گوناگون و یا جابه‌جاییهای کوچک نسبت به نقاط پایه بر اثر جابه‌جایی رولوه کنندگان رخ دهد. تمامی این اشتباهات ممکن است برای هر اندازه‌گیری واحد هم اتفاق بیفتد، ولی با توجه به شکل ۴ می‌توان دریافت که روش مطمئنتر برای یافتن نقطهٔ D همانی است که در شکل ۳ نشان داده شده است، یعنی استفاده از پایهٔ AB، با آگاهی از اینکه B و A نقاط اصلی پایه هستند. پس همواره بهتر است با انتخاب یک پایهٔ اصلی از اندازه‌های کنترل استفاده کنیم. در عمل می‌توان از فاصلهٔ بین دو نقطه در امتداد هم در هر نقطه از بنا به‌عنوان پایه استفاده کرد مشروط بر آنکه آن نقطه قابل تشخیص باشد یا به کمک علایم رنگی به‌خوبی مشخص شده

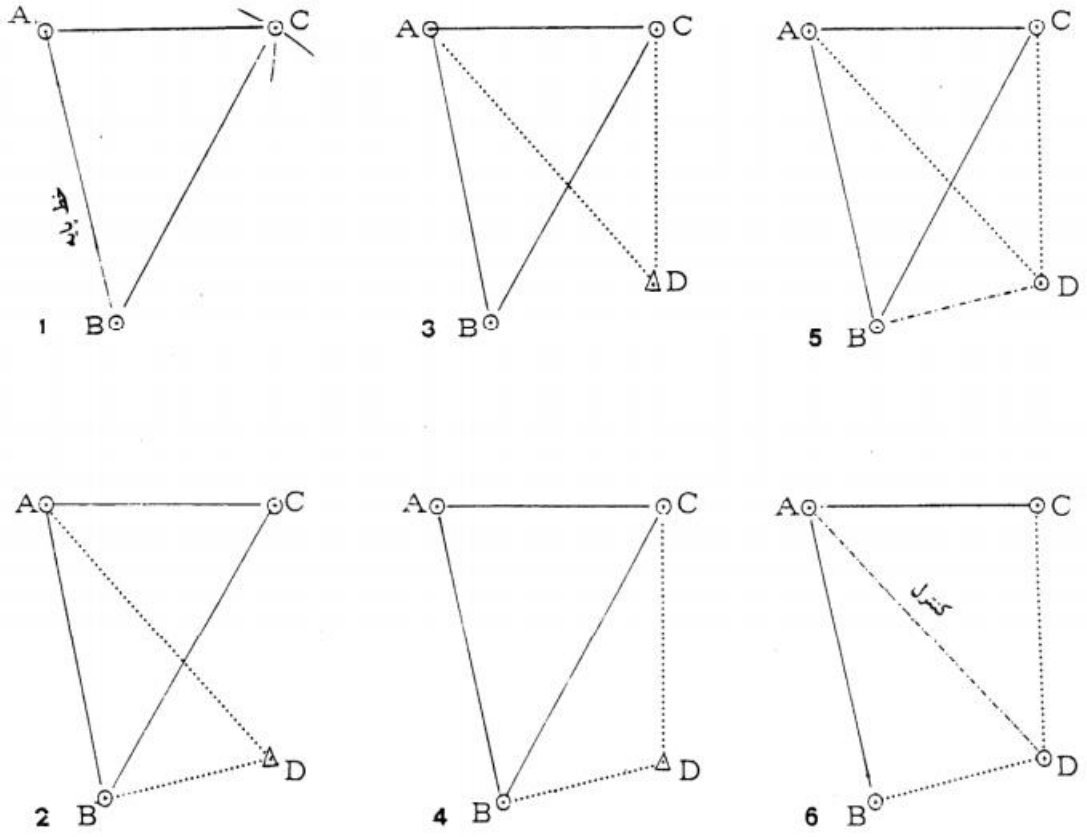
باشد.

نقاط پایه را می‌توان از هر قطری و مستقل از بنا اختیار کرد. این نقاط به‌وسیلهٔ دو میخ بزرگ که توسط یک طناب به‌هم متصل‌اند و پایه را تشکیل می‌دهند شکل می‌گیرد. از آنجایی که هر مجموعه دارای خصوصیاتی ویژه در برداشت و رولوه است، از مثالهای گرافیکی برای روشن شدن مطلب کمک می‌گیریم. در شکلهای ۵ و ۶ روش کار و دقتهای لازم برای انجام آن مشاهده می‌شود.

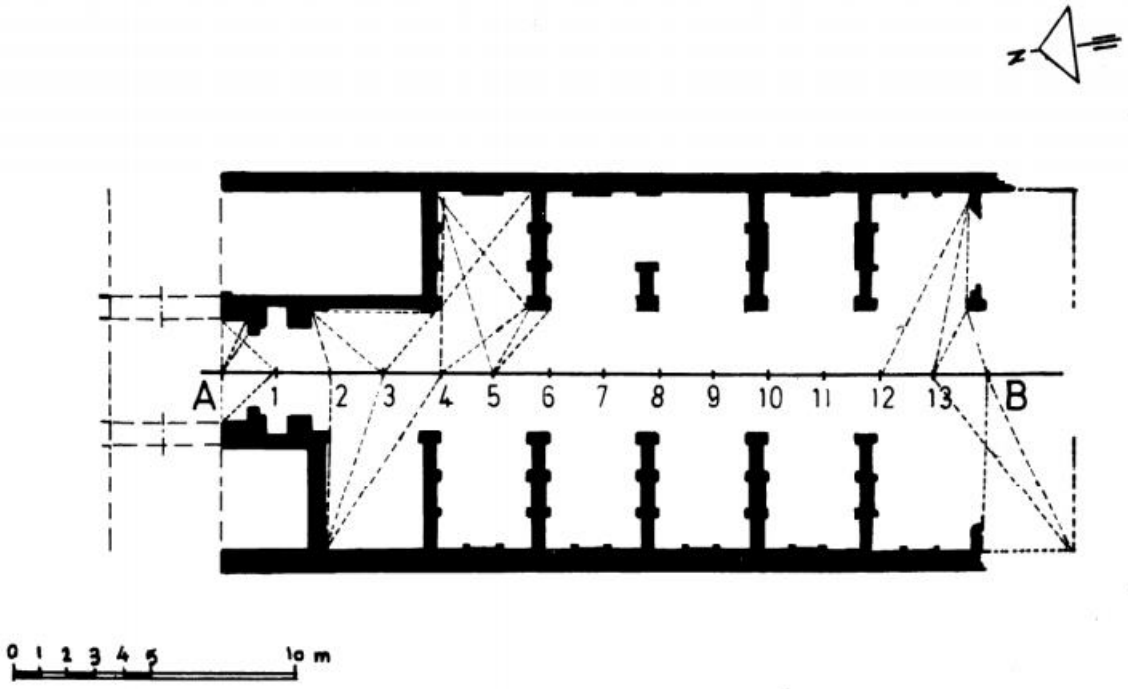
برای یافتن ابعاد فضای داخل بهتر است از پایهٔ مشترک AB که از داخل بنا به خارج امتداد می‌یابد (که با توجه به فرم بنا اختیاری است) استفاده کنیم. در شکل ۶، نقاط D و E را با توجه به عارضه‌های زمین انتخاب می‌کنیم. این نقاط باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که مثلث BDE به‌راحتی بر روی زمین بسته شود. نقطهٔ تقاطع AB و DE را نقطهٔ C می‌نامیم. اکنون پایهٔ CB به‌عنوان خط مشترک برای اندازه‌گیری داخل و خارج تعیین می‌گردد. چند ضلعی B-E-F-G-M-N-L-D را با توجه به عارضه و وضعیت زمین انتخاب و نقاط را در روی زمین میخ‌کوبی می‌کنیم. برای سهولت کار و اندازه‌گیری راحت‌تر و کوتاهتر می‌توان در روی اضلاع چند ضلعی فوق و خط مشترک ABC نقاط کمکی ۱ و ۲ و ۳ و . . . را مطابق شکل ۶ انتخاب کرد. اکنون از نقاط اصلی و نقاط کمکی، طبق قانون مثلث‌بندی در داخل و خارج بنا برداشت را آغاز می‌کنیم. هرچه نقاط بیشتری از بنا اندازه‌گیری شود، دقت عمل بیشتر خواهد بود.

پلان ابنیه را می‌توان به روشهای مختلفی برداشت و پیاده کرد: یک پلانیمتری ساده که محدود به برش افقی و پلان معکوس تمام نقاط بر روی صفحهٔ نقشه است. این پلانها در اشلهای خیلی بالا هستند (برای مثال، مقیاسهای ۱/۱۰۰ و ۱/۵۰ و ۱/۲۵).

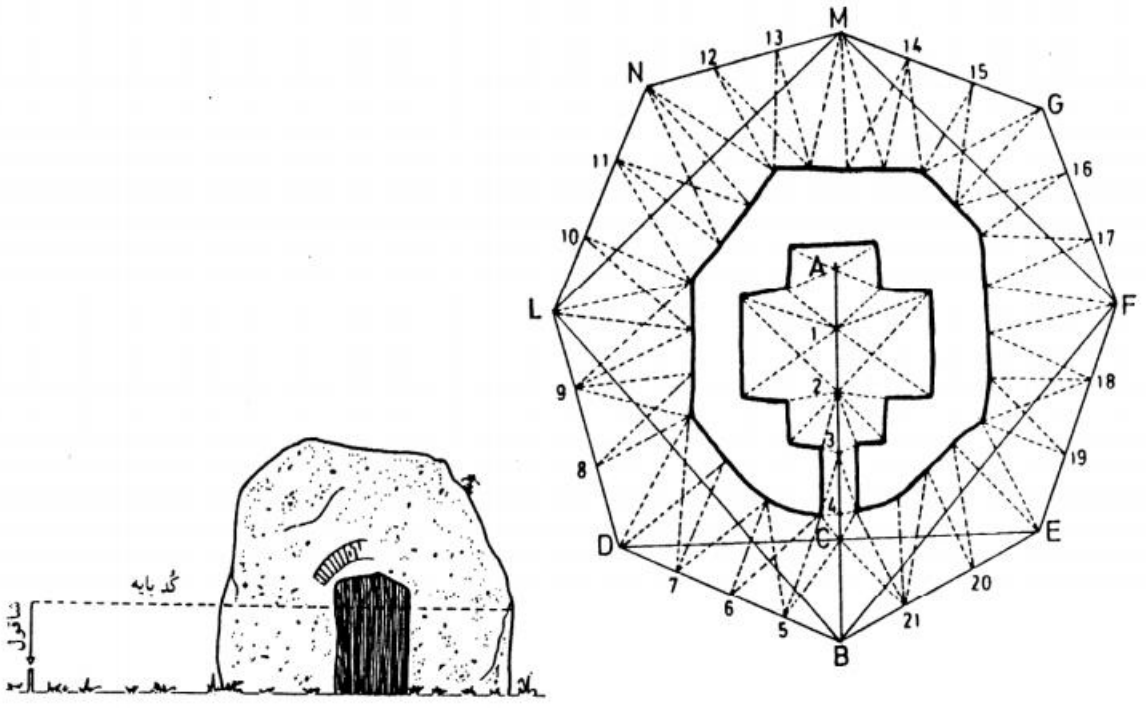
پلان تکمیل شده تمامی عناصر قابل رؤیت را که در



شکل ۴ شیوهٔ انتخاب یک پایهٔ اصلی.

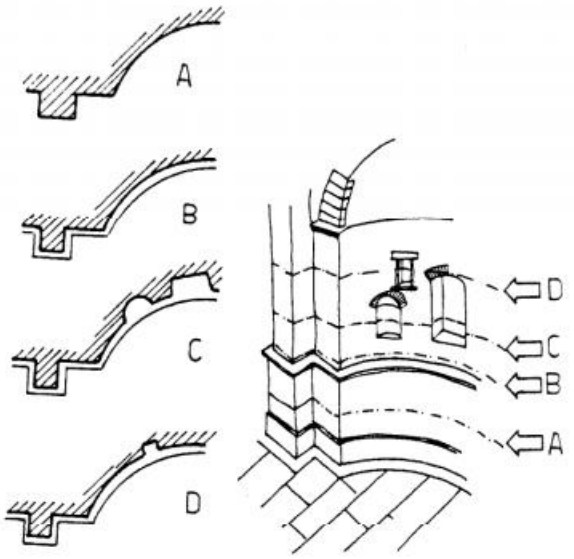


شکل ۵ ساوه بازارچهٔ حاجی ملک.

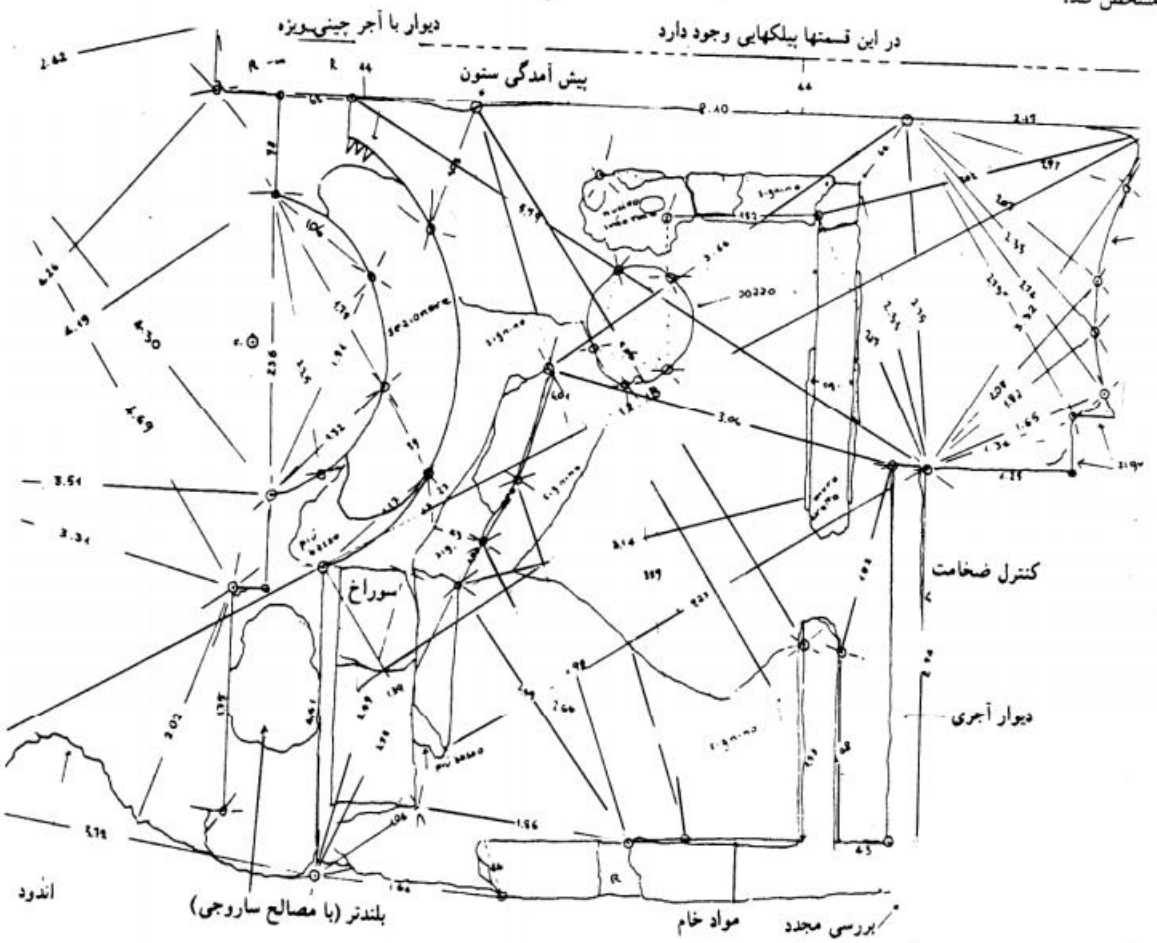


شکل ۶ انتخاب نقاط پایه به‌صورت مستقل: در این حالت مسئلهٔ عمده عبارت است از مرتبط کردن اندازه‌های فضای داخل با اندازه‌های نمای بیرونی تا اینکه قطر دیوار به‌طور غیرمستقیم به‌دست آید.

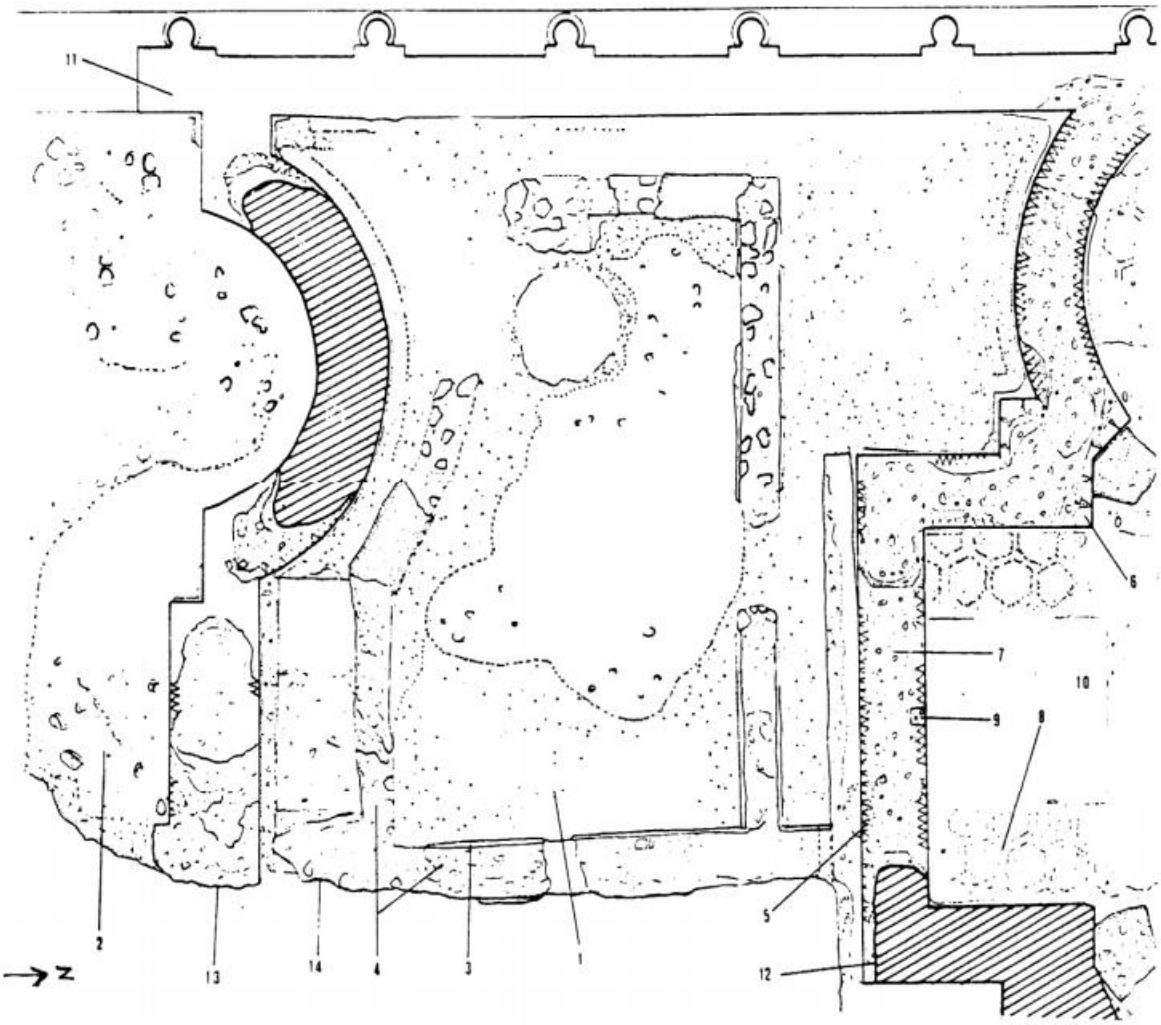
بخش زیرین خط برش هستند دربر می‌گیرد. در عمل، در چنین پلانی اگر فرض بر این باشد که دید و چشم ناظر در ارتفاع صفحهٔ برش باشد و به پایین نظاره کند، تمامی جزئیات قابل مشاهده هستند و تمامی برآمدگیهای دیوارها، اندودها (اگر در بخش تحتانی و در زیر صفحهٔ برش باشند)، کفسازی، تاقنماهای شکسته و فرو ریخته، قسمتهای فرو رفته، یعنی هر آنچه در واقعیت موجود است ظاهر می‌شود. با خط چین‌های مختلف عناصر واقع در بالای صفحهٔ برش (مثلاً پنجره‌های واقع در سطوح خیلی بالا، نورگیر و ...) و یا عناصر واقع در زیر صفحهٔ برش (مانند آبروهای کوچک و فاضلابها و ...) را نیز نشان می‌دهیم. سازه‌های برش داده شده با خط ضخیمتر و جزئیات قابل رؤیت از بالا و همچنین خط چین‌ها با علامت نازکتر نمایش داده می‌شوند (شکل ۷).



شکل ۷ نمایش پلان از کدهای مختلف: پلانهای مختلف (A، B، C، D) از کدهای متفاوت برشهای افقی نمایش داده شده است. در انتخاب این برشها باید کد مورد نظر از محلی انتخاب شود که بتواند تعداد بیشتری از عناصر را مشخص کند.



شکل ۸ برداشت اصلی مدادی که در محل تنظیم شده است.

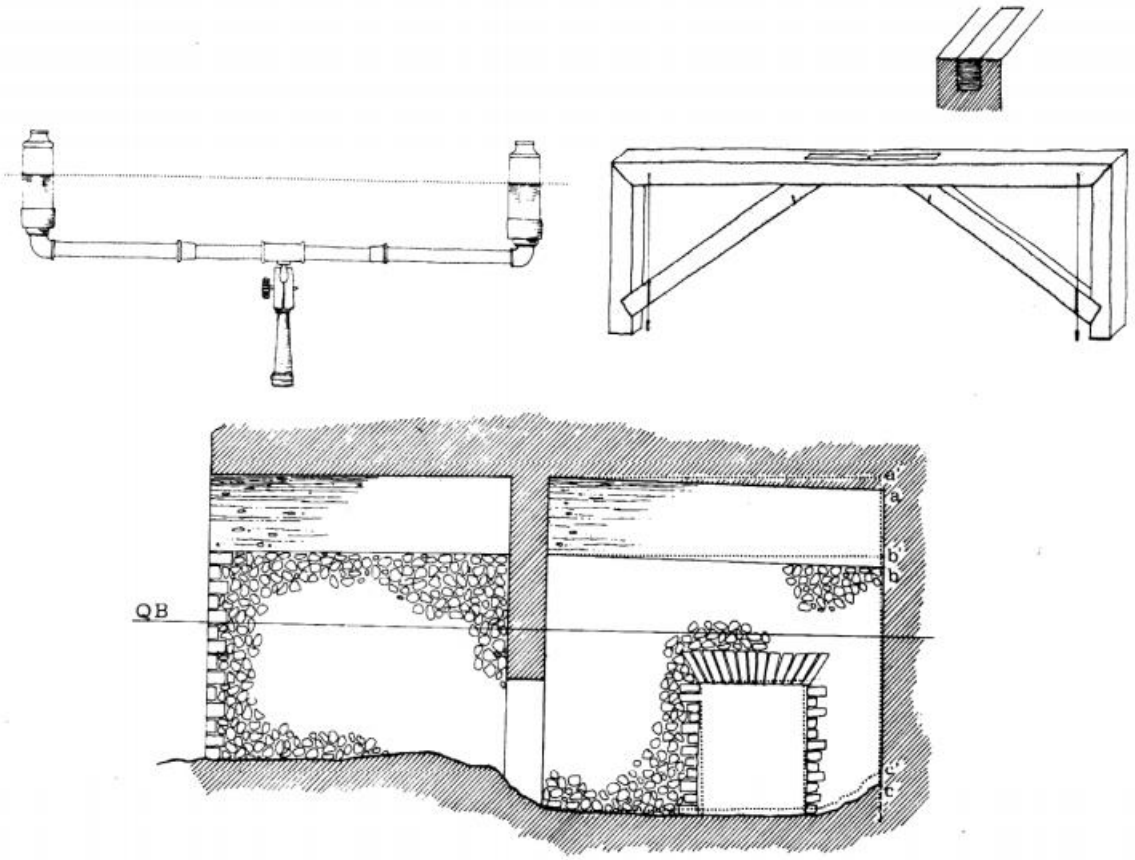


شکل ۹ برداشت اصلی مدادی با مشخص کردن مصالح به کار رفته * (۱. کف (رس پخته) ۲. زیرسازی کف ۳. قطراندود ۴. دیواری که در مرحلهٔ بعد به بنای اصلی ملحق شده است ۵. آمودی که مصالح آن به‌صورت لوزوی قرار دارند. ۶. آمود آجری ۷. دیوار ساروجی ۸. کفسازی با قطعات مرمری ۹. جاسازی کانال آب و غیره ۱۰. بقایای حوض آب در کف ۱۱. بخش مرمت شده ۱۲. خط برش ۱۳. مشخص کردن قسمتی که نیازمند برداشت ویژه است ۱۴. مشابه قبلی.)
* این نقشه جنبهٔ شماتیک دارد و فاقد مقیاس است.

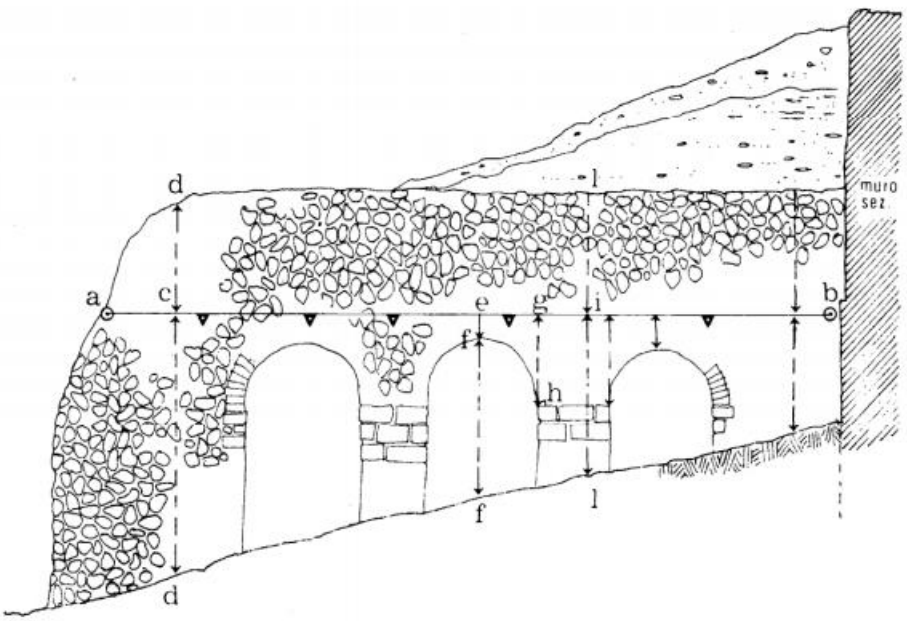
در ضمن برداشت باید با خطوط بسیار نازک امتداد اندازه‌های برداشت شده را مشخص کنیم؛ این خطوط بهتر است در خارج از دوایر کوچکی که شاخص نقاط پایه هستند متوقف گردند (شکلهای ۸ و ۹).

صفحه‌ای که در کارگاه تهیه می‌شود حکم یک دفترچهٔ یادداشت را دارد که تمامی اطلاعات و اندازه‌ها روی آن منتقل شده است و بهترین مکان برای پیاده کردن برداشت از بنا، محلی در مجاورت خود بناست.

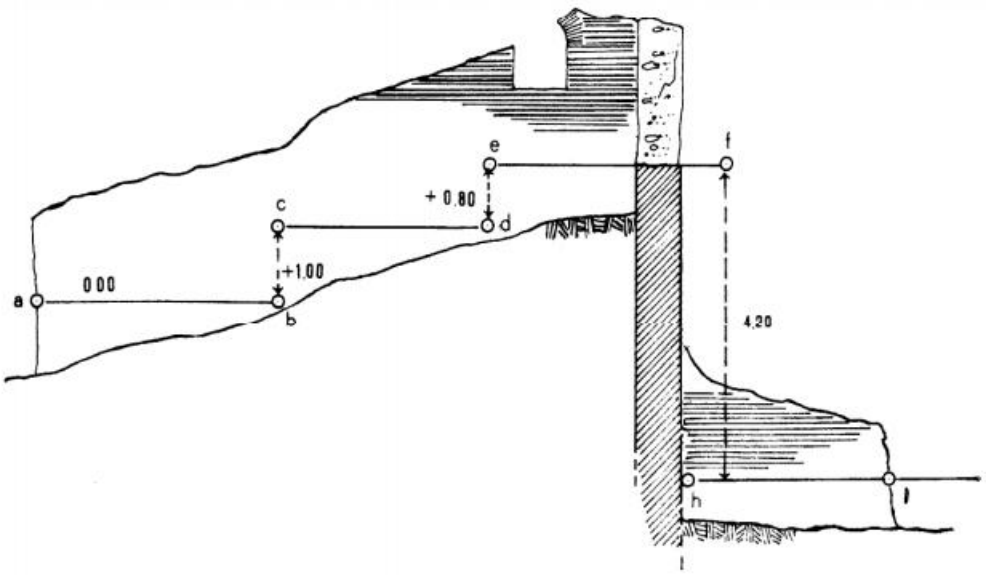
برداشت نما: با انتقال تصویر نما بر روی یک صفحهٔ عمودی، بخشهای عمودی (نما) بنا نمایش داده می‌شود. انتخاب یک کُد پایه (Q.B) یا کد 0.00 (Q: ± 0.00) یعنی یک خط افقی که بتوان بخش عمدهٔ بنا را بدان عطف داد، برای برداشت نما ضروری است. این کُد با استفاده از ترازهای مختلف از قبیل شلنگ تراز انتخاب می‌گردد (شکل ۱۰). می‌توان با استفاده از تراز بنایی و یک خط کش چوبی یا فلزی بلند و یک شاقول نیز این خط را تعیین کرد، ولی ترازهای آبی امکان دید وسیع را با ضریب اشتباه کمتر فراهم می‌کنند. در صورت عدم دسترسی به ابزارهای فوق می‌توان از تراز بنایی



شکل ۱۰ برداشت نما.



شکل ۱۱ نمایش نما با استفاده از کدهای افقی.



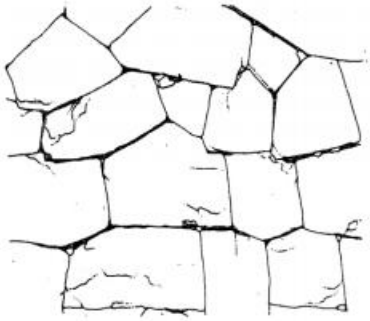
شکل ۱۲ نمایش برش یک بنای وسیع با استفاده از کدهای مختلف.

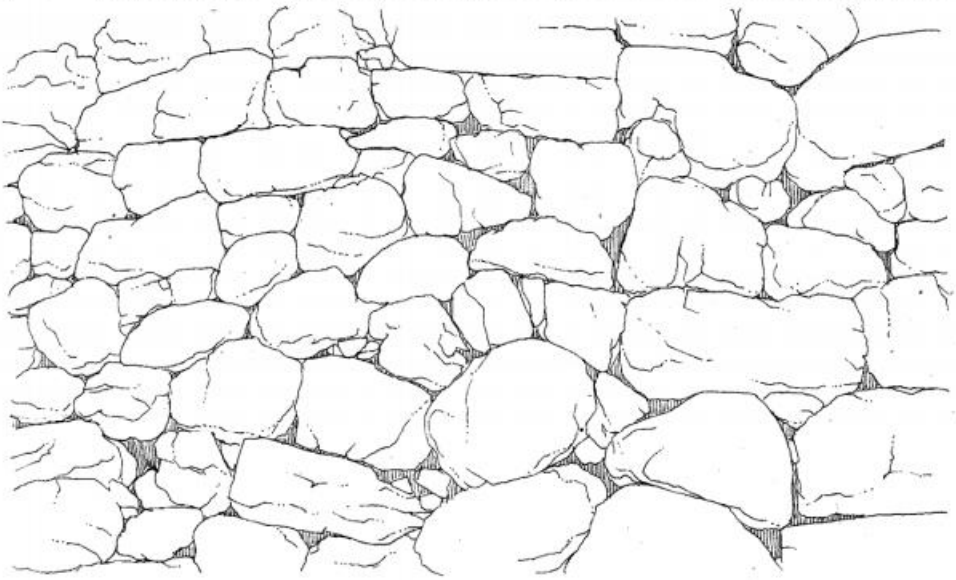
و خط کش بلند چوبی (ضمن کنترل دقت عمل) استفاده کرد.

همان‌طور که در شکل ۱۱ ملاحظه می‌شود، از موقعیت یک برشْ علایم کُد به‌وسیلهٔ فلشهای مثلثی کوچکی مشخص شده‌اند و برای تثبیت یک خط افقی مستدام، یک نخ را بین دو علامت در دو انتها نصب می‌کنیم. ابعاد و اندازه‌ها در بخشهای فوقانی و تحتانی این خط افقی قرار گرفته‌اند، به‌نحوی که بتوانیم روند درست نماهای فوقانی و تحتانی را به‌دست آوریم. این عمل در واقع روش رولوه از طریق نقاط مشخص است. بدین ترتیب، هرنقطه‌ای نیازمند یک اندازهٔ افقی و یک اندازهٔ عمود بر آن است. برای مثال، نقطهٔ D به‌وسیلهٔ ابعاد ac و cd (عمود برهم) مشخص می‌گردد.

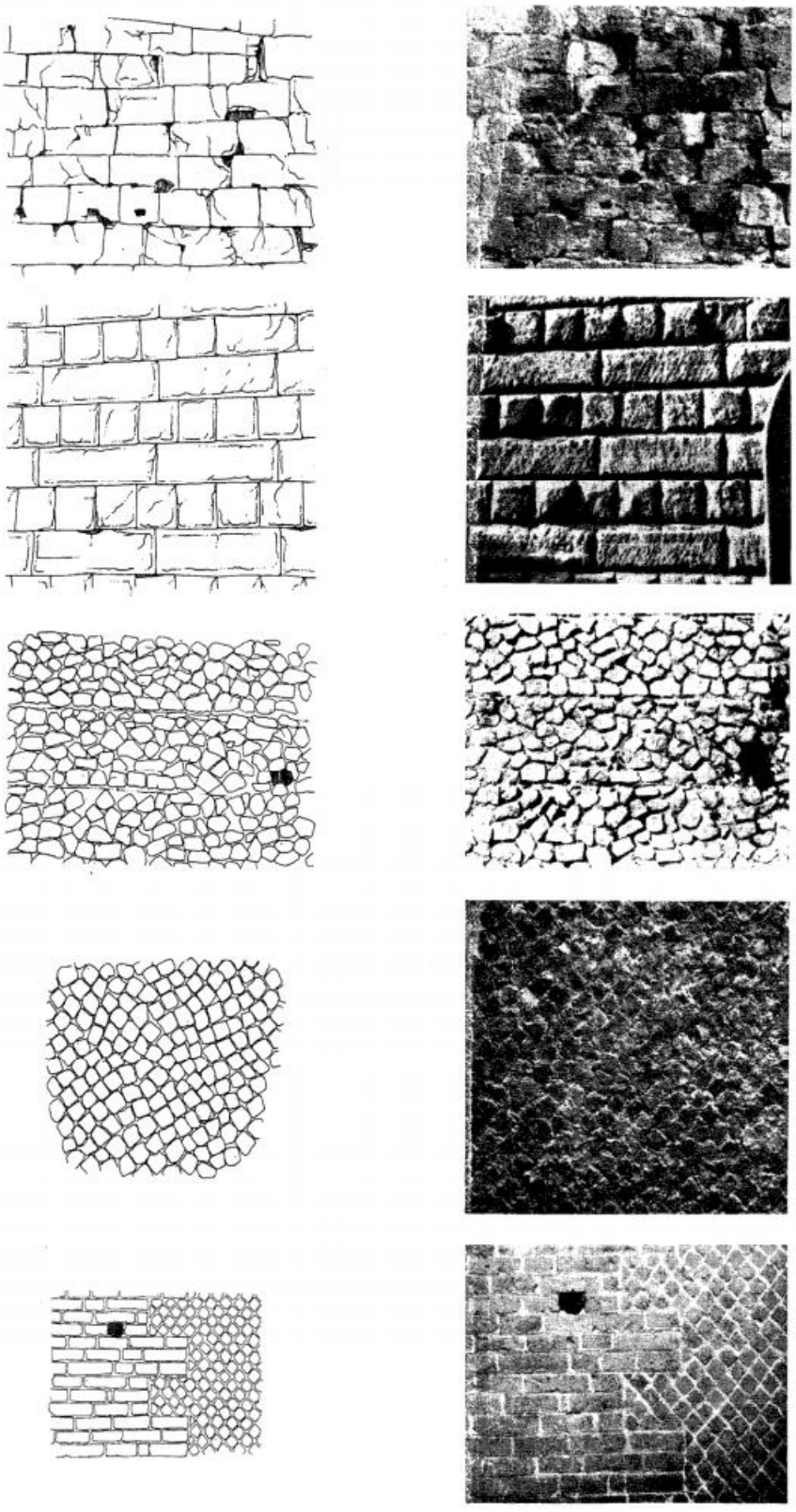
در هنگام مشخص کردن برش یک بنای وسیع تقریباً هرگز میسر نیست که بتوانیم از یک کُد ثابت افقی استفاده کنیم. در چنین شرایطی از کدهای مختلف ارتفاع به‌صورت مثبت یا منفی در سطوح مختلف از بنا استفاده می‌شود مشروط بر اینکه خطوط افقی با هم موازی باشند. در شکل ۱۲ مراحل کار نمایش داده شده است. در این شکل، کد c.d از کد پایه =0.100+ و کد ef = +0.80 از cd پس =180 از کد پایه (Q.B) و کد h1 = -4/20 از ef پس (-4/20 + 1/80 = 2/40) از کد پایه است.

برای ارائهٔ گرافیکی وضع موجود به این ترتیب عمل می‌شود که عین وضع موجود شامل مصالح، عوارض طبیعی، کلیهٔ ترکها و نشستها و . . . نمایش داده می‌شود (شکلهای ۱۵ ـ ۱۳).

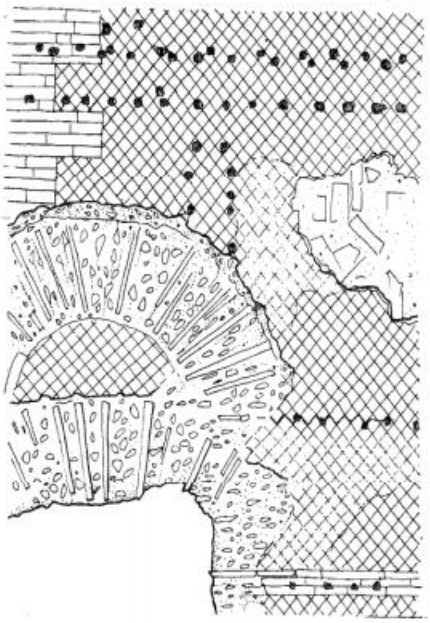


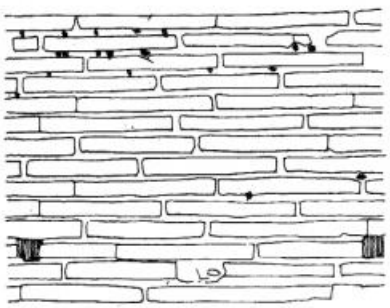


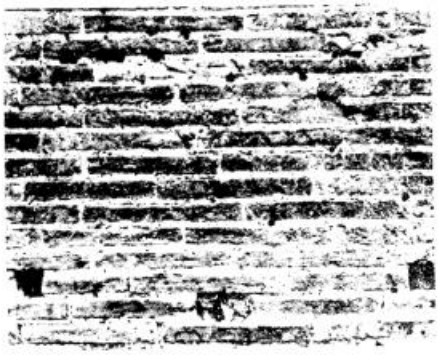
شکل ۱۳ نمایشهای گرافیکی (رولوه) از وضع موجود و ارائهٔ آن.



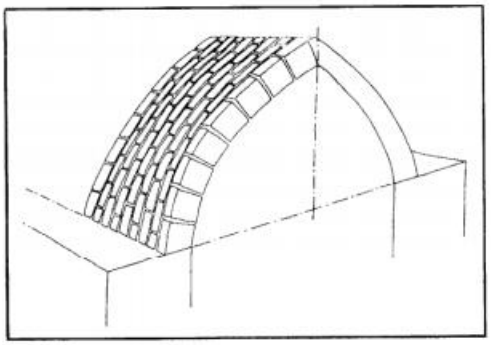
شکل ۱۴ نمونه‌هایی از نمایش گرافیکی بخشهای رولوه شدهٔ بنا در وضع موجود.







شکل ۱۵ نمونه‌هایی از نمایش گرافیکی بخشهای رولوه شدهٔ وضع موجود بنا.



درس دوم

نمونه‌هایی از سازه‌های معماری سنتی ایران

■

با توجه به اینکه مصالح اصلی بخش عمده‌ای از ابنیهٔ قدیمی و سنتی ایران گل، خشت و آجر است، پیش از پرداختن به مبحث سازه‌ای معماری ایران، به بررسی ماهیت مادهٔ اصلی این مصالح می‌پردازیم.

۱.۲ مصالح سنتی

۱.۱.۲ رس

رس ماده‌ای است معدنی که با تلاشی و تجزیهٔ سنگها بر اثر عوامل طبیعی حاصل می‌آید. عناصر تشکیل دهندهٔ آن عبارت‌اند از: اکسید سیلیسیم (که معمولاً سیلیس نامیده می‌شود ـ Sio_2) و اکسید آلومینیم (که معمولاً آلومین نامیده می‌شود ـ AL_2O_3).

کریستالهای خاک رس بسیار ریزند (کمتر از ۲ میکرون) و بیشتر دارای فرم شش ضلعی هستند. هر کریستالِ آن متشکل از حدود صدها عدد ورقهٔ باریک است و هرکدام از این ورقه‌ها از ۲ یا ۳ قشر سیلیس و آلومین تشکیل شده‌اند (شکل ۱).

ورقهای مونت موریلونیت بر روی هر دو سطح خود حامل گروههای اکسیدی (OH) و اغلب دارای بار منفی است و به همین دلیل است که یونهای مثبت (برای مثال، یونهای سدیم) می‌توانند در بین آنها محبوس شوند (شکل ۲).

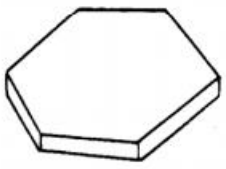
مولکولهای آب که دارای بار الکتریکی مثبت و منفی (دوقطبی)اند جذب فضای بین ورقها می‌شوند و بین آنها فاصله می‌اندازند و همین موجب ایجاد تورمی کلی در رس می‌شود. در محیطهای خشک آب تبخیر می‌شود و باعث انقباض بیشترِ رس می‌گردد (شکل ۳).

خاک رس سفید فقط در یک جانب از ورقهای خود دارای گروه اکسیدی است و به همین دلیل تورم آن کمتر از مونت موریلونیت است.

تمامی رسها هنگام مرطوب شدن شکل‌پذیر می‌شوند، زیرا که کریستالهای نازک آنها به سرعت و تحت فشاری نسبی بر روی یکدیگر می‌لغزند و اگر آب بیشتری به رس افزوده گردد، به‌طور کامل پراکنده خواهند شد (شکل ۴).

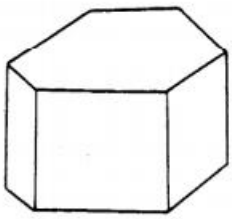
۲.۱.۲ خاک معمولی (زمین)

خاک معمولی دارای مواد معدنی رسی و سایر مواد معدنی از

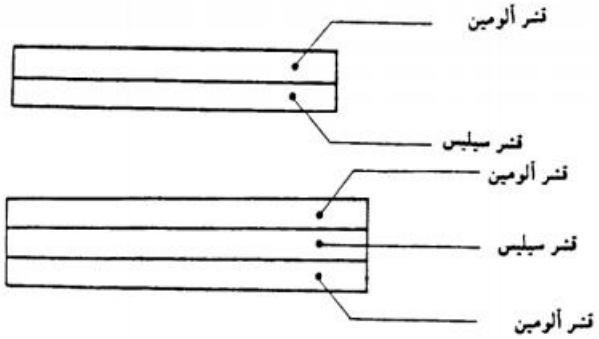


ورق

ورق رس سفید (کائولین)

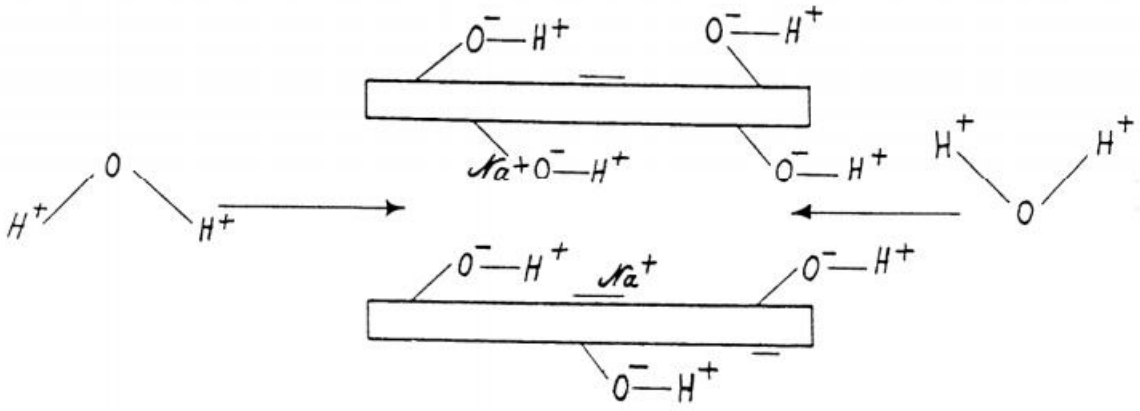


کریستال رُس

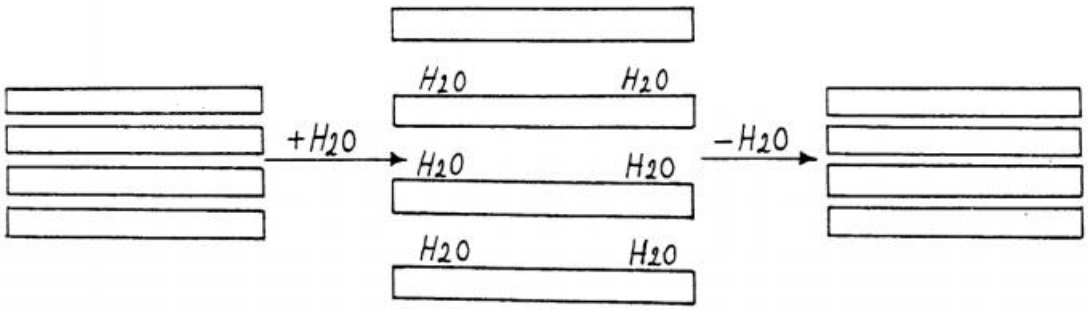


ورق یکی از کانی‌های تشکیل دهندهٔ رُس به نام مونت موریلونیت

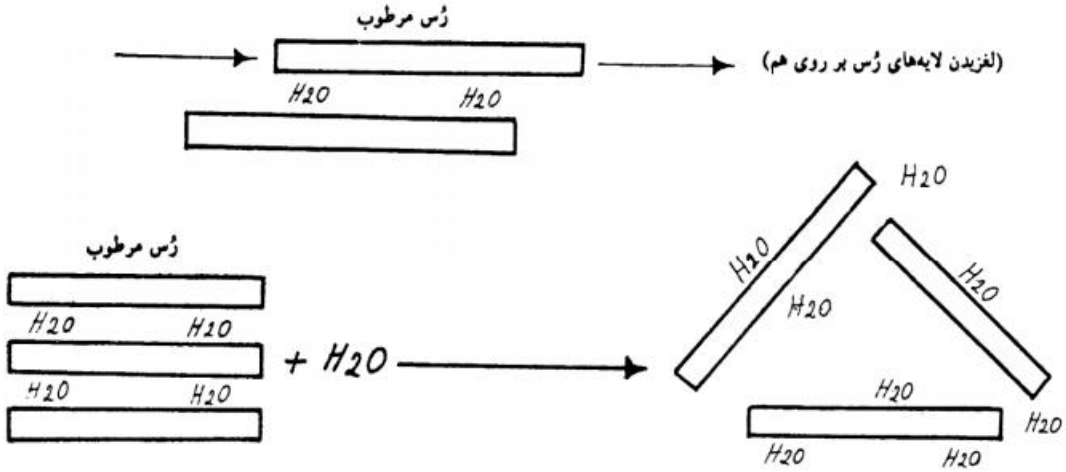
شکل ۱ نمایش کریستال رس و انواع رسها.



شکل ۲ محبوس شدن یونهای مثبت بین ورقهای مونت موریلونیت.



شکل ۳ تأثیر مولکولهای آب در رس.



شکل ۴ پراکنده شدن رُس بر اثر افزوده شدن آب.

جمله فلدسپات (مجموعه‌ای از موادّ معدنی شامل سیلیکاتهای آلومینیم، پتاسیم، سدیم و آهک که مواد اصلی و اساسی سنگهای آتشفشانی هستند) و کربنات کلسیم، کوارتز و غیره است که معمولاً اجزاء بزرگتر رس را تشکیل می‌دهند. عناصر متشکلهٔ خاک معمولاً بر اساس اندازهٔ آنها به شکل زیر قابل طبقه‌بندی است:

ذرات کوچکتر از ۲ میکرون : رس
ذرات ۲ تا ۵۰ میکرون : رسوب و گل و لای
ذرات ۵۰ میکرون تا ۰٫۲ میلیمتر : ماسه
ذرات بزرگتر از ۰٫۲ میلیمتر : شن

خاک غنی از رس معمولا حالت شکل‌پذیر دارد و چسبنده است و به‌هنگام خشک شدن جمع می‌شود و ترک می‌خورد. اما خاکهای غنی از شن و ریگ معمولاً حالت شکل‌پذیر ندارند و دانه دانه‌اند.

خاک رس و کاربرد آن به عنوان مادهٔ ساختمانی:

خاک رس اصولاً ماده‌ای است که برای چسباندن به کار می‌رود، ولی در حالت طبیعی بیشتر کریستالهای آن به‌صورت نامنظم و به‌شکل منجمد و لخته شده در هم می‌رود و چندان شکل‌پذیر نیست، در صورتی‌که اگر در زیر آب قرار گیرد، برای مدتی حالت لخته‌ایِ آن تغییر شکل می‌دهد و به‌صورت پراکنده درمی‌آید که حالت شکل‌پذیر دارد (شکل ۵).

به همین دلیل متناسبترین شیوه برای تهیهٔ رس خوب برای مصارف ساختمانی عبارت است از قرار دادن این ماده برای مدتی در زیر آب، زیرا بدین ترتیب خاصیت شکل‌پذیری آن تقویت می‌شود. مواد و مصالح غیررسی موجود در زمین و خاک نیز به‌نوبهٔ خود مفیدند، ولی بیشتر نقش مواد پرکننده‌ای را ایفا می‌کنند که به‌منظور کاهش جمع شدن‌ها و کم کردن ترکها (براثر خشک شدن) به کار می‌روند. استفاده از ماسه و ریگ در خاکی که از نظر رس بسیار غنی است مفید به‌نظر می‌رسد. سایر موادی که می‌توان به آن افزود عبارت‌اند از:

الف) مواد و مصالح ارگانیک فیبردار (الیافی) مانند کاه، موی حیوانات، سبوس، لویی، و

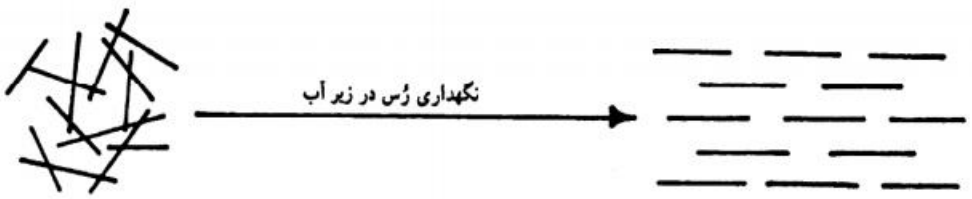
ب) مواد ومصالح ارگانیک که نسبتاً چسبنده و کم خرج‌اند، مانند فضولات حیوانات.

مقاومت رس در برابر نیروهای کششی بسیار ضعیف است و این ضعف را با افزودن مواد الیافی می‌توان جبران کرد. در حالی‌که مقاومت آن در برابر نیروهای فشاری (گاه تا حدود kg/m^2 ۴۵ـ۱۰) مطلوبتر است.

مواد چسبندهٔ ارگانیک با تقویت ارتباط میان ورقهای مختلف رس بر مقاومت آن در برابر آب می‌افزایند و از پراکندگی و پخش شدن آن جلوگیری می‌کنند.

از رس برای ساختن خشتهای گلی نیز استفاده می‌شود که با استفاده از قالبهای بی‌ته در روی زمین انجام می‌گیرد. خشت از گذشته به شکلهای گوناگون درست می‌شده است.

ملاتی شبیه به آنچه ذکر شد برای اتصال خشتها و ساختن دیوارها در گذشته به کار می‌رفته است. شکل دیگر



کریستالهای رُس در موقعیت پراکنده (باحالت شکل‌پذیری بیشتر)　　کریستالهای رس به‌صورت لخته و درهم

شکل ۵ فرایند تغییر ورقهای رس بر اثر جذب آب.

مورد استفاده از این ماده به شکل شبه کره بوده است که برای مدتی به‌صورت مرطوب نگهداری می‌شده و سپس در ساختن ابنیه به کار می‌رفته است.

در ساختن ابنیهٔ خشتی معمولاً خشتهای گلی به همراه مصالح دیگری به‌کار می‌روند تا به این ترتیب نقاط ضعف خاص این مصالح برطرف شود. از جملهٔ این مواد و مصالح می‌توان به مواد زیر اشاره کرد:

الف) چوب: این ماده زمانی در ابنیهٔ خشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقاومت خوب در مقابل نیروهای کششی و خمشی لازم باشد.

ب) حصیر: افزودن حصیرهایی که از برگ درخت خرما ساخته شده‌اند به این ماده در پخش و تقسیم نیروهای فشاری در سازه‌های سنگین بسیار مؤثر است.

پ) تسمه‌های نی: از تسمه‌های نی به‌صورت زنجیر در داخل سازه استفاده می‌شود که مهار داخلی سازه را بر عهده می‌گیرند.

ت) خشت پخته: معمولاً در پوستهٔ خارجی بنا برای حفاظت آن از باد و باران مورد استفاده واقع می‌شود.

ث) سنگ: در پی و در قرنیزهایی که باید در برابر آب مقاوم باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

معمولاً از اندودی از گل، که از نظر مواد الیافی بسیار غنی است، در تزیین سطحی دیوارهای خشت خام استفاده شده است؛ از جملهٔ این مواد الیافی می‌توان کاه و پشم شتر و سبوسِ برنج را نام برد. این اندود غالباً به سرعت فرسایش می‌یابد و باید به‌صورت مدام ترمیم شود.

به‌هر صورت، در این ابنیه از اندودهای مقاومتر مانند گچ و آهک نیز به‌صورت اندود استفاده شده است، ولی استفاده از این مواد برای اندود بنا، ممکن است عواقبی در پی داشته باشد، از جمله اینکه امکان دارد مواد و مصالح بخش داخلی دیوارها از طریق درزهای اجتناب‌ناپذیر مورد تهاجم عوامل فرساینده قرار گرفته باشند، بی‌آنکه در قشر مقاوم خارجی عارضه‌ای به چشم آید. به هر صورت، ارائهٔ روشی منطقی برای بررسی و مراقبت در چنین مواقعی کار آسانی نیست.

۲.۲ اشاره‌ای به سازه‌های معماری سنتی ایران (دیوارها و جداره‌ها)

دیوارها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

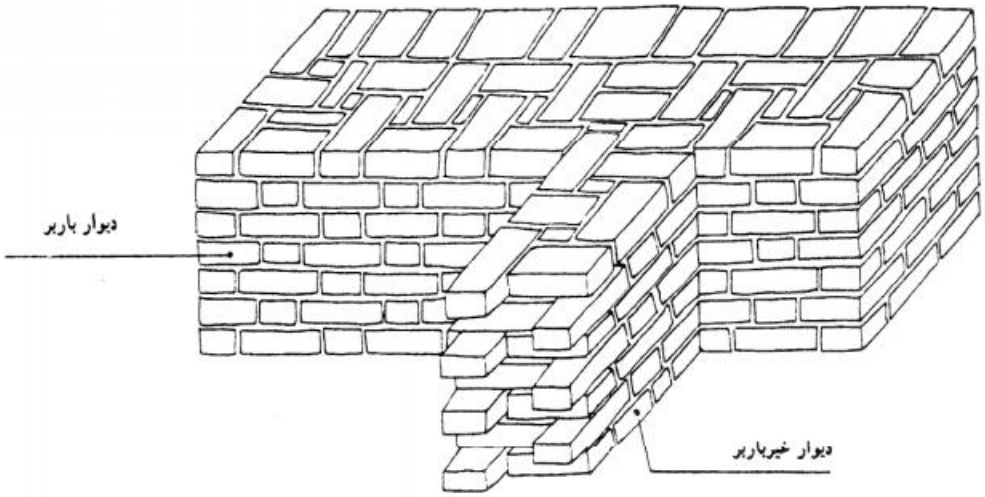
الف) دیوار باربر: ضخامت این دیوارها معمولاً از دیوارهای غیر باربر بیشتر است و بسته به نوع مصالح مورد استفاده برای دیوار، ضخامت آن متفاوت می‌شود. برای مثال، ضخامت دیوارهای باربر آجری حداقل ۳۵ سانتیمتر و ضخامت دیوارهای خشتی باربر حداقل ۸۰ سانتیمتر است. بار سقف معمولاً به دیوارهای باربر، و از طریق آن به پی و زمین انتقال می‌یابد.

ب) دیوار غیرباربر: این جداره‌ها که معمولاً به اسپر معروف‌اند، بسته به نوع مصالح، ضخامتهای متفاوت می‌یابند؛ مانند دیوار آجری که حداقل ۱۱ سانتیمتر و در سطوح کوچکتر به ۵ سانتیمتر می‌رسد.

در دیوارهای سراسری باربر در فواصلی معین از جرز یا پایه استفاده می‌شود که مقاومت دیوار را بیشتر می‌کند. در مواردی برای ایجاد فضای وسیعتر، به‌جای دیوار باربر از ستون استفاده می‌شود و این ستونها دارای مقاطع مختلفی از قبیل مربع، دایره و مستطیل‌اند.

در اجرای دیوارها معمولاً جرز و پایهٔ باربر را با اسپر یکجا نمی‌سازند، زیرا نشست پایه‌ها با دیوارها فرق دارد. ابتدا پایه اجرا می‌شود و پس از نشست لازم، اسپرها به توسط هشت و گیر به پایه یا دیوارهای باربر ساخته شده متصل می‌شوند (شکل ۶).

معمولاً در مواقعی که بارها یکنواخت بر دیوار وارد نمی‌شود، امکان ترک در فصل مشترک نقاط تحت فشار (بار) با سایر نقاط وجود دارد و برای رفع این مشکل دیوار را در قسمتهایی که بارگذاری نشده‌اند با تاقچه و رف سبک می‌کنند.



شکل ۶ اتصال دیوار غیرباربر به توسط هشت و گیر به دیوار باربر.

۳.۲ نمونه‌هایی از پوششهای معماری سنتی

پوشش در معماری سنتی ایران با توجه به آب و هوا و اقلیمهای مختلف، معمولاً در دو نوع مسطح و منحنی اجرا می‌گردد.

۱.۳.۲ پوشش مسطح

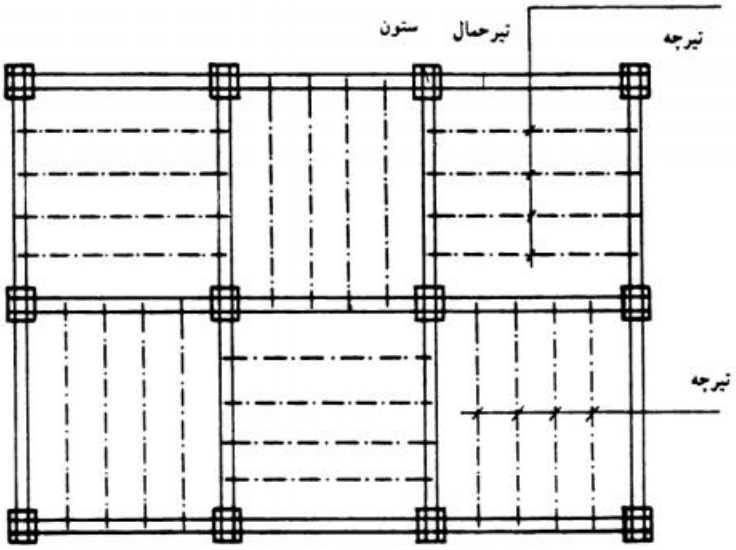
این نوع پوشش، که به پوشش آسمانه نیز موسوم است، خود در دو نوع متداول بوده است:

تیرپوش: در سقفهای صاف از دو نوع تیرچوبی استفاده می‌شده است، تیرهای حمال، و تیر و تیرچه (شکل ۷).

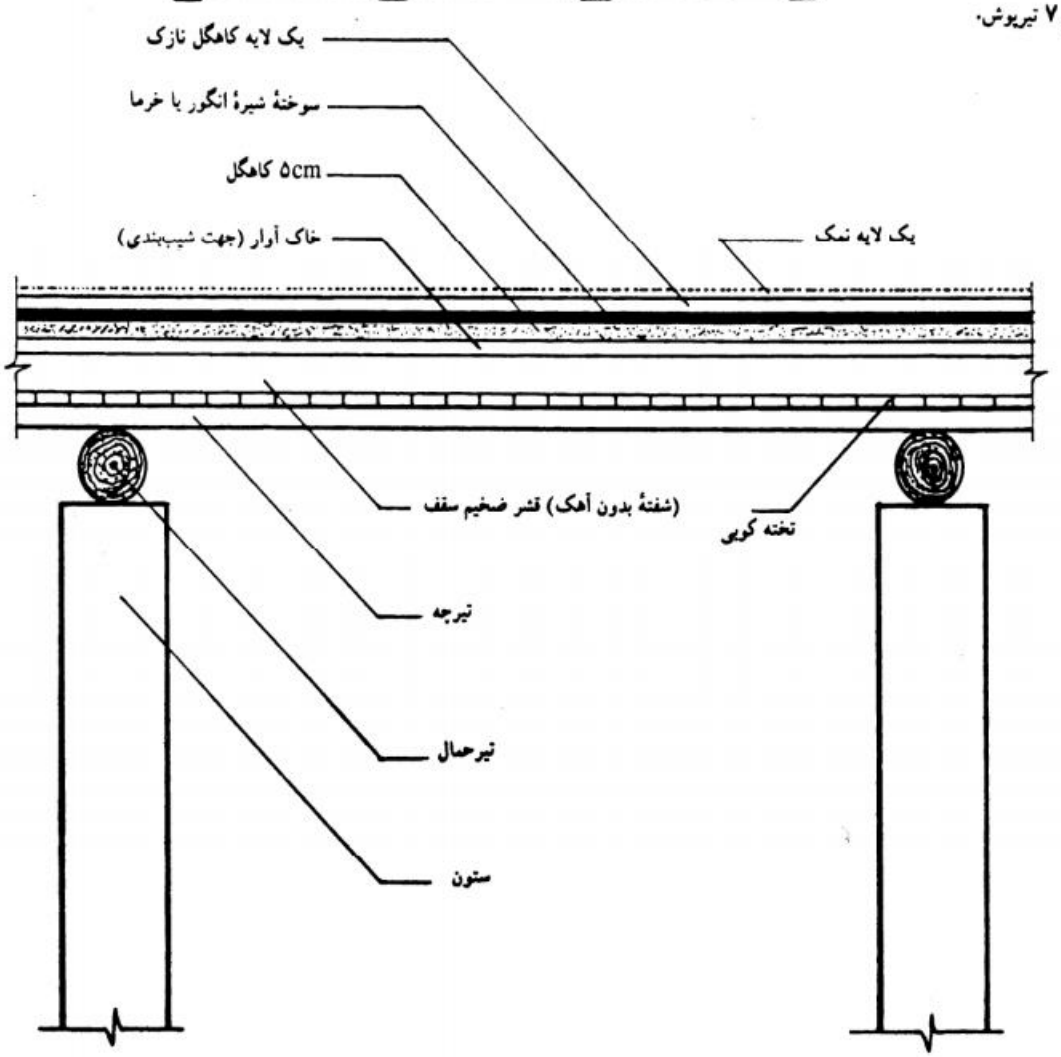
پس از گذاشتن تیرهای حمال و تیرچه‌ها، با تخته و یا دستک روی تیرچه‌ها را می‌پوشانند و سپس تخته را از برگ و شاخه‌های گیاهی می‌پوشانند تا بین گل و تخته فاصله ایجاد کنند. سپس روی این جداره قشر ضخیم گل سقف به‌کار می‌رود. این گِل در اصطلاح معماری سنتی به شفتهٔ بدون آهک یا غوره گِل معروف است (ماسه + سنگریزه + گل رس + ورز دادن). ضخامت این قشر در حدود ۵ سانتیمتر است. سپس خاک آوار برای شیب بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لایهٔ بعدی متشکل از یک قشر ۵ سانتیمتری ملات کاهگل است که باید به مدت پانزده روز همراه با ورز دادن نگهداری شود تا به‌خوبی عمل آید و سپس یک قشر از شیرهٔ سوختهٔ انگور یا خرما بر روی کاهگل فوق به‌کار می‌رود و مجدداً ۲ سانتیمتر کاهگل مالی نهایی انجام می‌گیرد. در مرحلهٔ آخر یک لایه نمک روی آن پاشیده می‌شود (شکل ۸).

شایان ذکر است که مهمترین اصل در مورد سقفهای مسطح سنتی که به این ترتیب اجرا می‌شوند، نگهداری و مراقبت مداوم از آنهاست، از جمله سنگ زدن پیوستهٔ کاهگل. با توجه به اینکه قدرت پوشش چوب بین ۳٫۵ تا ۴ گز (۳۰٫۴ـ۷۵٫۳ متر) است، طراحان بنا با تقسیم‌بندیهای تیرریزی در جهات مختلف (مطابق شکل ۸) تا حد امکان دهانه‌ها را بزرگتر انتخاب کرده‌اند و فقط یک نوع چوب (کُنار) قدرت پوشش دهانه‌های در حد ۶ متر را دارد. برای حفاظت بیشتر از سقفهای چوبی تلاش می‌شود تا از چوبهایی استفاده کنند که کمتر مورد تهاجم موریانه باشد، زیرا در بخش اعظم شهرهای ایران انواع مختلفی از موریانه‌ها موجود



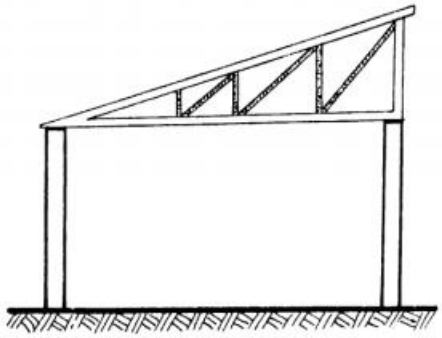
شکل ۷ تیرپوش.



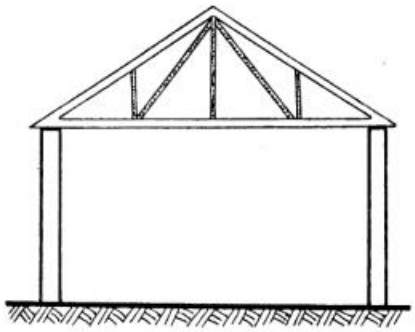
شکل ۸ اجرای پوشش مسطح.

است.

خرپشته یا شیروانی: نوع دیگری از پوشش مسطح، پوشش شیبدار به صورت خرپشته و واریخته است که این نوع پوشش در مناطق شمالی ایران و مکانهایی که چوب کافی و بارندگی بیشتر است، مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۹). برای پوشاندن این نوع سقفها از خرپای چوبی استفاده می‌گردد که لایهٔ بیرونی آن با مصالح عایق مانند سفال پوشانده می‌شده که اخیراً از ورقه‌های آهن گالوانیزه یا مصالحی مانند ایرانیت و غیره استفاده می‌شود (شکل ۱۰).



پوشش واریخته

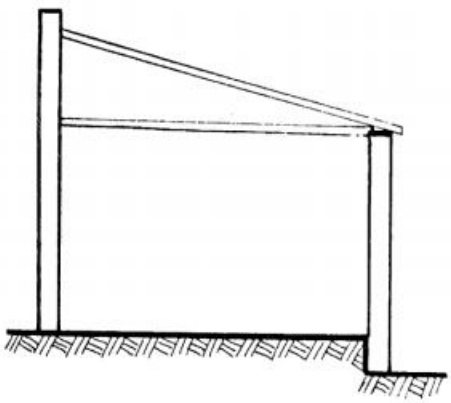


پوشش خرپشته

شکل ۹ انواع پوششهای شیبدار.

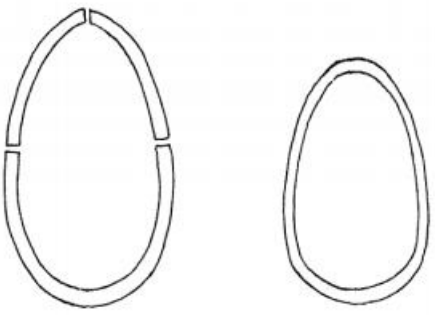
۲.۳.۲ پوشش منحنی (سغ)

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 دهانه‌های بزرگ با آنها میسر است، این نوع پوشش همواره مورد توجه بوده است. برای مثال، می‌توان قدرت لایه‌های منحنی را در کفل قناتها مشاهده کرد که ضمن تحمل وزن بسیار زیاد خاک، وظیفهٔ مورد نظر خود را نیز انجام می‌دهند (شکل ۱۱). همچنین در سیلوها به‌منظور تحمل فشار بار انبار غله از پوشش منحنی استفاده می‌شود (شکل ۱۲). در پوششهای خاکی یا تخم‌مرغی (شکل ۱۳) از قسمت (۱) برای پوشش دهانه‌های وسیع و از قسمت (۲) برای پوشش دهانه‌های



لایه‌کوبی (توفال کوبی)

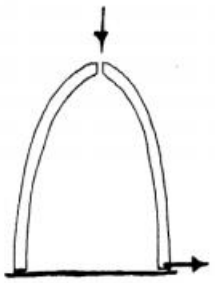
شکل ۱۰ سقف کاذب زیرپوشش اصلی بام.



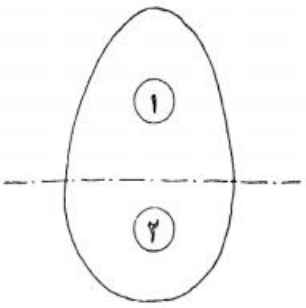
کفل در قناتهای ایستاده از سه بخش تشکیل می‌شود.

کفل در قناتهای دولارو یک تکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۱۱ استفاده از لایه‌های منحنی در قناتها.



شکل ۱۲ استفاده از پوشش منحنی در انبار غله.



شکل ۱۳ پوشش خاگی (تخم‌مرغی)

کوچک (مانند درگاهی) استفاده می‌شود.

سه نوع پوشش منحنی در معماری سنتی ایران قابل مشاهده است: ۱. چَفد (قوس)؛ ۲. تاق؛ ۳. گنبد.

چَفد (قوس): این پوشش در نقاط مختلف کشور نامهای متفاوتی دارد؛[1] در مناطقی به چُغْد و یا شَفْد موسوم است و به زبان لاتین آرک یا آرگ نامیده می‌شود.

چفد یا قوس باریکه‌ای است که بین دو پایه یا دو دیوار اجرا می‌شود و مانند تیر حمال (باربر) وزن تاق و سقف را به پایه‌ها منتقل می‌کند. معمولاً در محل تکیه‌گاههای قوس رانش ایجاد می‌شود (شکل ۱۴)؛ در معماری ایران، برای تضمین تعادل قوس و خنثی کردن رانش آن از روشهای زیر استفاده شده است:

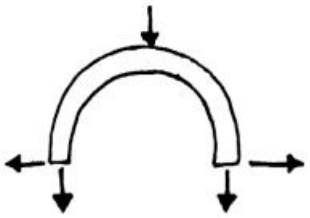
الف) سنگین کردن تکیه‌گاه قوس (ایجاد ضخامت بیشتر در پایهٔ جرز) (شکل ۱۵).

ب) استفاده از مهارچوبی (شکل ۱۶).

پ) استفاده از پشتبند.

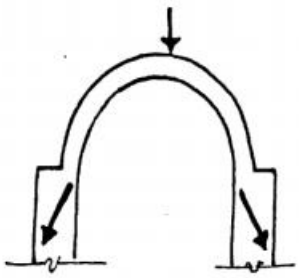
گاه نیز از ترکیب این روشها استفاده می‌شود.

چفد (قوس) دارای انواع گوناگونی است و از نظر اجرا نیز متفاوت است. به‌طور کلی، بار وارد بر قوس سبب فعل و انفعالاتی در آن می‌شود که با توجه به آنها، نوع منحنی و طریقهٔ اجرا نیز متفاوت می‌شود. اکنون برای آشنایی با قوس،



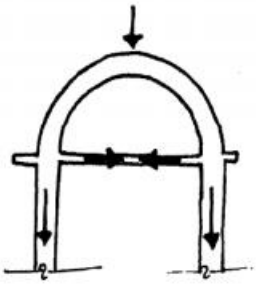
شکل ۱۴ نمایش توزیع نیروها. *

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



شکل ۱۵ سنگین کردن تکیه‌گاه قوس. *

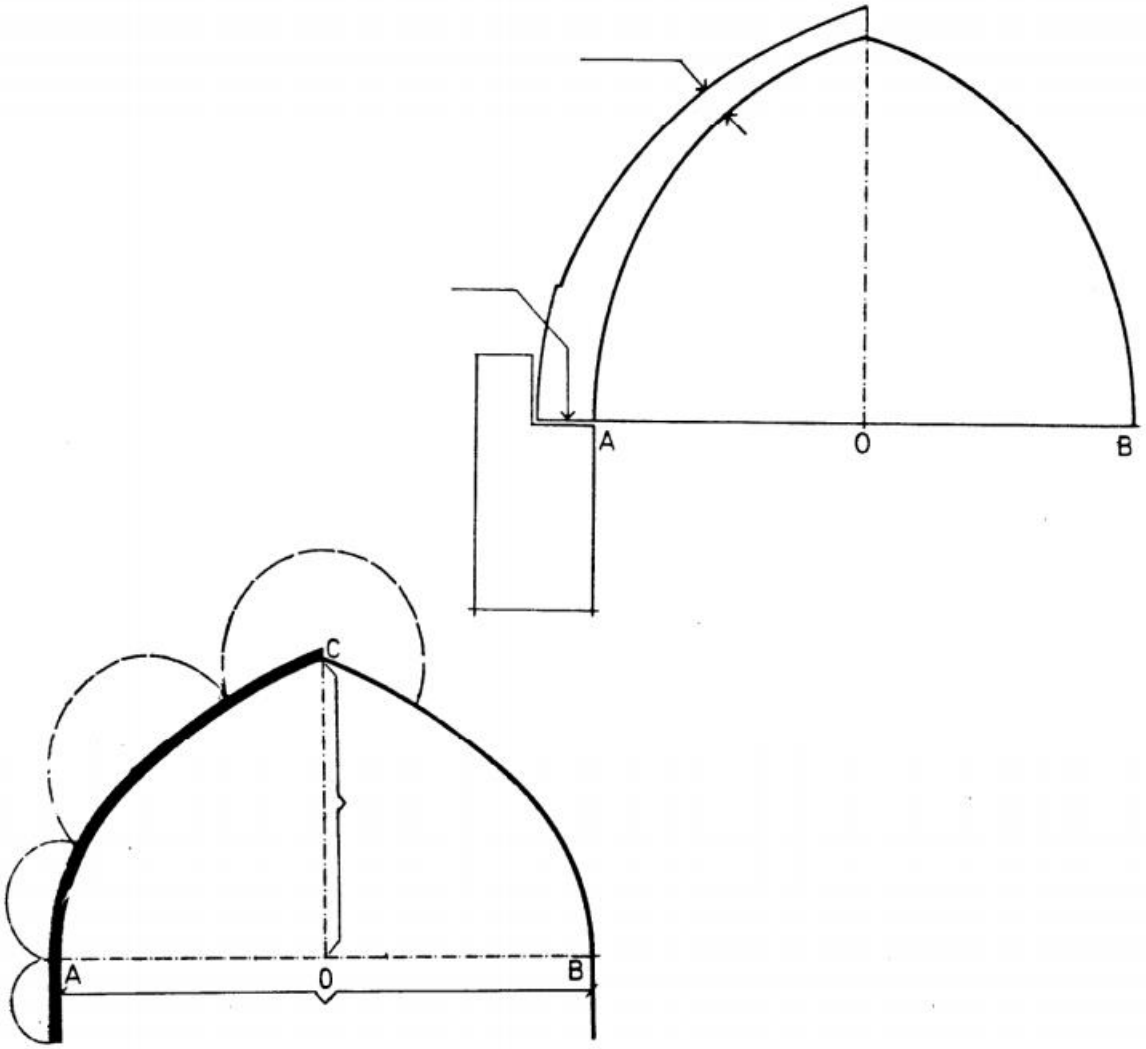
* مأخذ: مهدی فرشاد، تاریخ مهندسی در ایران تهران، گویش، ؟.



شکل ۱۶ استفاده از مهار چوبی. *

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

۱. تویزه، لنگه، باریکه، شاخه‌های منحنی شکل.

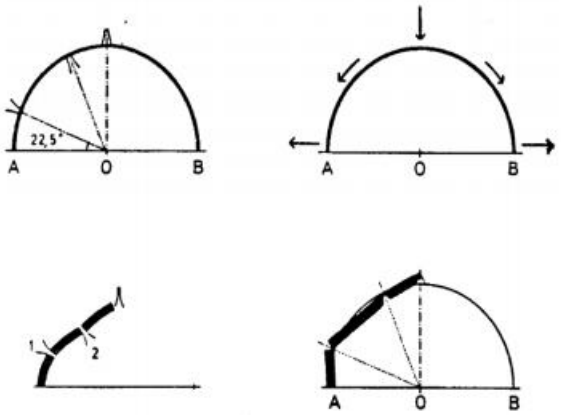


شکل ۱۷ بخشهای مختلف قوس.

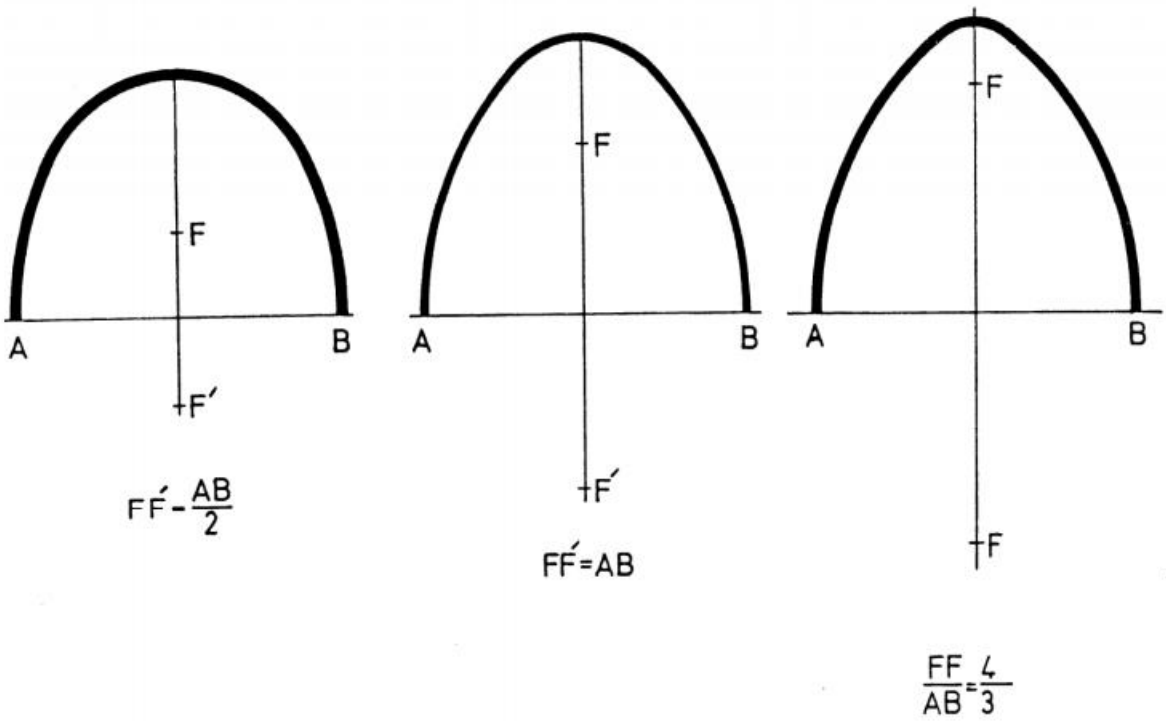
به معرفی قسمتهای مختلف آن (شکل ۱۷) و تأثیرات بارگذاری و تقویت نقاط ضعف آن می‌پردازیم.

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

بخشهای مختلف قوس نیمدایره بر اثر بارگذاری عکس‌العملهای مختلفی از خود نشان می‌دهند. مثلاً در شکرگاه (°۵ر۲۲)، قوس چاکیده به بیرون، در اِوارگاه



شکل ۱۸ عکس‌العمل قوس در مقابل بارگذاری.



شکل ۱۹ نمونه‌هایی از قوسهای قبل از اسلام.

چاکیده به درون و در نوک قوس کلکن می‌شود (شکل ۱۸).

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 هیچ‌گاه 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 می‌کنند. برای مثال، در بخشی از قوس با زاویهٔ ۲۲٫۵ (شکرگاه) با افزودن بار اضافی یا کنال پوشش (کانه پوش) از شکستن قوس جلوگیری می‌شود.

قوسهای بیضوی: پیش از اسلام در ایران از قوسهای بیضی شکل استفاده می‌شده و با توجه به دهانه‌های مختلف، نوع منحنی بیضی متفاوت بوده است (شکل ۱۹). در دهانه‌های وسیع فاصلهٔ کانونی بیش از دهانه است، در دهانه‌های متوسط فاصلهٔ کانونی تقریباً برابر دهانه است و در دهانه‌های کوچک فاصلهٔ کانونی نصف دهانه است. نمونهٔ این نوع قوس را در بناهای دورهٔ ساسانی از جمله در فیروزآباد، سروستان و تخت‌سلیمان می‌توان مشاهده کرد.

در دورهٔ بعد از اسلام، به‌علت وجود ارتفاع زیاد قوسهای بیضوی، برای پرهیز از عظمت‌گرایی، تلاش در جهت کاهش قوسها به‌عمل آمد و بدین منظور از دو بیضی متداخل استفاده شد (شکل ۲۰). قوس حاصل به قوس تیزه‌دار معروف شد.

نمونه‌ای از قوسهای تیزه‌دار و روش ترسیم آن: قوسهای تیزه‌دار در انواع مختلف اجرا می‌شوند که در اینجا روش ترسیم یکی از آنها به نام قوس پنج اوهفت معرفی می‌شود.

در اصطلاح پنج اوهفت، پنج به معنی روزنه، سوراخ و پنجره و اوهفت به مفهوم پوشانیدن و پوشش است. بنابراین معنای لغوی پنج اوهفت، پوشش درگاه و روزنه است. این قوس در سه نوع اجرا می‌گردد. نوع تند، نوع کند و نوع خفته یا افتاده. در اینجا برای نمونه به توصیف شیوهٔ ترسیم یک قوس پنج اوهفت به طریق چهار پرگاری می‌پردازیم

(شکل ۲۱). شیوه‌های دیگر را می‌توان در کتب مرجع جستجو کرد.

$CD = CB$

$O_1B = BD$

$O_1C = CE$

دایره‌ای به مرکز O_1 و شعاع O_1A

دایره‌ای به مرکز O و شعاع $O_1O + O_1A$

دایره به مرکز O و شعاع $O_2O + O_2B$

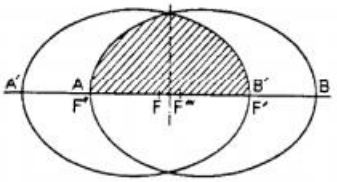
طریقهٔ ترسیم قوس پنج اوهفت: در شکل ۲۱ دهانهٔ AB موجود است. برای رسم قوس پنج اوهفت تند، دهانهٔ AB را نصف و عمود منصف CD را از مرکز دهانهٔ (C) رسم می‌کنیم. به مرکز B و شعاع BD دایره‌ای رسم می‌کنیم تا دهانهٔ AB را در نقطهٔ O_1 قطع کند. این نقطه (O_1) مرکز پاکار قوس (شکرگاه) است. از نقطهٔ B خطی عمود بر خط AB (دهانه) رسم می‌کنیم، روی این خط به اندازهٔ BD جدا می‌کنیم تا نقطهٔ O به دست آید. به مرکز O و شعاع O_1A - O_1O بقیهٔ قوس را رسم می‌کنیم. طرف دیگر قوس را نیز به همین صورت ترسیم می‌کنیم و قوس کامل می‌شود.

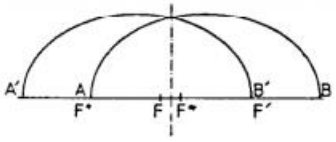
(به‌دلیل وجود چهار مرکز O_1، O_2، O' و O''، این روش رسم را چهار پرگاری می‌نامند.)

قوسهای دیگری که معمولاً در معماری ایران یافت می‌شوند عبارت‌اند از قوس دولنگه، قوس پاتوپا، قوس شبدری، قوس سه‌بخشی، قوس شاخ بزی و انواع قوسهای کلیل.

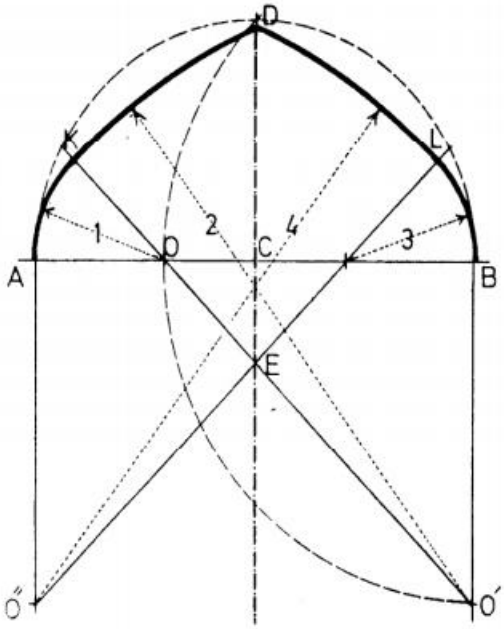
روش اجرای قوسها: قوسها به سه روش قابل اجرا هستند. روشی رومی، روش ضربی یا پَر و روش لاپوش یا تیغه‌ای.

اجرای قوس به روش رومی: در اجرای قوس به این روش آجرها در مقطع عمودی به‌صورت نره و در مقطع افقی به شکل صفحهٔ کامل دیده می‌شوند (شکل ۲۲). این روش در ایران پیش از اسلام معمول بوده است و در چغازنبیل نمونه‌ای از تاقهای آجری با اجرای رومی برجای مانده است. به هیچ‌وجه نباید تصور کرد که خاستگاه این قوس روم باستان بوده است؛ این روش منسوب به اروم (ناحیه‌ای در غرب ایران) است. این قوس دارای مقاومت بسیار خوب است ولی مستلزم دقت عمل در اجراست.



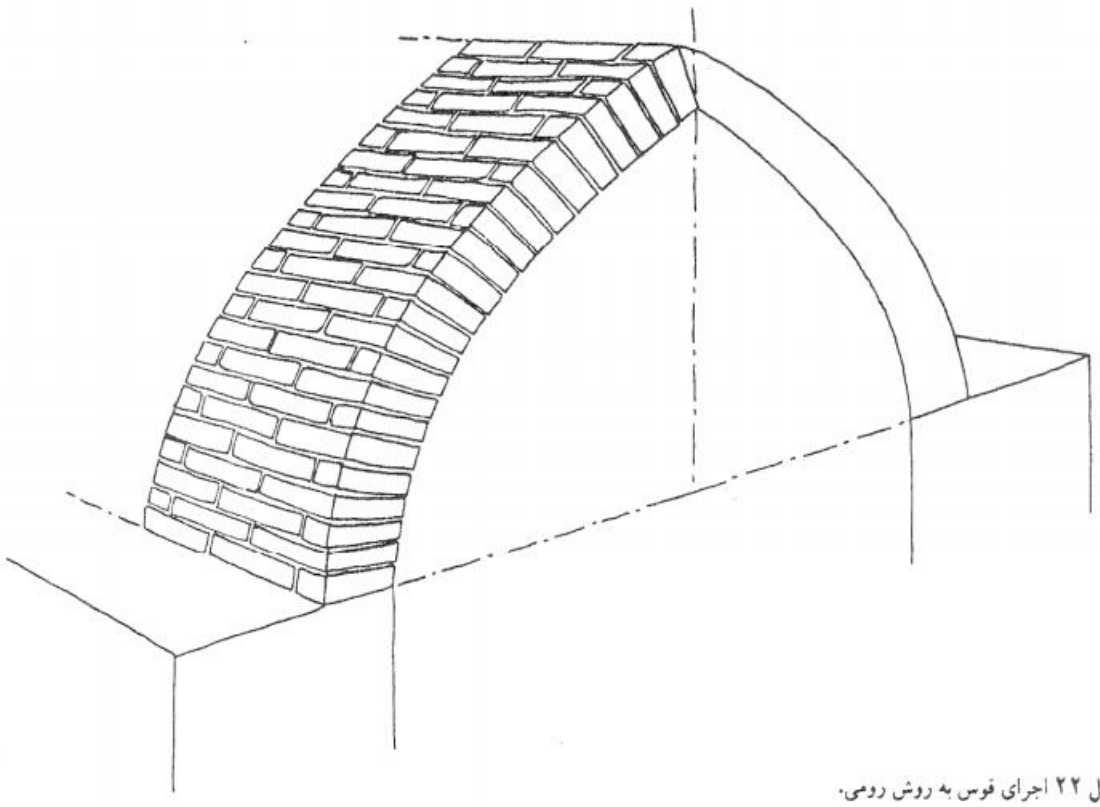


شکل ۲۰ نمونه‌ای از قوسهای بعد از اسلام.



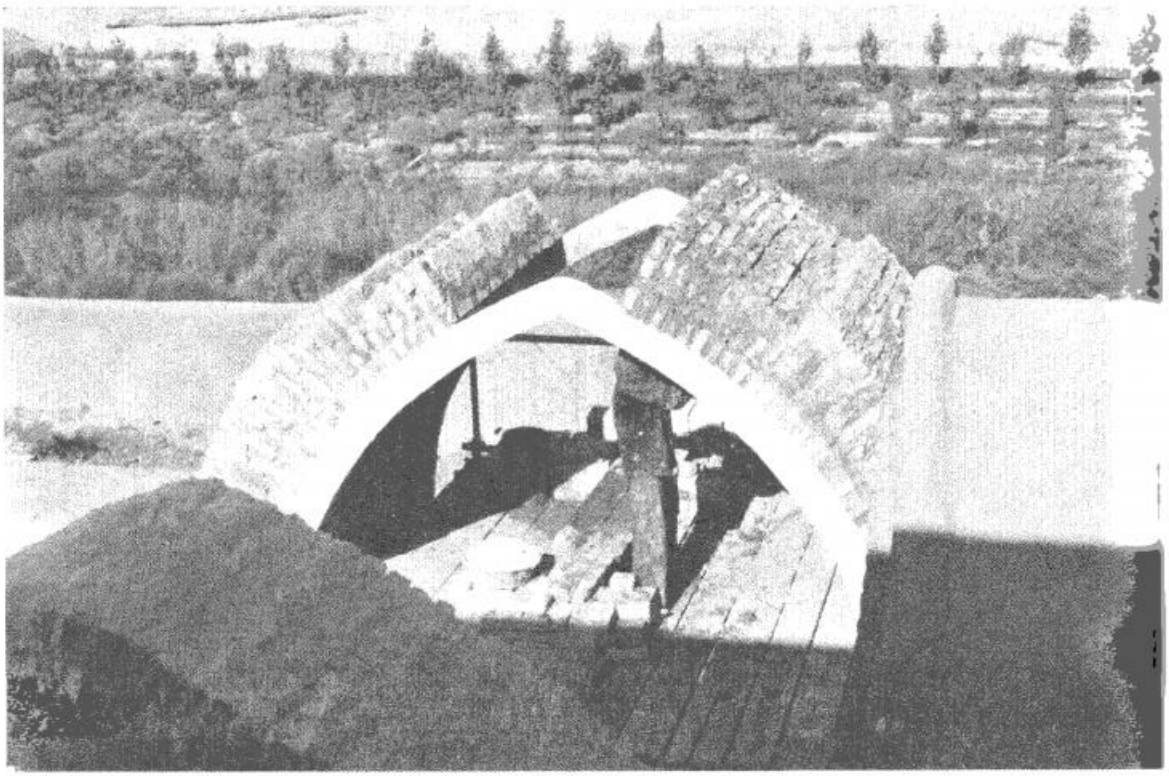
شکل ۲۱ ترسیم قوس پنج اوهفت به طریقهٔ چهار پرگاری.

تصویر ۱ اشتهارد ـ امامزاده، اجرای قوس رومی با استفاده از قالب دید.

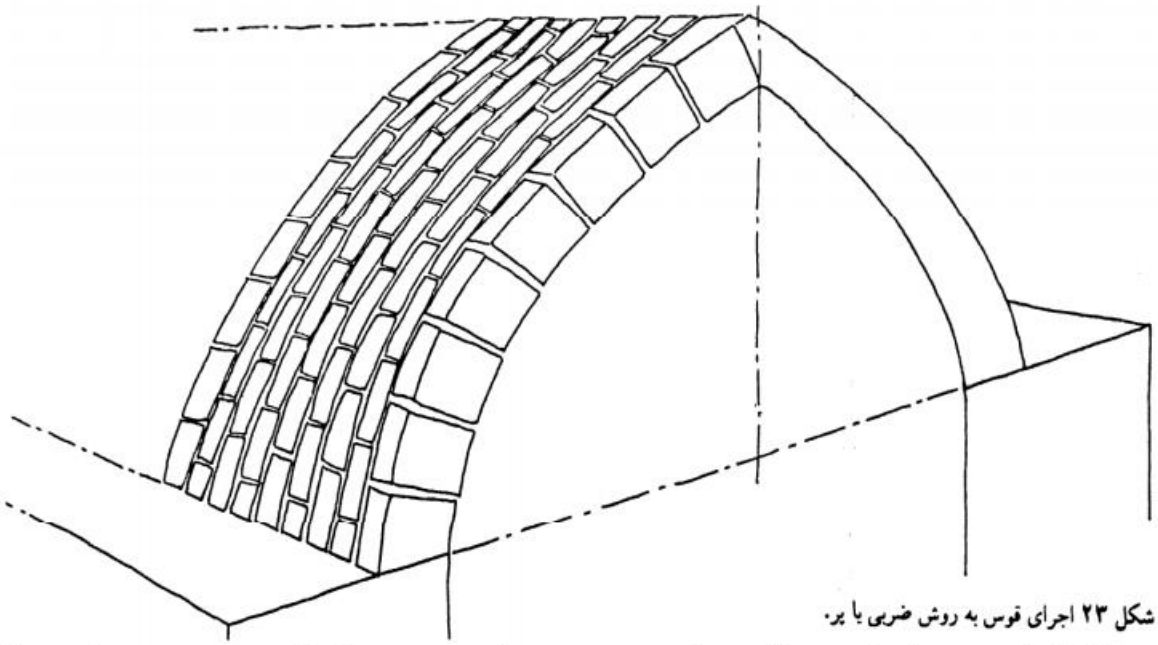


شکل ۲۲ اجرای قوس به روش رومی.

تصویر ۲ اشتهارد ـ امامزاده، بازسازی و اجرای قوس رومی و تقویت سازه با استفاده از کلاف بتونی در مغز کار.



تصویر ۳ ورامین ـ مسجد جامع، بازسازی شبستان غربی.

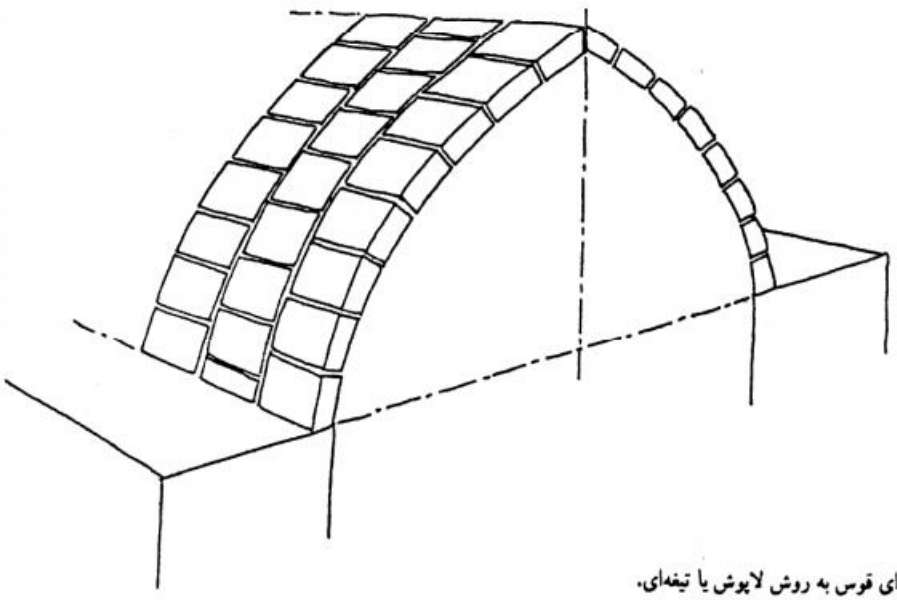


شکل ۲۳ اجرای قوس به روش ضربی یا پر.

اجرای قوس به روش ضربی یا پَر : در این روش، آجرها از بخش زیرین به‌صورت نره و از پهلو به صورت صفحهٔ کامل قابل مشاهده هستند. در آن یک لایه آجر را به قاب می‌چسبانند و پس از اجرای این ردیف، رجهای بعدی را اضافه می‌کنند، به‌صورتی که درز آجرها روبه‌روی هم قرار نگیرند (شکل ۲۳). این نوع قوس نیز در ایران دارای ریشهٔ تاریخی است. اجرای آن بسیار آسان است، ولی دوام آن از شیوهٔ رومی کمتر است، زیرا امکان دررفتن آجر از کناره‌ها بیشتر است. به همین دلیل از این روش بیشتر در بخش وسط سازه‌های قوسی استفاده می‌شود و اطراف آن را به شیوهٔ رومی می‌بندند.

اجرای قوس به روش لاپوش یا تیغه‌ای : در این روش آجرها به‌صورت تیغه‌ای به‌کار می‌روند و ضخامت آجر، ضخامت قوس را تشکیل می‌دهد و آجرها از قسمت بالا و همچنین پایین به‌طور کامل دیده می‌شوند (شکل ۲۴).

تاق : پوششی منحنی است متشکل از لنگه قوسهایی



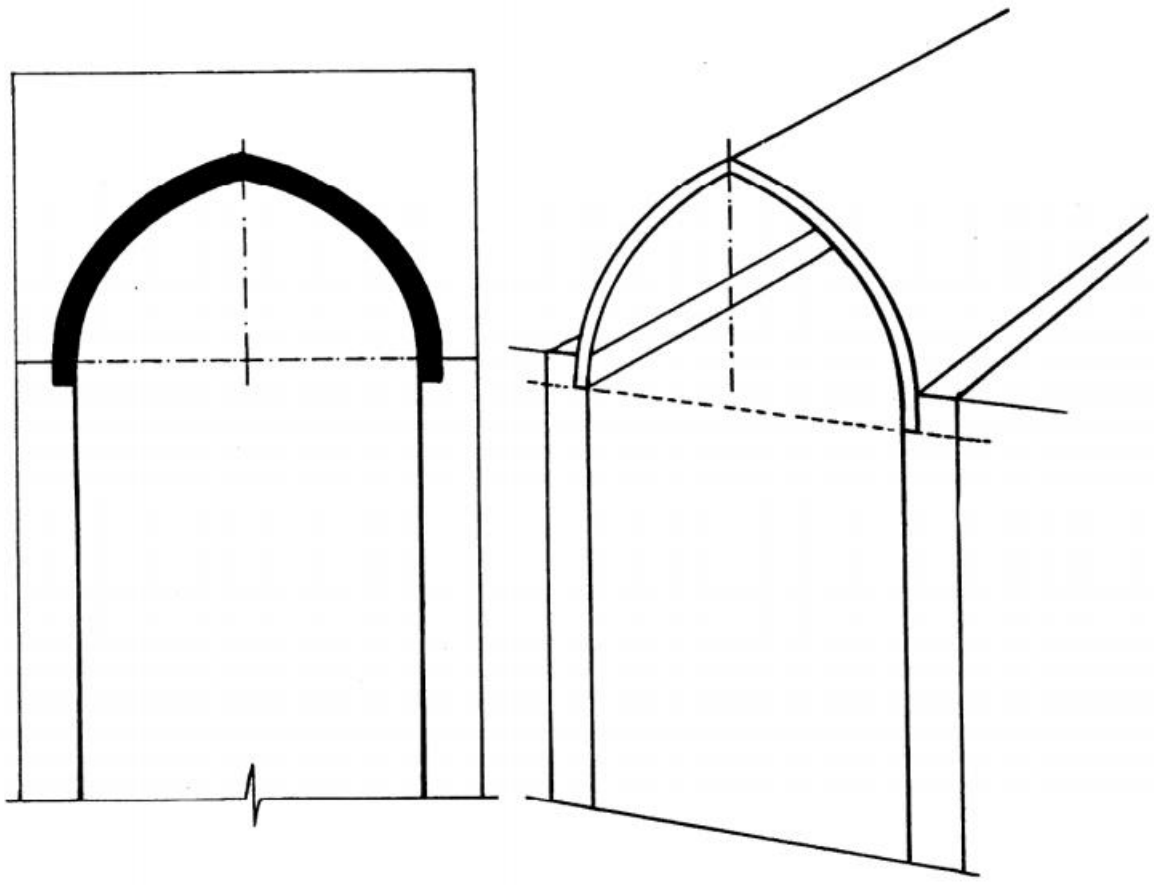
شکل ۲۴ اجرای قوس به روش لاپوش یا تیغه‌ای.

که بر روی دو دیوار موازی باربر اجرا می‌گردد. این پوشش در معماری ایران دارای پیشینه‌ای طولانی است، مانند تاقهای زیگورات چغازنبیل، هفت تپه و تاقهای موجود در خانه‌های سنتی یزد و ....

برخی از انواع تاقها به شکل زیر قابل تقسیم‌بندی است: ۱. تاق آهنگ (گهواره‌ای)؛ ۲. کلنبو؛ ۳. چهاربخشی (چادری)؛ ۴. تاق و تویزه (باریکه یا تاق لنگه)؛ ۵. چهارتاقی؛ ۶. تاق چشمه.

تاق آهنگ: این پوشش از قدیمی‌ترین انواع پوشش منحنی در ایران است و به روش ضربی یا تَر (که بیشتر توضیح داده شد) اجرا می‌شده است (شکل ۲۵). در هفت تپه کوره‌ای موجود است با تاق آهنگ در حدود دو هزار سال قبل از میلاد به روش ضربی اجرا شده است و همچنین سردابه‌ای در چغازنبیل مربوط به ۱۲۵۰ ق.م با تاق آهنگ که به روش رومی اجرا شده است. شایان ذکر است که تاق آهنگ که معمولاً بر روی دهانه‌های وسیع اجرا می‌شده است.

پوشش کلنبو: این نوع تاق در مناطق زلزله‌خیز و زمینهای سست مورد استفاده قرار گرفته است. این پوشش بر روی چهار دیوار بنا می‌شود که معمولاً بر پلان مربع یا

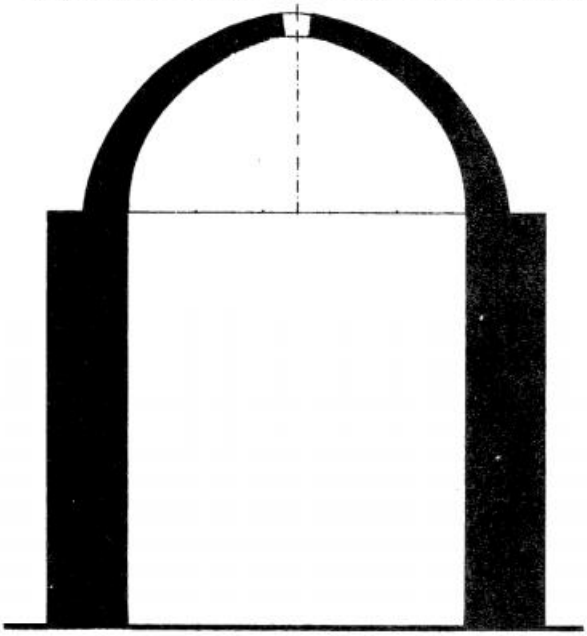


شکل ۲۵ تاق آهنگ.

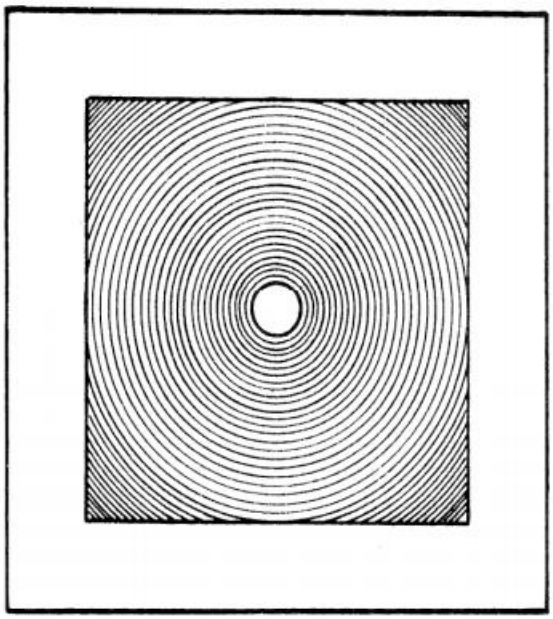
مستطیل مستقر هستند و در عمل، آجرهای چیده شده در جرزهای دیواری ادامه می‌یابند و به‌تدریج تاق را تشکیل می‌دهند و کل پوشش حاصل، در واقع سازه‌ای یکپارچه است بین دیوار و قوس (بدون مفصل) و به‌دلیل همین یکپارچگی، در مقابل زلزله مقاوم است (شکل ۲۶).

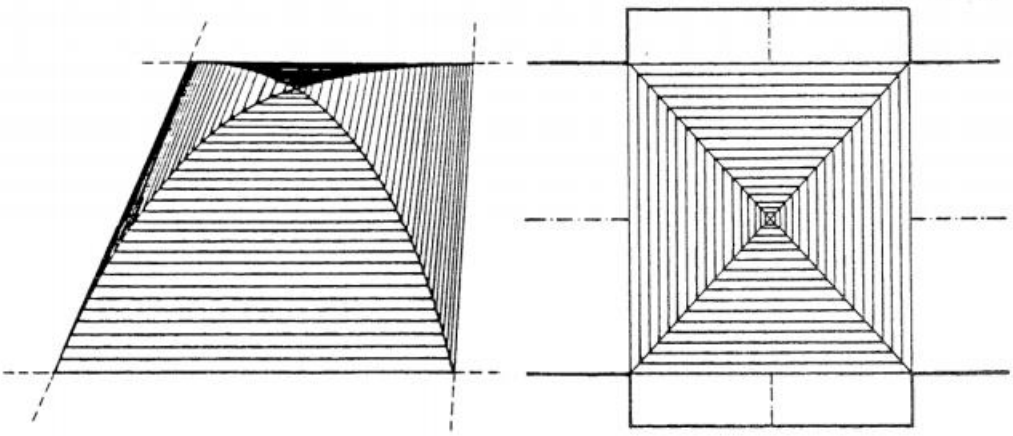
پوشش چهاربخشی یا چادری: این تاق یکی از پوششهای خوش تناسب اکثر شبستانهای مساجد است که به‌دلیل کمی ارتفاع زیباتر از تاقهای دیگر است و همین مزیت عمدهٔ آن نسبت به سایر تاقها محسوب می‌شود. روش اجرای این تاق به نحوی است که آجرهای قوس باربر از چهار طرف ادامه می‌یابند و در اقطار زمینه یکدیگر را قطع می‌کنند (شکل ۲۷). در نهایت تیزهٔ تاق و تیزهٔ قوس باربر در حدود 5cm اختلاف سطح پیدا می‌کنند که برای ایجاد شیب مناسب لازم است و مسئله‌ای است سازه‌ای. در اجرای آن این مراحل طی می‌شود: یک قالب به قطر زمینهٔ کار ساخته و کارگذاری می‌شود و سپس دوطرف قالب را با آجر دربر می‌گیرند و پس از آن قالب را برمی‌دارند و در سوی دیگر کار می‌گذارند و فاصلهٔ آنها را پر می‌کنند، بدین ترتیب تاق کامل می‌شود.

تاق و تویزه (تاق باریکه یا تاق لنگه): این نوع



شکل ۲۶ پوشش کلنبو.



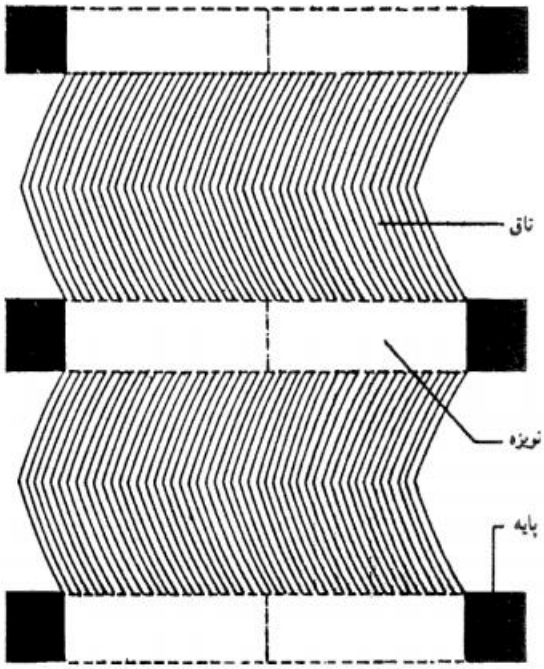


شکل ۲۷ پوشش چهاربخشی.

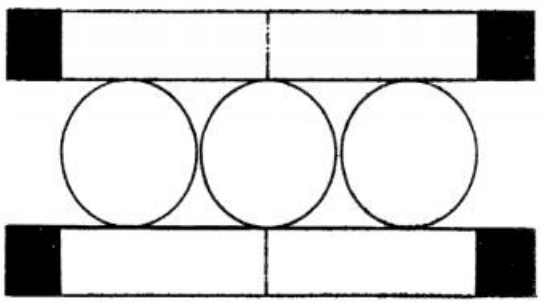
پوشش از ترکیب پایه، قوس و تاق تشکیل می‌شود (شکل ۲۸) که اجرای آن در دوران ایلخانیان به اوج شکوفایی خود رسید. نمونه‌هایی از آن را در مسجد جامع یزد و مسجد جامع ساوه می‌توان یافت. این نوع تاق به روشهای زیر اجرا می‌شود:

الف) به شکل آهنگ که بین دو قوس اجرا می‌شود.

ب) خوانچه پوش: که بخش اجرایی تاق به توسط عرقچینهای مختلف و در ارتفاعات گوناگون (مطابق شکل ۲۹) اجرا می‌شود.



شکل ۲۸ تاق و تویزه.



شکل ۲۹ پلان خوانچه پوش.

پ) اجرای کجاوه‌ای یا کژاوه: این تاق از دو طرف دارای شبیه و قوس منحنی است که شبیه به چادر است (شکل ۳۰).

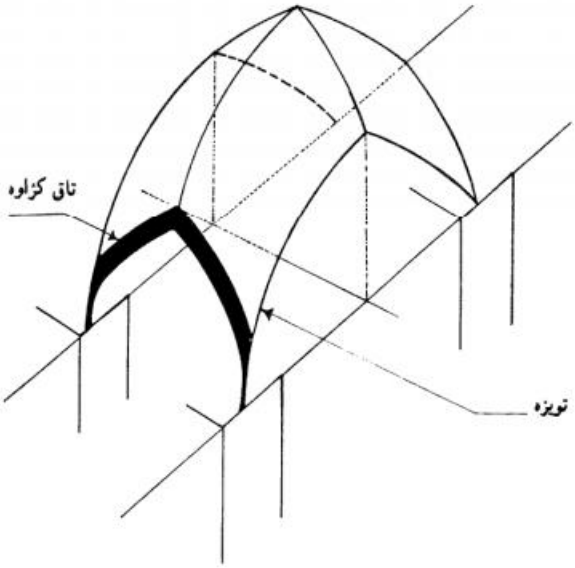
چهارتاقی: این پوشش از معروفترین پوششهای قبل از اسلام است و به‌صورت چهارپایه و چهارتاق در چهار طرف با اجرای عرقچین مرکزی شکل می‌گیرد. نمونه‌هایی از آن را می‌توان در آتشکده‌های ساسانی مانند آتشکدهٔ نیاسر مشاهده کرد (شکل ۳۱).

تاق چشمه: این پوشش از اجتماع چهارتاقی‌ها در جوار یکدیگر شکل می‌گیرد (مانند انواع شبستانهای مساجد). قوسهای باربر در روی پایه‌ها ساخته می‌شود و بین قوسها از عرقچین (به روشهای مختلف پوشش تاقها) به‌عنوان پرکننده استفاده می‌شود (شکل ۳۲).

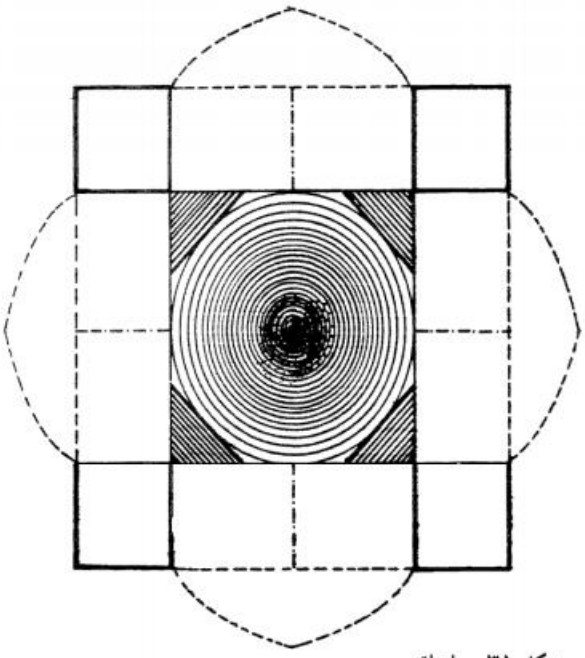
گنبد: پوششی است که معمولاً بر روی چهار دیوار مستقر می‌شود. به‌عبارتی، همانند جام واژگونه‌ای است که بر روی بنا قرار می‌گیرد.[۲] شکل گنبدی از دَوَران منحنی حول محورش حاصل می‌گردد. از دیدگاه ایستایی، کلیهٔ فرمهای قوسی اعم از گنبد و تاق فرمهایی هستند که در آنها انتقال نیروی وزن و سایر نیروها با مکانیسم نیروی غشایی (واندکی نیروی خمشی) انجام می‌گیرد. از این رو، فرمهای قوسی شکل فنی‌تر و به منحنی نیروها، که منحنی کامل فرم ساختمانی است، نزدیکتر و بر فرمهای قابی ارجح‌اند. زمینهٔ گنبد معمولاً مربع، مستطیل نزدیک به مربع، شش ضلعی و یا دایره است. این نوع پوشش برای دهانه‌های بیش از ۱۰ متر مورد استفاده قرار می‌گیرد (البته از تاق نیز در مواردی بر روی دهانه‌های بیش از ۱۰ متر استفاده می‌شود).

کاربرد گنبد در ایران، به‌علت کمبود چوبهای استوار و کشیده، سابقهٔ بسیار دارد و در دهانه‌های وسیع جایگزین دهانه‌هایی با پوشش تخت شده است. در دوران هخامنشی معماری درخشانی با پوشش مسطح و مرتفع در اوج قدرت

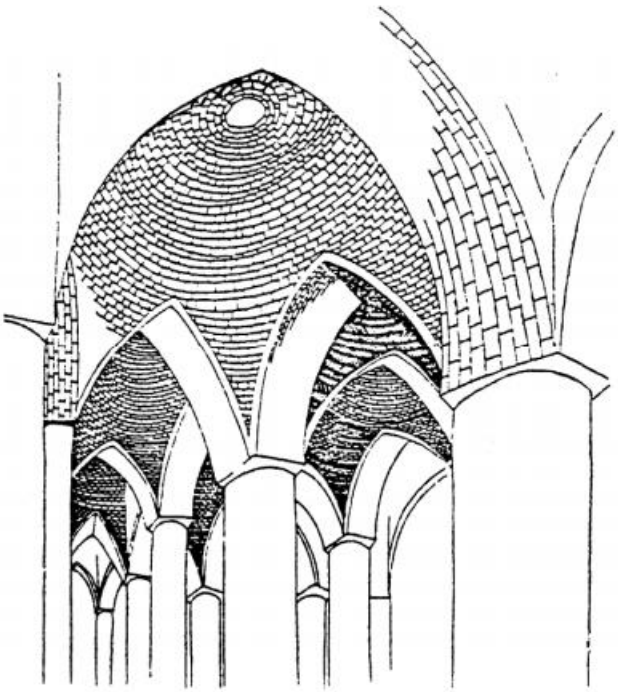
۲. تعبیر از استاد دکتر محمد کریم پیرنیاست.

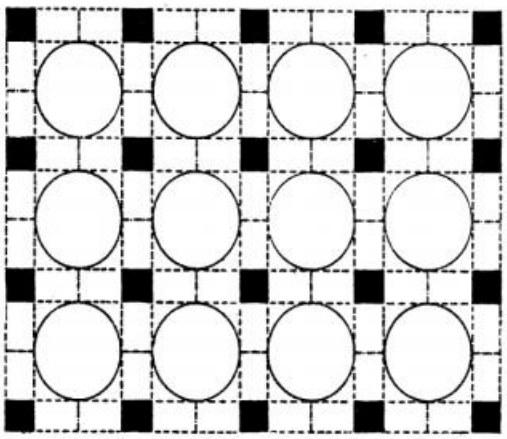


شکل ۳۰ اجرای کجاوه‌ای.

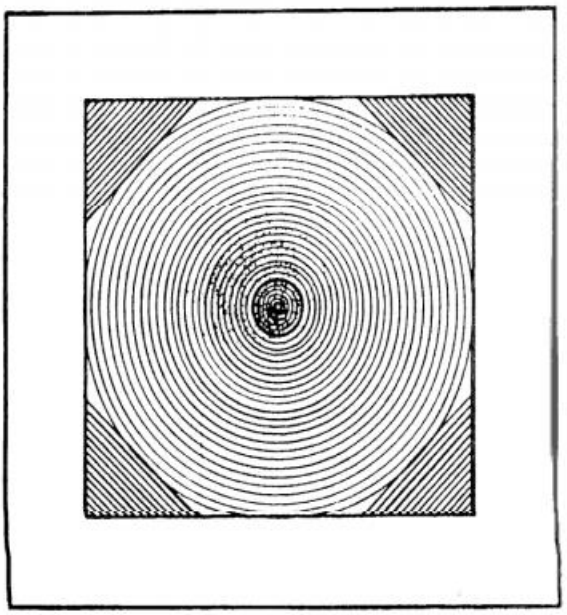


شکل ۳۱ چهارتاقی.

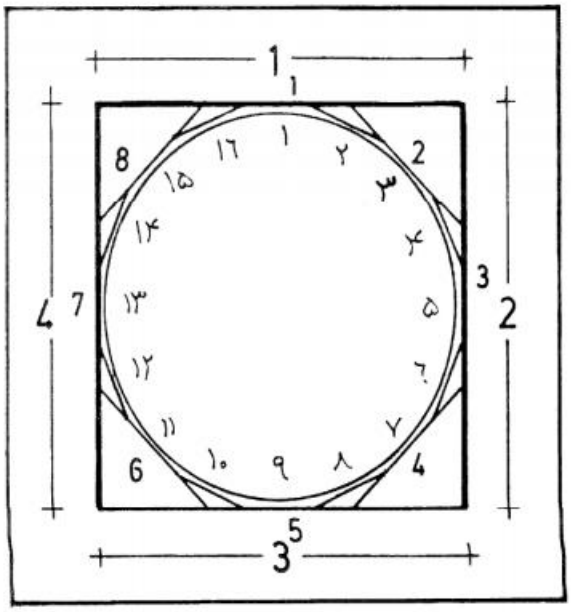




شکل ۳۲ تاق چشمه.



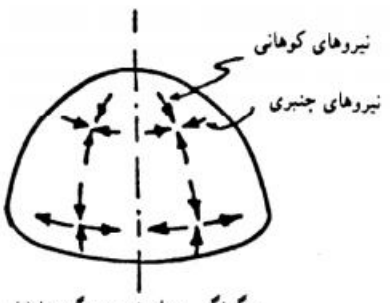
شکل ۳۳ گوشه‌سازی با چوب.



شکل ۳۴ تقسیم مربع به n ضلعی.

و کارآیی بود، ولی پیش و پس از آن نیز به علت کمبود چوب در جلگه‌ها 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 دورهٔ اشکانی و اوایل دورهٔ ساسانی است. گنبد موجود در شهر فیروزآباد فارس با دهانهٔ ۱۰ر۱۶ متر هم اکنون پابرجاست. در دورهٔ ساسانی، گنبد به‌عنوان عنصر عمدهٔ معماری ایران به فراوانی مورد استفاده بوده و در طول تاریخ معماری ایران تا امروز مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. می‌توان اذعان کرد که مخترعان اصلی گنبد با دهانه‌های وسیع ساسانیان بوده‌اند.

گوشه‌سازی در گنبد: پیشتر، با استفاده از چوب، در گوشه‌ها مربع به هشت ضلعی تبدیل می‌شد (شکل ۳۳)، ولی به‌دلیل محدود بودن قدرت باربری چوب در گوشه‌سازی، اجرای گنبدهای بزرگ با دهانه‌های وسیع امکانپذیر نبود. بنابراین، در دورهٔ ساسانی با اختراع گوشه‌سازی تحولی اساسی در پوشش فضاهای وسیع ایجاد شد و اختراع گوشه‌سازی این امکان را فراهم آورد که با استفاده از تاق و کاربندی، مربع به زمینهٔ دایره تبدیل شود. در این روش مربع به ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و بالاخره به nضلعی



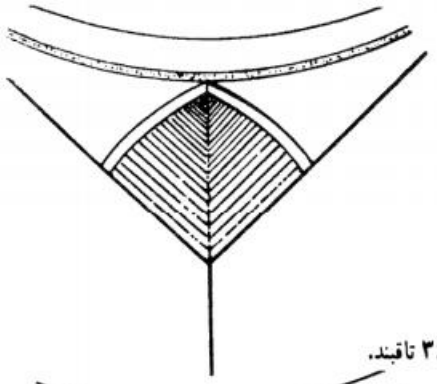
چگونگی میدان نیرو در گنبدها (بار متقارن)

شکل ۳۵ سیستم انتقال نیرو در گنبد. *

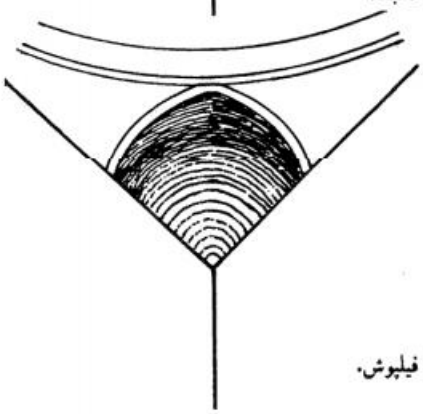
* مهدی فرشاد، تاریخ مهندسی در ایران، تهران، گویش،؟.

(نزدیک به دایره) تبدیل می‌شود (شکل ۳۴) تا گنبد روی آن قرار گیرد و در پلانهای مستطیل به ۶ و ۱۲ و در نهایت بیضی زمینه‌سازی می‌گردد (شکل ۳۵).

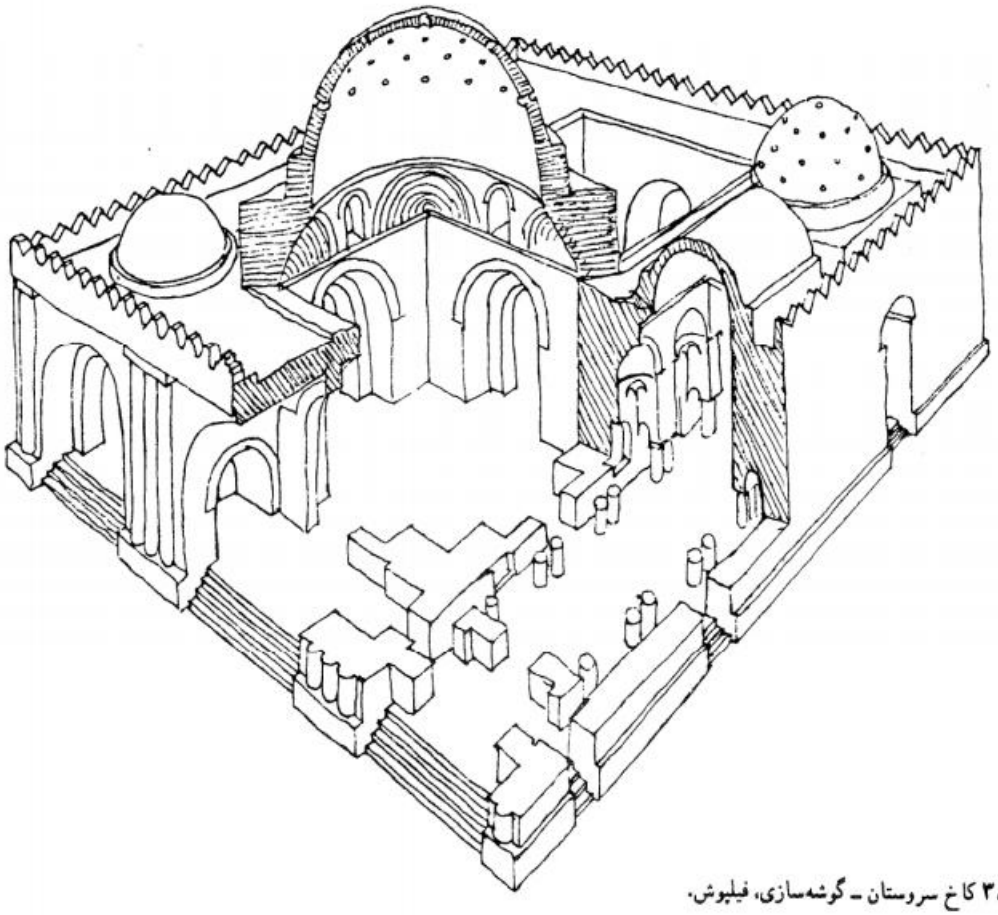
در اینجا چند نوع گوشه‌سازی رایج در ایران معرفی می‌گردد: ۱. سکنج یا ترنبه که کنجی پیش آمده است؛ ۲. تاق‌بند: در این نوع گوشه‌سازی از دو تاق اریب که یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند استفاده می‌شود (شکل ۳۶)؛ ۳. فیلپوش: در این نوع گوشه‌سازی از اجرای تاقهای متحدالمرکز استفاده می‌شود تا تقسیم‌بندی لازم صورت گیرد (شکلهای ۳۷، ۳۸ و ۳۹)؛ و ۴. پتگین یا پتگانه: از اجرای تاقچه‌ها بر روی یکدیگر استفاده می‌شود تا به سطح مورد نظر دست یابیم (شکل ۴۰).



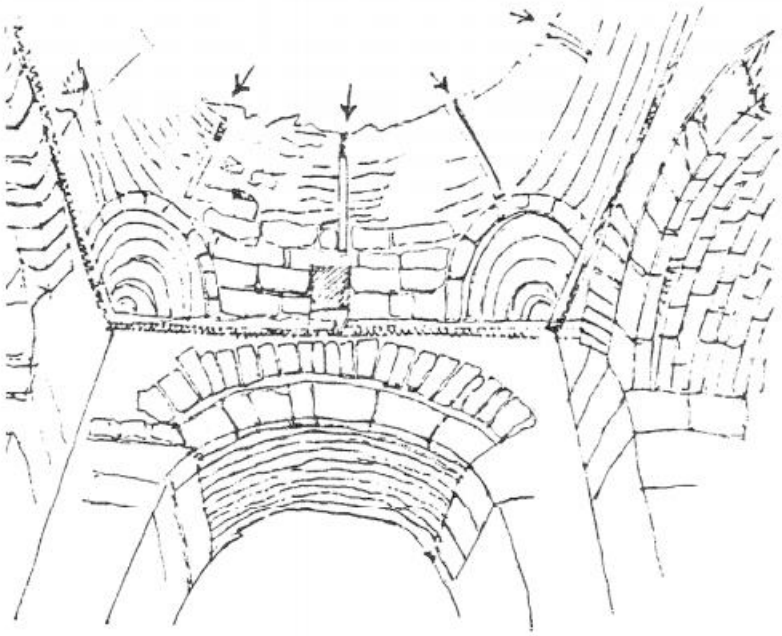
شکل ۳۶ تاقبند.



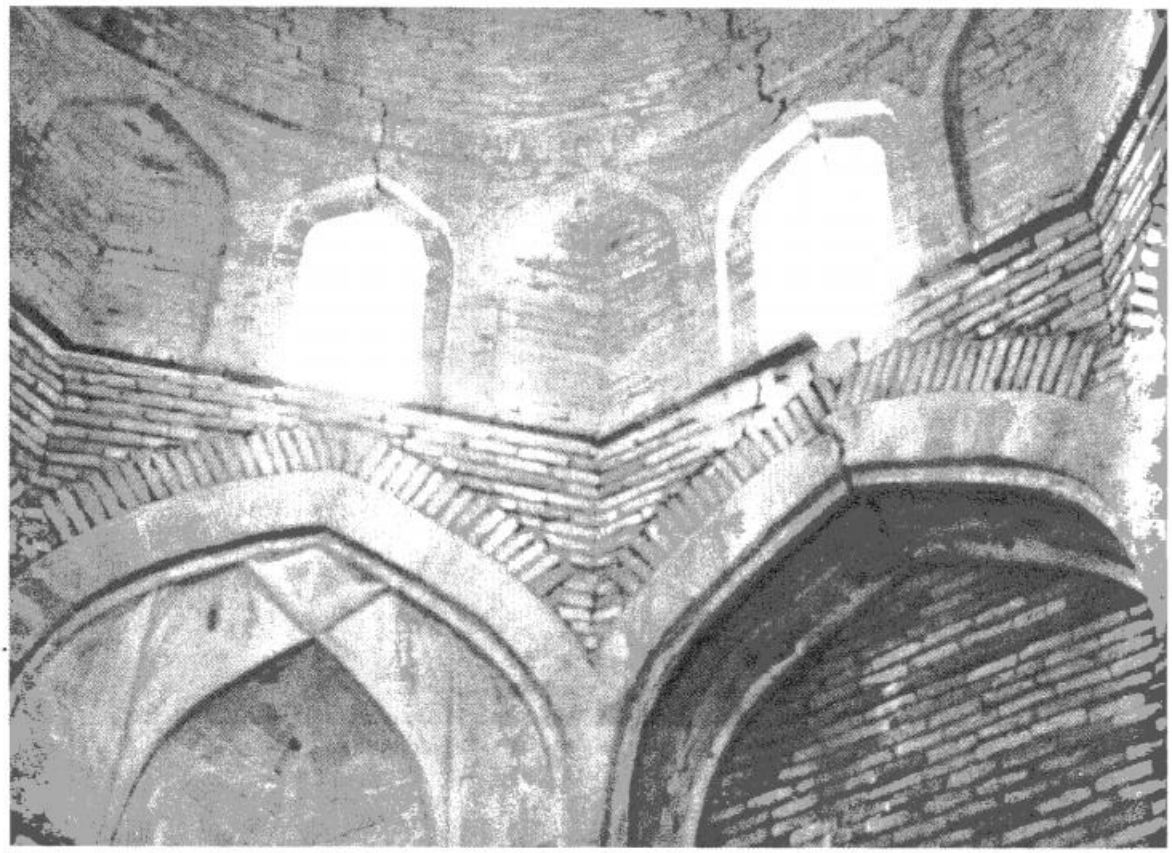
شکل ۳۷ فیلپوش.



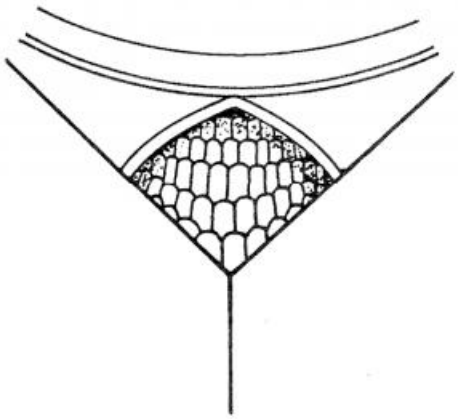
شکل ۳۸ کاخ سروستان ـ گوشه‌سازی، فیلپوش.



شکل ۳۹ نیاسر ـ گوشه‌سازی، فیلپوش.



تصویر ۴ بوئین زهرا ـ جادهٔ اشتهارد ـ پلنگ آباد، گوشه‌سازی در گنبد (پنگین)، امامزاده زید رحمان.

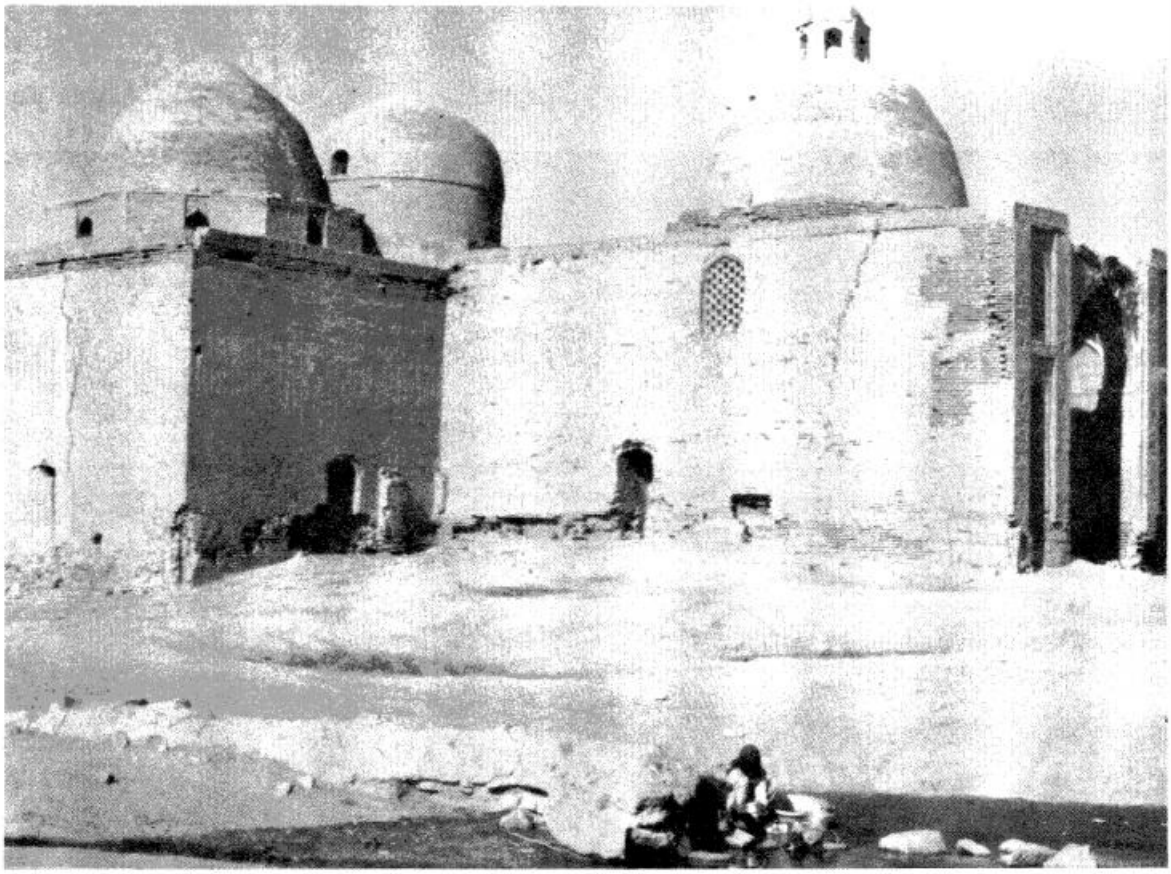


شکل ۴۰ بتگن.

انواع گنبدها: گنبدها را می‌توان به رُک (مانند گنبد قابوس)، ناری (مانند گنبد سلطانیه)، و هلوچین (مانند گنبد فیروزآباد فارس) تقسیم کرد.

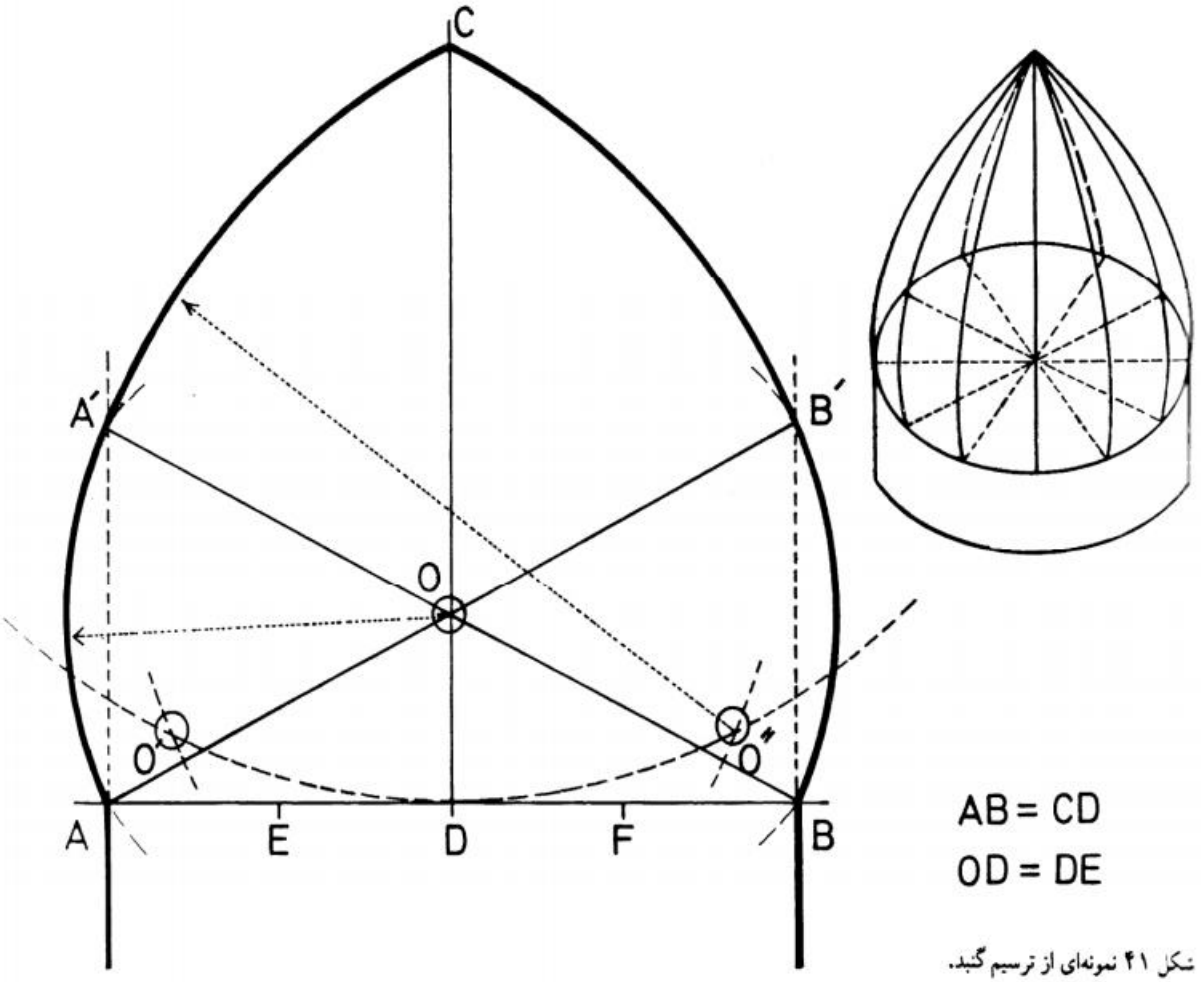
۳.۳.۲ طریقهٔ رسم گنبد

در شکل ۴۱، نمونه‌ای از گنبد را می‌بینیم که در آن خیز=۱=افراز= دهانه. دهانهٔ AB را داریم، به اندازهٔ آن روی عمود منصف (خط عمود بر نقطهٔ D) جدا می‌کنیم تا نقطهٔ C به‌دست آید. دهانهٔ AB را به چهار قسمت مساوی تقسیم و به اندازهٔ $\frac{۱}{۴}$ آن روی عمود منصف CD جدا می‌کنیم تا نقطهٔ O

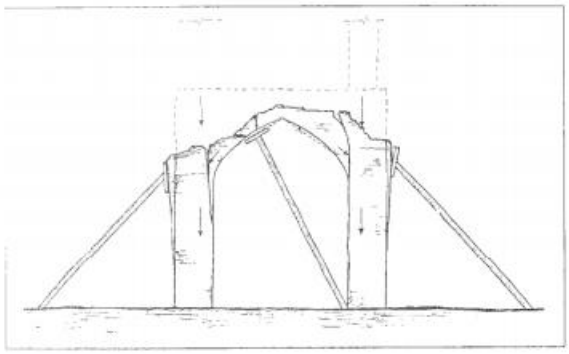


تصویر ۵ پلنگ آباد.

به‌دست آید. این نقطه (O) مرکز خاک‌انداز گنبد است. سپس به مرکز O و شعاع دهانه (AB) دایره‌ای رسم می‌کنیم، آن‌گاه A را به O وصل می‌کنیم و امتداد می‌دهیم تا خط عمود بر نقطهٔ B را در نقطهٔ ′B قطع کند. به همین صورت، از B به O وصل می‌کنیم تا خط عمود بر نقطهٔ A را در نقطهٔ ′A قطع کند. سپس به مرکز ′A و ′B دو دایره به شعاع دهانه رسم می‌کنیم تا دایرهٔ اول را در نقاط ′O و ″O قطع کند. دو نقطهٔ ′O و ″O مراکز بقیهٔ قوس گنبد خواهند بود. از این مراکز به شعاعهای ′A′O و ″A′O دو دایره رسم می‌شود که در نقطهٔ C تلاقی کنند، این نقطه رأس گنبد خواهد بود.



شکل ۴۱ نمونه‌ای از ترسیم گنبد.



درس سوم

مراحل مختلف مرمت

مراحل مختلف حفاظت و تضمین ادامهٔ حیات یک بنای تاریخی از لحاظ فنی شامل مراحل زیر است:

۱. رفع خطر از بنا

۲. مرمت استحفاظی و استحکامی

۳. مرمت کامل (جامع)

۱.۳ رفع خطر

این عمل به منظور تضمین حیات بنا (یا برجا نگه‌داشتن آن) و به دلایل فنی مقطعی، حفظ و ایمنی انجام می‌پذیرد (شکل ۱). این اقدام به‌طور مقطعی نگرانی از دست دادن شالودهٔ اصلی بنا را رفع و امکان مطالعه و پژوهش را در مدت زمان کافی برای تهیهٔ طرحهای مراحل بعد فراهم می‌کند. برای رفع خطر باید موارد زیر را مد نظر داشت:

الف) تشخیص ضرورت رفع خطر: در مواردی ضروری است که منشأ خطر به‌طور کامل از نظر کاربری تعطیل شود و در صورت لزوم عدم امکان استفاده از کل بنای تاریخی به‌طور مقطعی توصیه می‌شود. برای مثال، چنانچه سرویس بهداشتی بنا باعث نفوذ آب به پی و دیوارهای بنا گردد، باید استفاده از آن موقتاً متوقف شود. همچنین اگر ایستایی بنا از نظر تحمل بار زنده در خطر باشد، ضروری است که استفادهٔ از آن موقتاً خاتمه یابد.

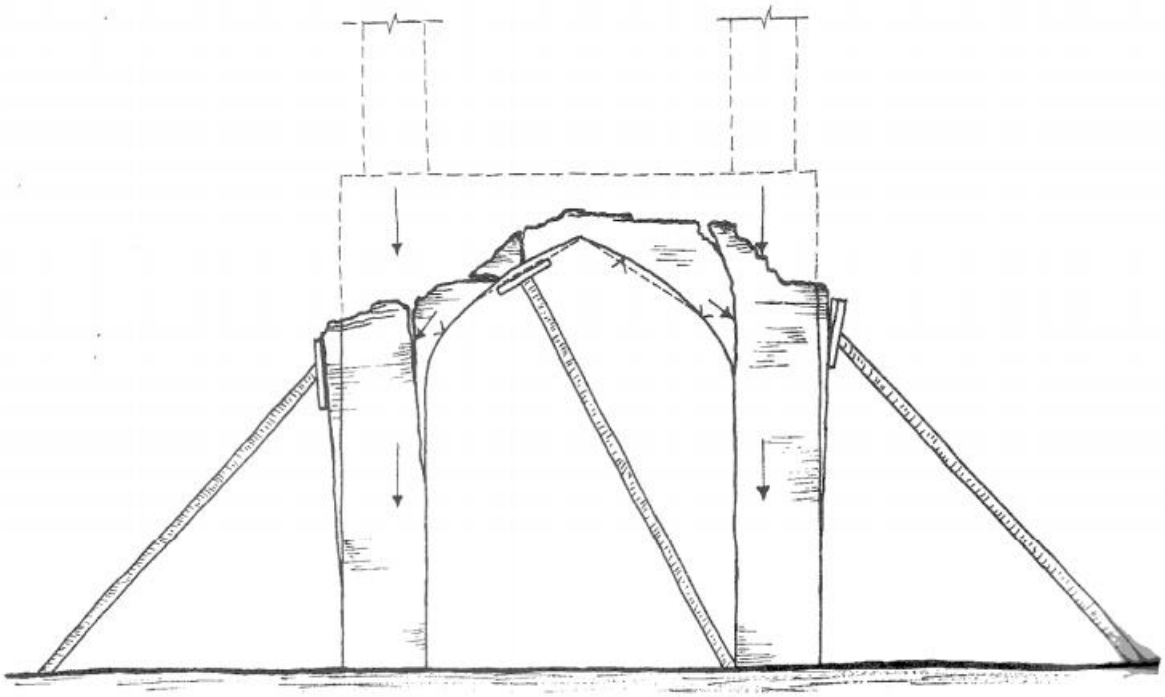
ب) شناسایی کامل و دقیق بخشهای فرسوده و خطرناک.

پ) شناسایی و بررسی مواد و مصالحی که می‌توانند با توجه به نوع خطر سریعاً مورد استفاده قرار گیرند.

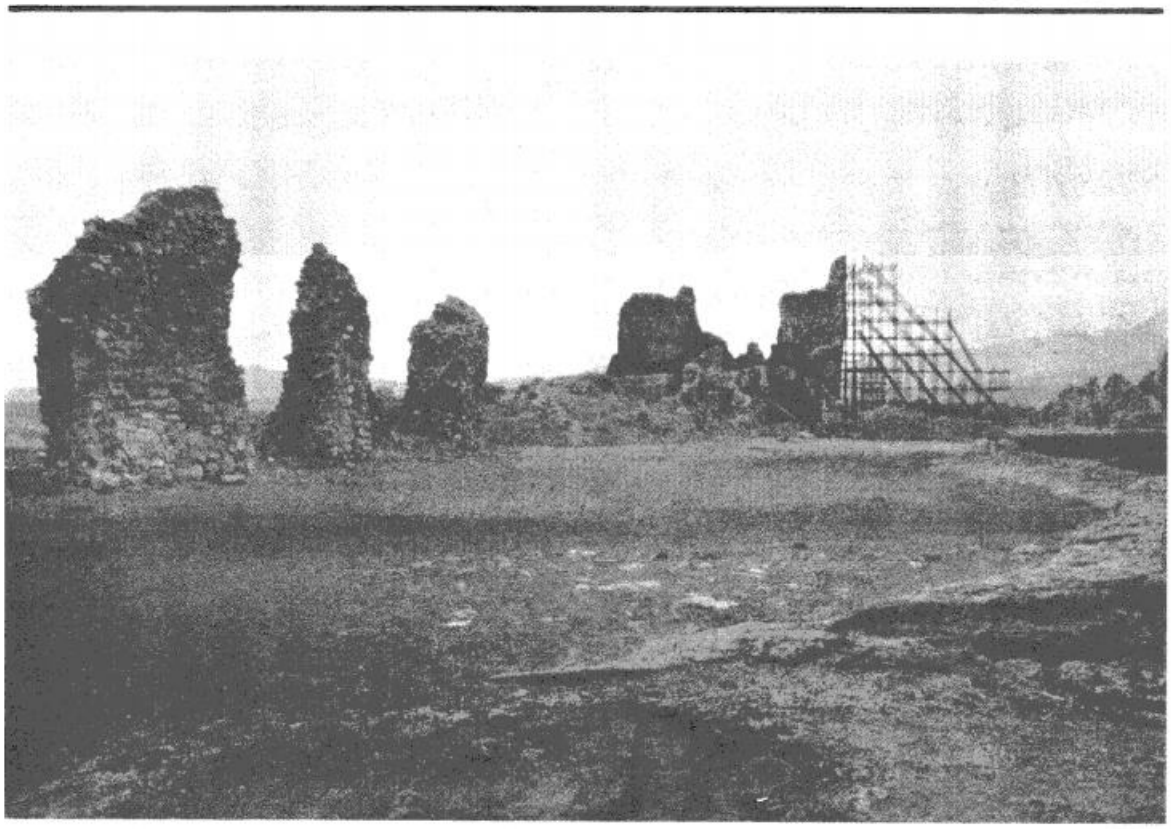
ت) شناسایی و بررسی روش، فن و تکنیکی که با استفاده از آن، عمل رفع خطر در اسرع وقت انجام پذیرد.

ث) ضمن عملیات رفع خطر موقت، عدم استفاده از بخشها یا کل بنا توصیه می‌شود.

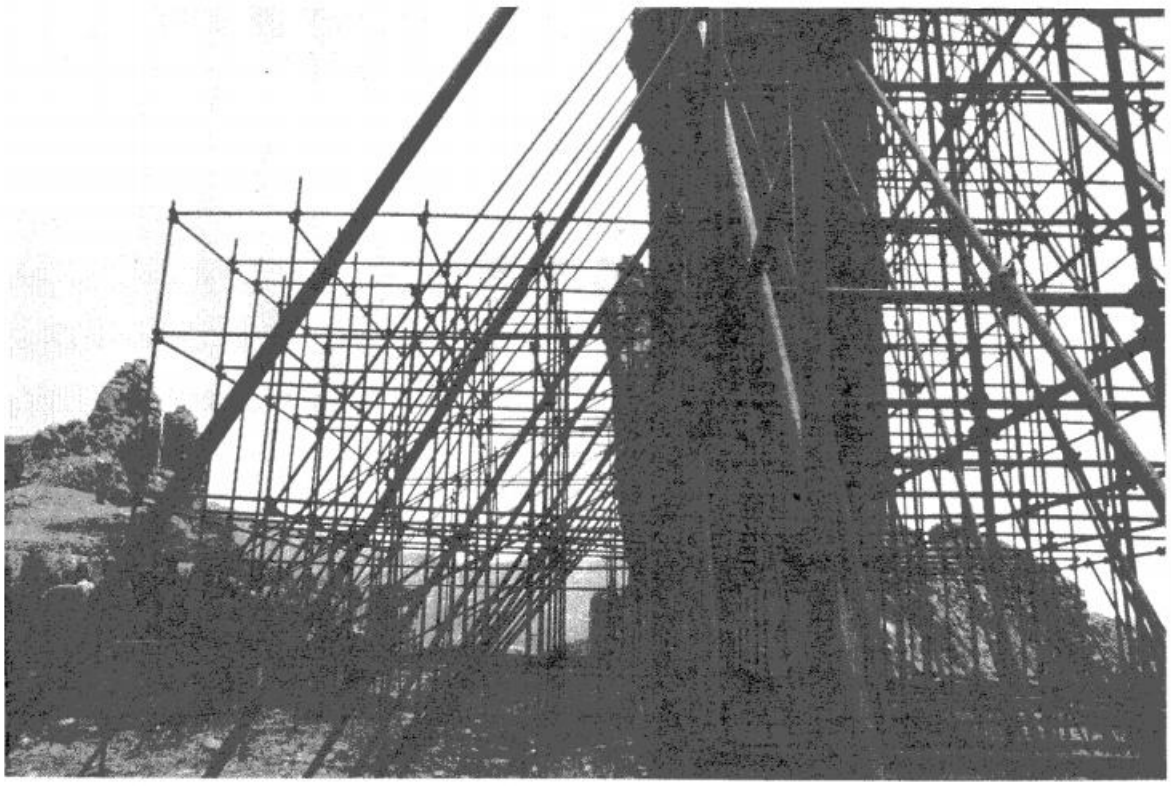
ج) در عملیات رفع خطر، در یک زمان محدود نباید



شکل ۱ شمع‌بندی (رفع خطر).



تصویر ۱ تخت سلیمان ـ ایوان، عملیات رفع خطر.



تصویر ۲ تخت سلیمان ـ ایوان، عملیات رفع خطر.

شیوه و تکنیکی برگزیده شود که باعث ممانعت از سایر مطالعات پژوهشی و یا شناسایی منبع خطر گردد.

چ) در مواقعی که مشکل پیچیده است و لزوم دخالت مهندس محاسب برای محاسبات فنی عملیات رفع خطر ضروری است، می‌توان از این همکاری بهره جست.

ح) تمامی مراحل فوق به‌عنوان الحاقی موقت تلقی می‌شوند و مرمتگر باید پس از مطالعهٔ روشی جامع و کامل برای مرمت بنا، امکان حذف این مرمت مقطعی را مدنظر داشته باشد، بدون آنکه این حذف پیامدهای منفی برای بنا داشته باشد.

۲.۳ مرمت استحفاظی و استحکامی

هدف اصلی از این نوع مرمت تثبیت وضع موجود بنا و حفظ ارزشهای باقیمانده از آثار تاریخی است. در این مرمت، عمل خوق‌العاده‌ای از لحاظ هنری و کاربردی انجام نمی‌شود، ولی استخوانبندی بنا تقویت می‌گردد. به‌عبارت دیگر، ظاهر بنا پس از مرمت حفاظتی و استحکامی تغییر چندان محسوسی نخواهد کرد.

در این نوع مرمت طی مراحل زیر ضروری است:

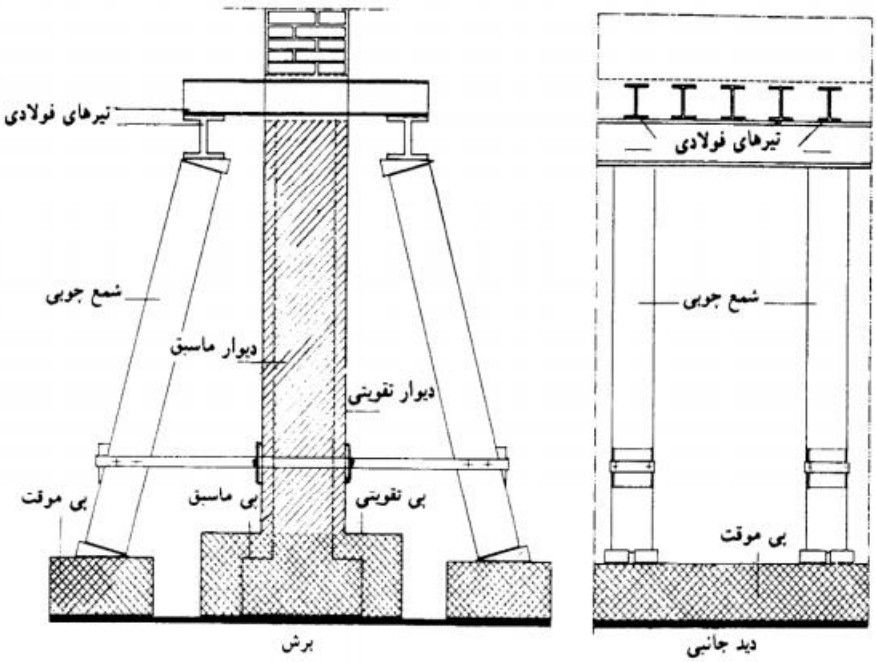
الف) بررسی و شناخت عواملی که در تغییر شرایط متعادل بنا مؤثر بوده است (آسیب‌شناسی).

ب) پژوهش در مورد مرمتهای استحکامی و فنون وابسته به آن در تجارب مرمتی دنیا که به‌گونه‌ای دارای شرایط همسان با بنای مورد نظر باشند و بتوان از پیشرفته‌ترین آن تجربیات از نظر نوع مصالح، تکنیک و غیره بهره جست (شکل ۲).

پ) بررسی گزینه‌های مختلف برای مرمت حفاظتی و استحکامی وانتخاب روش بهینه.

ت) انجام محاسبات فنی در امر مرمت استحکامی توسط مهندس محاسب.

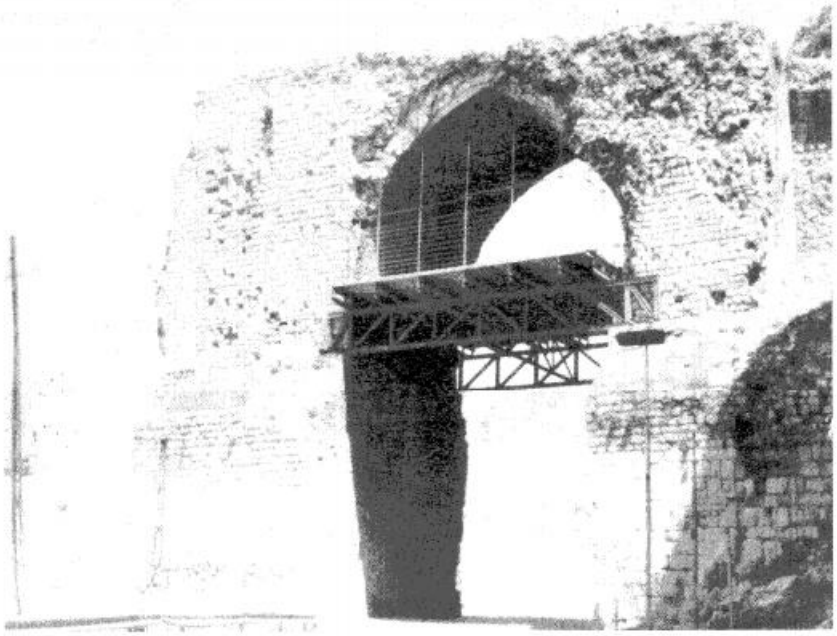
ث) با توجه به اینکه در ضمنِ هدف اصلی (مرمت



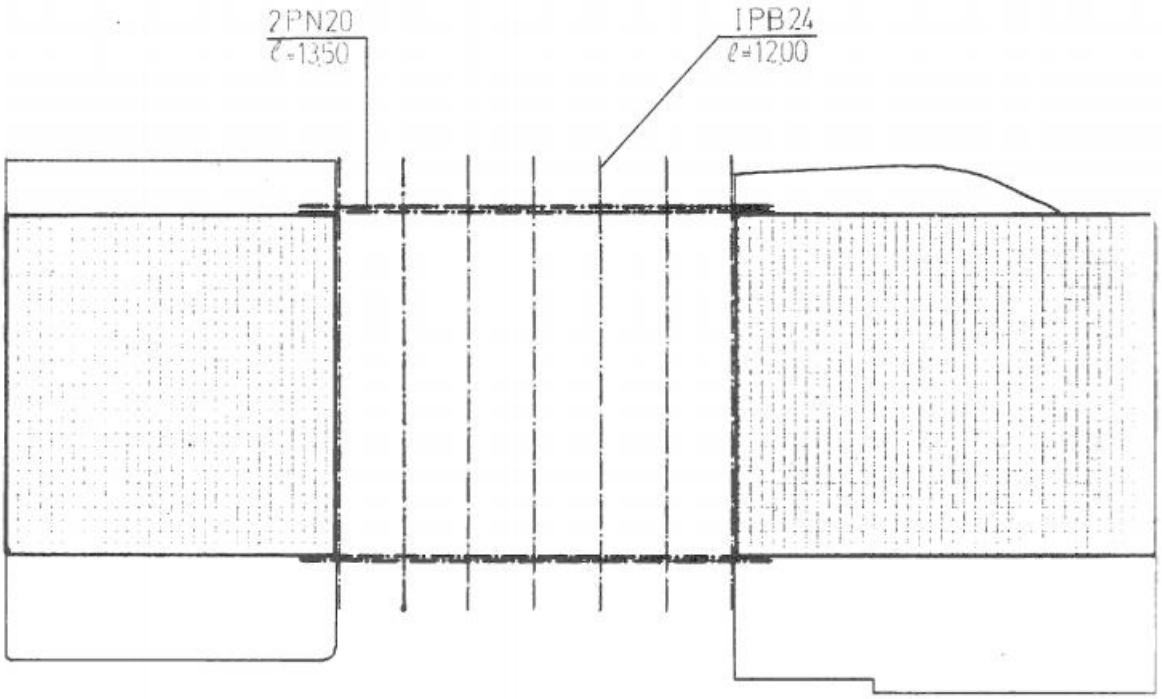
شکل ۲ یک شیوه برای انجام عملیات استحکامی در پیها ـ استفاده از شمعبندی موقت برای نگه‌داشتن بار وارده.

تصویر ۳ ارومیه ـ مسجد جامع، شمع‌بندی و عملیات رفع خطر.

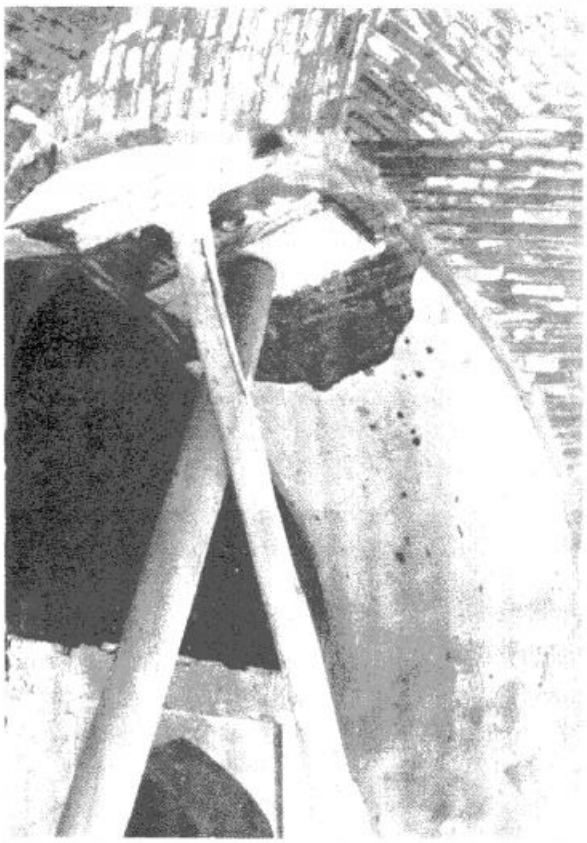
تصویر ۴ ارومیه ـ مسجد جامع، شمع‌بندی و عملیات رفع خطر.



تصویر ۵ خوزستان ـ پل‌دختر، سقف حفاظتی و رفع خطر.



تصویر ۶ خوزستان ـ پل‌دختر، پلان تیرریزی.



تصویر ۷ شمع‌بندی (رفع خطر).

استحکامی) باید به اقدامات فنی از جمله شکافتن بخشهایی برای تقویت و یا کلاف‌کشی و یا پیوند متوسل شد. لازم است باستان‌شناسان و کارشناسان ذی‌ربط در محل حاضر شوند و مطالعات و پژوهشهای ضروری را انجام دهند.

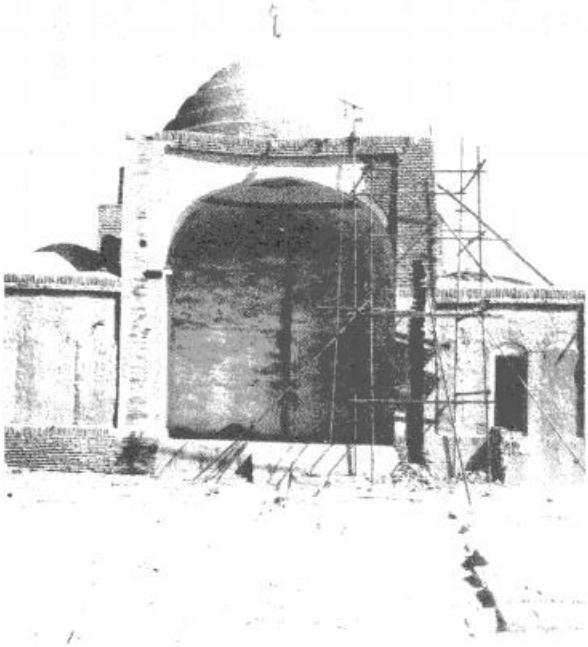
ج) به موازات انجام عملیات مرمت استحکامی، باید به ایجاد شرایط مناسب برای تکمیل خطوط اصلی وبازسازی کامل بنا توجه داشت.

چ) با بررسی کارشناسانه، مواردی پیش می‌آید که ما را به اقدامی که ممکن است در موارد دیگر غیرعملی باشد مجاز می‌سازد. در این صورت، اقدامات کارشناس باید به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گیرد:

۱. در صورت افزودن بخش جدید به بخش قدیم از نظر استحکامی، رفع نیاز عملکردی ضمن توجه به مسئلهٔ زیبایی شناسی ضروری است.

۲. بازسازی و تکمیل خطوط از بین رفتهٔ بنا به‌علت زمان مدیدی که بر آن سپری شده در مواردی که ایستایی بنا یا بقای آن را تضمین کند مجاز است (مرمت تکمیلی).

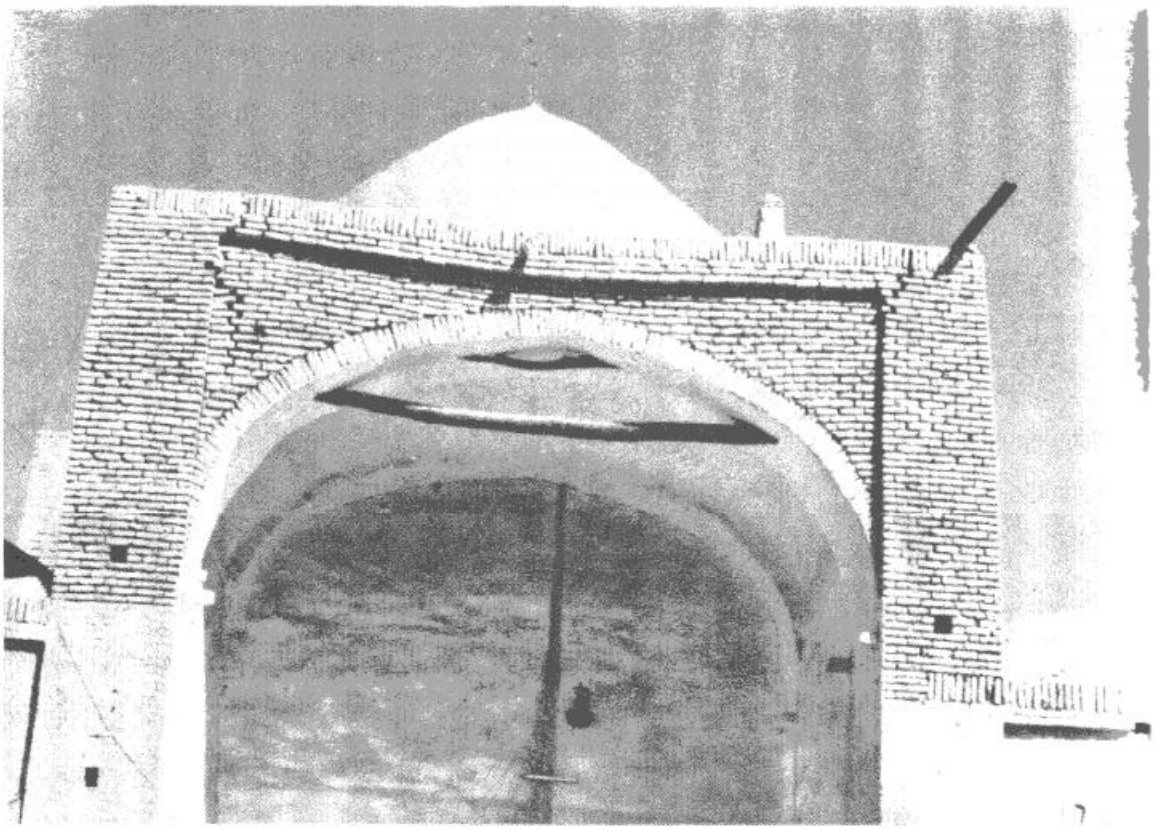
ح) پیش‌بینی حرایم حفاظتی لازم (حرایم فنی) در مقابل لرزش حاصل از عواملی همچون حرکت انواع وسایل نقلیه و وجود کارخانه‌ها و یا مواردی از قبیل حرایم رطوبت و عوامل بیولوژیکی، دود، صدا و غیره ضروری است.



تصویر ۸ ورامین ـ امامزاده یحیی، پیش از مرمت استحکامی؛ تغییر شکل ظهور ترک و پیدایش نیروهای رانشی ـ جاسازی برای آهن‌کشی.

۳.۳ مرمت جامع یا کامل (طرح جامع مرمتی)

با توجه به اینکه هر بنای تاریخی در یک بستر خاص اجتماعی، فرهنگی و اقلیمی جای دارد، لذا مرمت آن مستلزم دقت و شناختی همه جانبه است. این عوامل از بافت شهری (مکان طبیعی استقرار بنا) تا سایر جوانب تاریخی، اجتماعی، فرهنگی، مذهبی، اقتصادی، سیاسی و غیره را شامل می‌گردد.



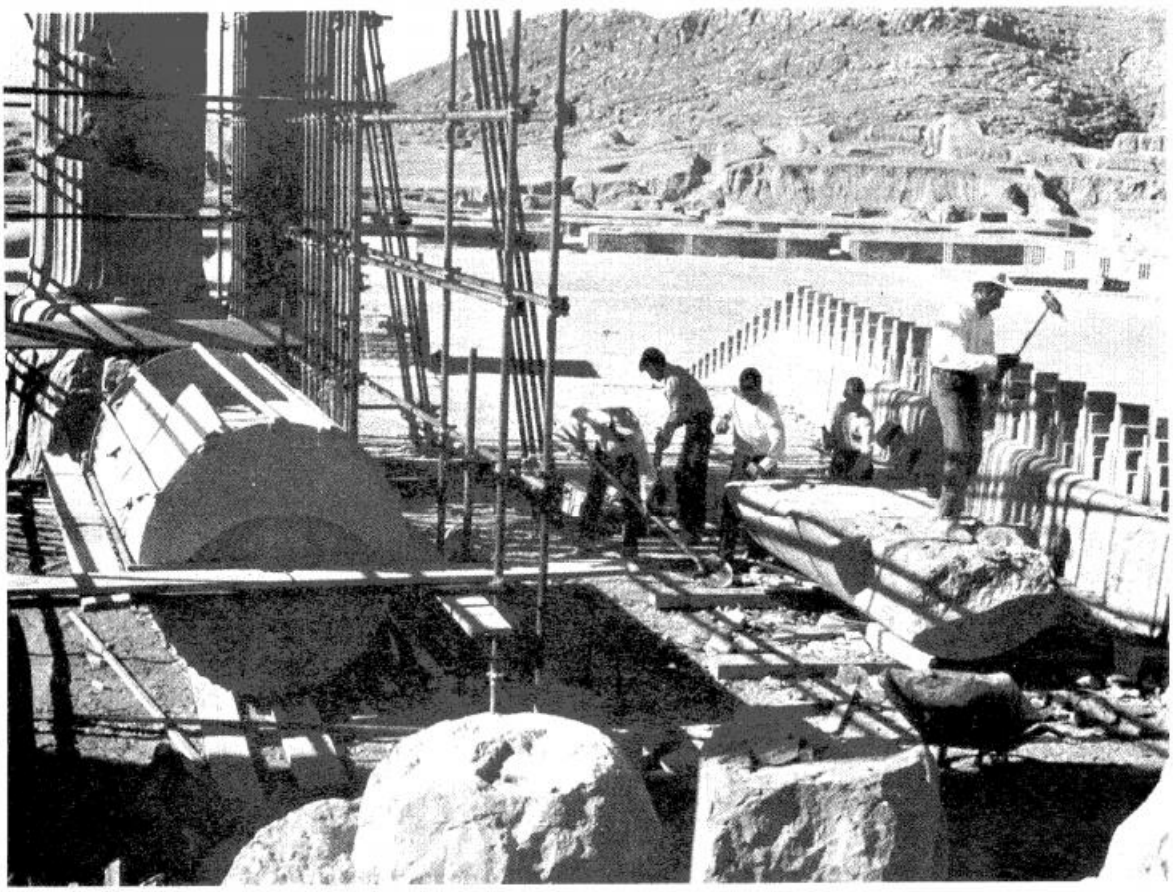
تصویر ۹ ورامین ــ امامزاده یحیی، پیش از مرمت؛ ضرورت پرداختن به مرمت استحکامی با انجام عمل آهن‌کشی به‌منظور تقویت و تثبیت وضعیت بنا.

تصویر ۱۰ ورامین ــ امامزاده یحیی، پس از مرمت استحکامی.

۱.۳.۳ شناخت تاریخی

شامل شیوه‌های ساخت و ساز، فنون و مصالح مورد استفاده در گذشتهٔ یک بنا به‌عنوان یادگار تاریخی نیاکان و حامل پیام دوره‌ای خاص از تاریخ می‌گردد:

یافتن خطوط اصلی بنا: برای شناخت ارزش واقعی اثر لازم است که در ذهن طراح خطوط اصلی بنا مجسم و ترسیم شود. به این منظور، باید مطالعات مقاطعی که اثر در آن زمان شکل گرفته مورد بررسی قرار گیرد و با استعانت از روشها وشیوه‌های متداول در آن مقطع خاص زمانی، وجوه تشابه آثار شناسایی شود و اثر در کمال سلامت خود به‌طور تجسمی ترسیم گردد. این بررسی در واقع بخش مطالعات تطبیقی و شبیه‌سازی برای دستیابی به شیوهٔ ساخت بناست و همراه با مطالعات متون مربوط به اثر تاریخی، خطوط اصلی معماری را از تمامی جهات بر ما روشن می‌دارد. این شناسایی و تجسم کمک شایان توجهی به بناست، زیرا مداخلات احتمالی ما در آن صورت شخصی و اختیاری



تصویر ۱۱ تخت جمشید، آناستیلوزی و تکمیل خطوط اصلی.

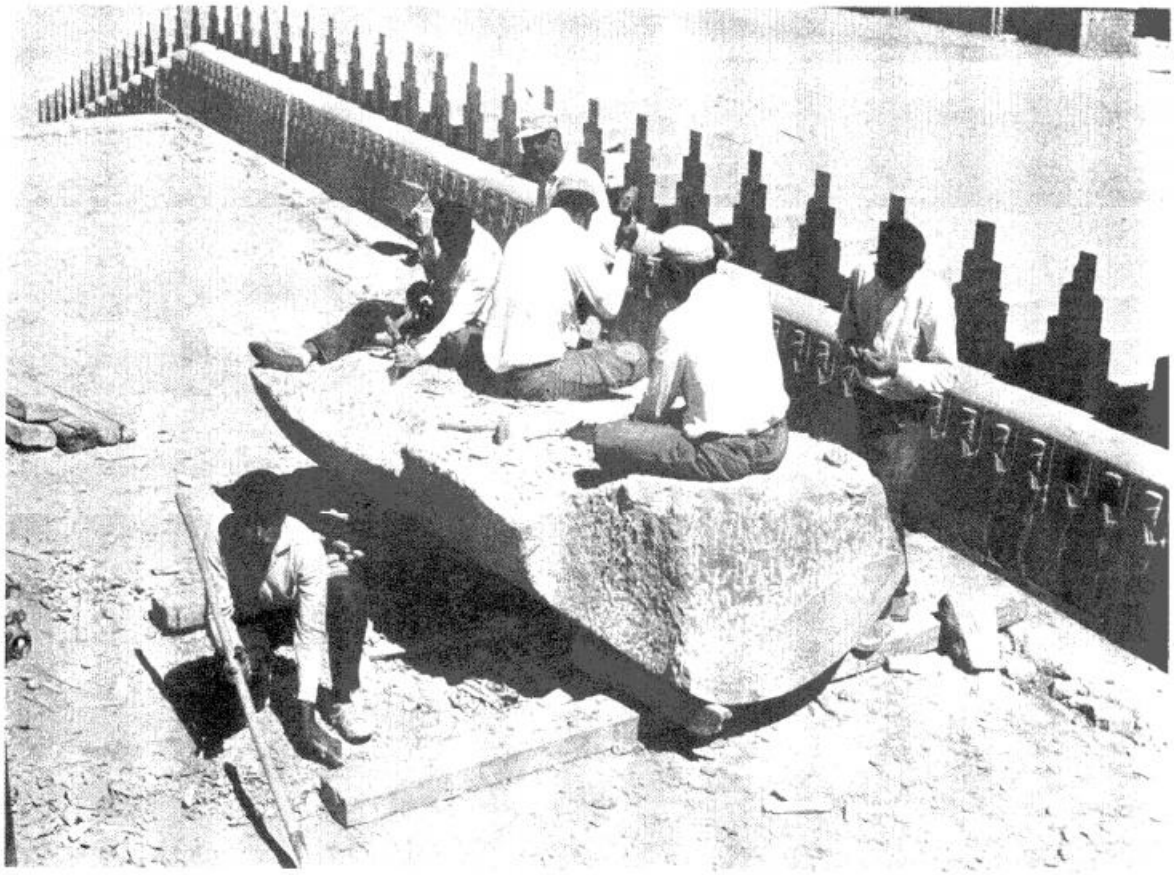
نمی‌گیرد و جهتی مستند و تاریخی پیدا می‌کند؛ این مطالعات از دو جنبه معمار مرمتگر را یاری می‌دهد:

۱. شناخت کامل تمام مسائل مربوط به سازه و سیمای یک بنا در زمان احداث آن.

۲. استفاده از آن شناخت برای احیا وتعمیر بنا.

فقدان بخشی از بنا در مواقعی ما را در مقابل راه حلهای مختلف برای مرمت و احیای آن قرار می‌دهد. بنابراین، با توجه به مراحل فوق‌الذکر، خط و شیوهٔ علمی و مدون مرمت را با در نظر گرفتن زمان تاریخی و امکانات امروزی انتخاب می‌کنیم.

طبیعی است که فقدان بخشهایی از بنا در طول زمان به تنشهایی دامن می‌زند که به ناچار بازسازی بخشهای گم شدهٔ بنا را الزامی می‌دارد. چنانچه در پیش اشاره شد، خطوط اصلی بنا بخشی ازحیات فیزیکی بنا و کاربرد معنوی و اجتماعی آن را در زمان خود دربر می‌گیرد، لذا این مطالعات طیف گسترده‌ای از اطلاعات و پیامهای اجتماعی، فرهنگی و

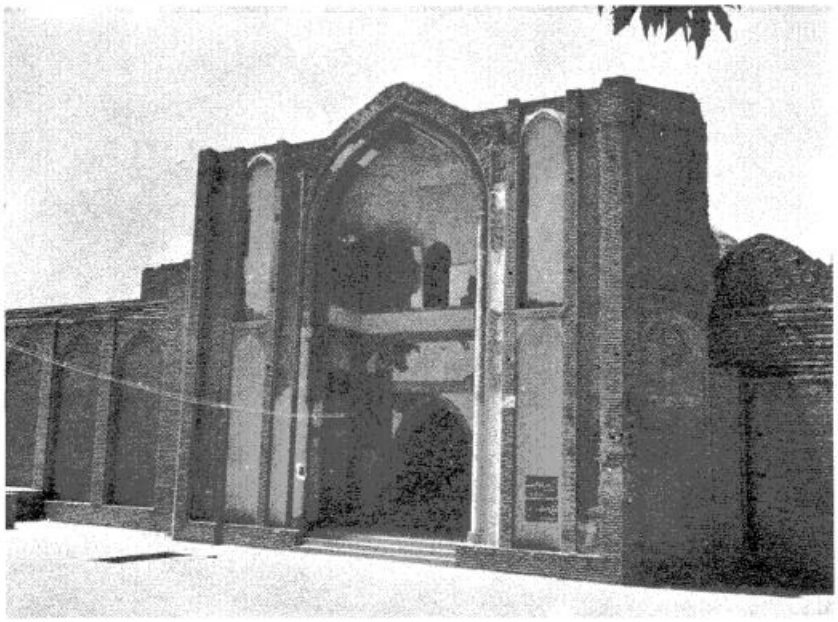


تصویر ۱۲ تخت جمشید، آناستیلوزی و تکمیل خطوط اصلی.

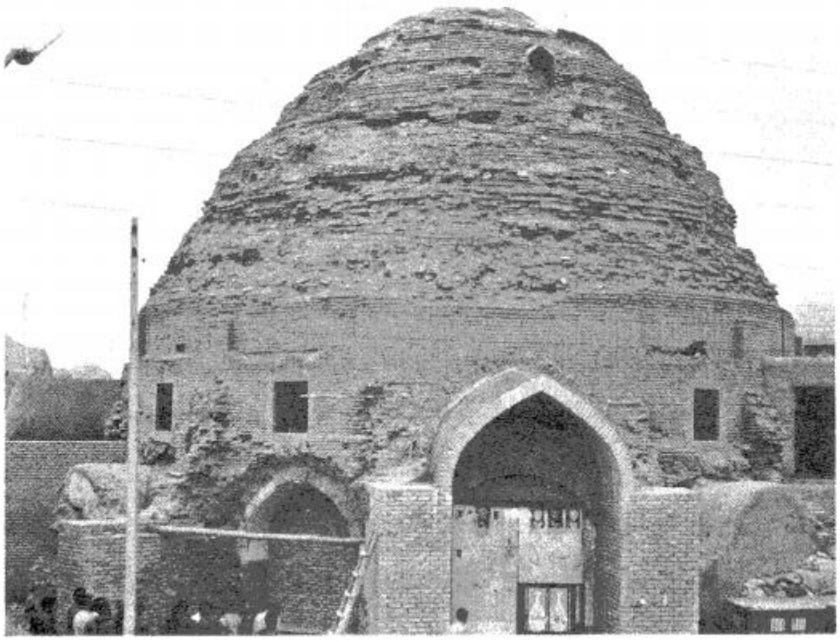
غیره را روشن می‌کند که جوانب مختلف مربوط به استفاده از اثر را به درستی منعکس می‌سازد و این به تصمیم‌گیری ما برای احیای بنا کمک شایان توجهی می‌کند.

با توجه به تمامی ارزشهایی که قبلاً مطرح شد، باید در نظر داشت که امروز بنایی در دست ماست که هرآن مورد تهاجم ناشی از رشد و گسترش لجام گسیختهٔ شهر و روستا و منطقهٔ جدید است و ما وظیفهٔ حفظ و حراست از بنا و انتقال آن به آیندگان را برعهده داریم.

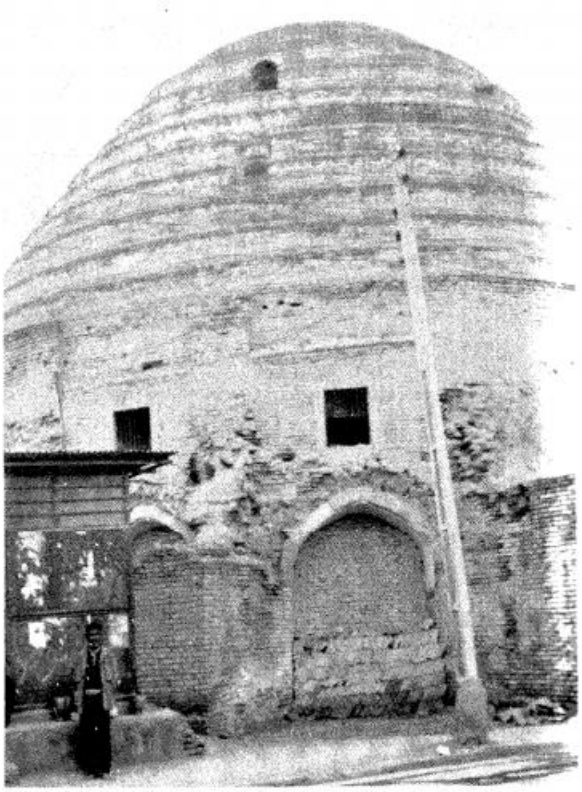
بنا در زمان تاریخی همواره زنده است و آیندگان می‌توانند برداشتهای جدید و دریافتهای نو از آن داشته باشند. بنابراین لازم است با توجه به ظرافت موضوع، به فراخور مکان و زمان حریمی را برای حفاظت از اثر و یا بنا قائل شویم. (طراحی و پیشنهاد این حریم مستلزم مطالعات دقیق باستان‌شناسی و گمانه‌زنی پیرامون اثر است.) از سوی دیگر، موضوع بسیار حساس تطابق، تلفیق و همزیستی بنا با کلیهٔ ویژگیهای خود با زمان حاضر است که لاجرم وجود این



تصویر ۱۳ ورامین ـ مسجد جامع، سر در ورودی.



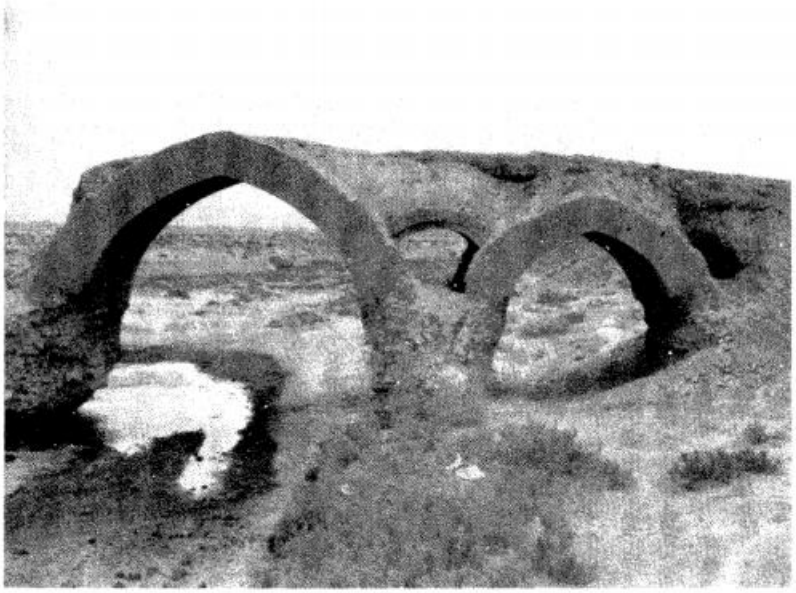
تصویر ۱۴ ساوه ـ چهارسوق، پیش از مرمت.



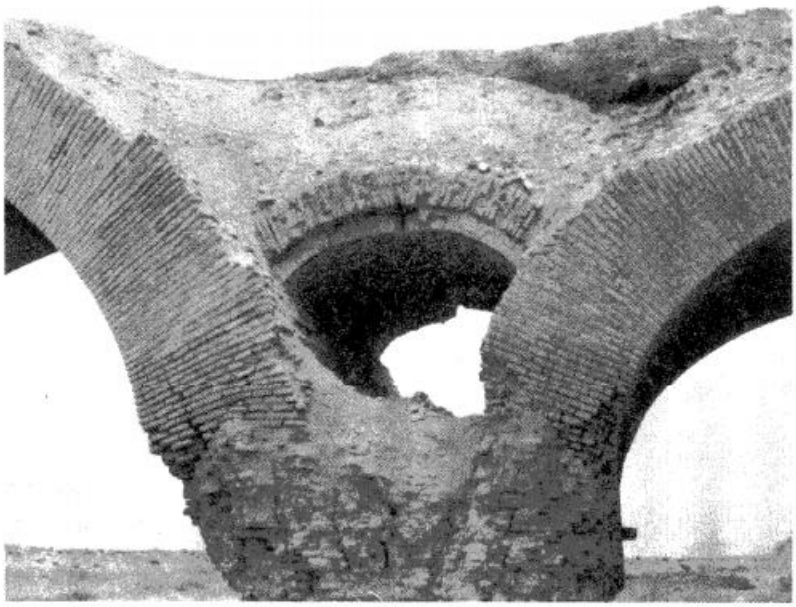
تصویر ۱۵ ساوه - چهارسوق. پس از مرمت.

حریم برای برقراری آن پیوند ظریف و حساس ضروری است. این حریم، به‌عنوان یک فیلتر، نقش مبدل را در پیوند جدید و قدیم برای تضمین ادامهٔ حیات و حفاظت از بنا ایفا می‌کند.

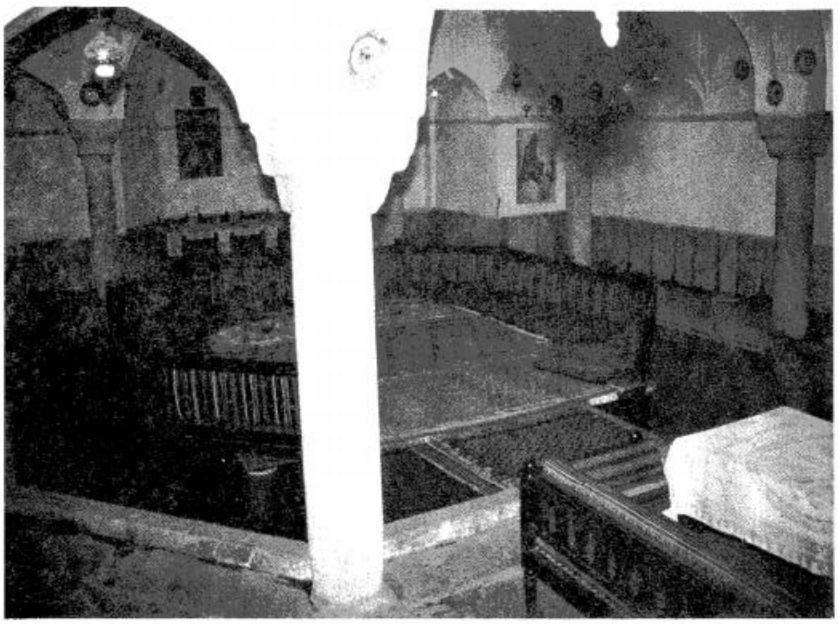
استفاده از بنا به‌منظور تضمین حیات آن: واضح است آنچه متضمن ادامهٔ زندگی یک بناست در وهلهٔ نخست ایجاد شرایطی است که بتواند به نوعی تداعی کنندهٔ بستر طبیعی زایش بنا یا اثر باشد. بدین مفهوم که بنا در ابتدا ریشه در زمان و مکانی تاریخی داشته و اکنون لازم است بررسیها و مطالعات ضروری و جامعی انجام گیرد تا این ریشه‌های اجتماعی که به نوعی مورد تهاجم واقع شده‌اند، بازسازی شوند. این بازسازی، همانند به رشته کشیدن دانه‌های تسبیحی است که نخ ارتباطی آنها گسسته شده، دانه‌ها پراکنده گشته و تک‌دانه‌ها فاقد آن بیان و حیات خاص شده‌اند، در حالی که مفهوم اصلی آنها در پیوند وارتباط واقعی آن دانه‌ها بوده است.



تصویر ۱۶ پل رودخانهٔ شور ـ کرج؛ چنانچه مشاهده می‌شود، انجام **مرمت استحکامی و استحفاظی و تکمیل خطوط** اصلی بنا ضرورتی اجتناب ناپذیر بوده است که بر اثر عدم پرداختن بدان پل فوق به‌کلی منهدم شده است و اکنون دیگر اثری از آن باقی نیست.



تصویر ۱۷ پل رودخانهٔ شور ـ کرج؛ ضایعات در پایه.



تصویر ۱۸ کرمان ـ حمام وکیل، تغییر کاربری به چایخانهٔ سنتی.

تصویر ۱۹ مجموعهٔ فرح‌آباد ساری، پس از یافتن خطوط اصلی بنا برای
نقشهٔ نگوی پوششی آن، براساس خطوط موجود و به‌همان شیوه اقدام به
مرمت شده است.

تصویر ۲۰ جنوب ایتالیا ـ اراکلئا، پوشش حفاظتی.

روشن است که امکان احیای واقعهٔ تاریخی وجود ندارد، لذا تنها اثر، به‌عنوان موردی برای مطالعات جامعه‌شناسی و تاریخی، دارای بیان و پیام اصیل است. این پیام زمانی بیان می‌گردد و پیغامی را القا می‌کند که بتواند پیوندی با زندگی امروزی بیابد و تحقق آن منوط به مجموعه‌ای از عوامل از قبیل عوامل اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، اعتقادی و غیره است. نقش معمار شهرساز فقط بخشی از نقشهایی است که باید برای فراهم آمدن شرایط مناسب برای زندگی بخشی به اثر و پیوند آن با شهر و منطقه و زندگی امروزی ایفا شود.

۲.۳.۳ حفاظت و حراست از ابنیه با مصالح خام

ابنیهٔ یافت شده بر اثر حفاریهای باستان شناسی: اصولاً ابنیه با مصالح خام در زیر خاک محفوظ ترند و فرسایش آنها با قرار گرفتن در هوای آزاد تسریع می‌شود. بنابراین، این‌گونه بناها بلافاصله پس از حفاری مورد حراست قرار گیرند:

۱. حفاظت کامل با استفاده از پوشش (تصویر ۱۹).

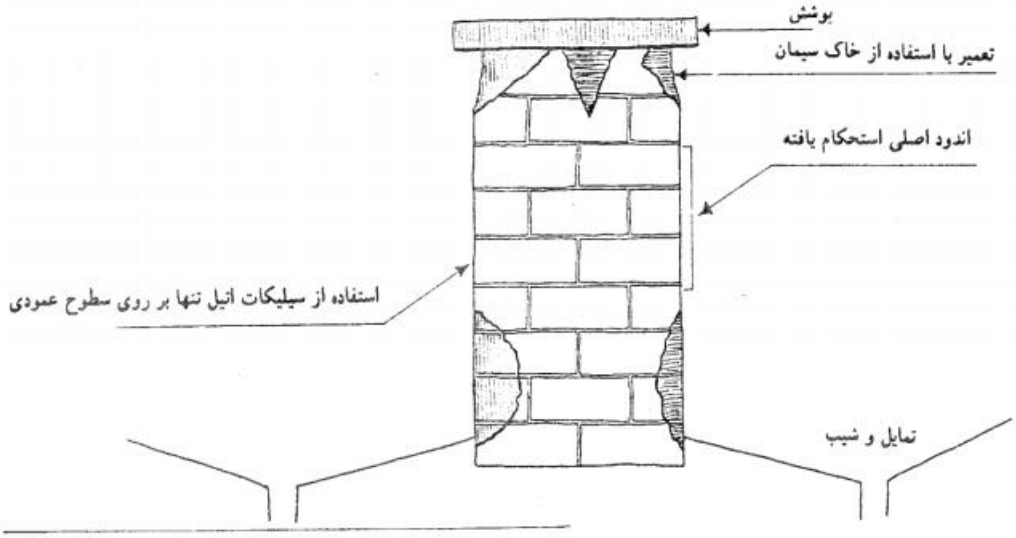
۲. حفاظت کامل (دفن مجدد بنا).

۳. حفاظت نسبی.

● پوشاندن سردیوار و تعمیرات سازه‌ای با استفاده از کاهگل و مصالح بومی و یا خاک سیمان[1] شامل خاک رس: ۸ قسمت؛ ماسه: ۱ قسمت؛ سیمان: ۱ قسمت؛ کاه: به‌صورت کوتاه؛ و آب: به قدرکافی. برای تهیهٔ خاک سیمان، خاک رس باید پیش از استفاده به مدت چند روز در زیر آب باقی بماند و سپس سایر مواد به آن افزوده و بسیار خوب مخلوط شود. اگر از خاک سیمان به‌صورت خشت استفاده شود، باید از قالبهای ته باز برای ساختن آنها استفاده کرد و سپس خشتها را به‌مدت یک هفته مرطوب نگه‌داشت تا سیمان به‌خوبی بگیرد. سپس خشتها را در مقابل آفتاب خشک کرد (شکل ۳).

● استحکام بخشیدن به اندودهای باقی مانده با استفاده از مواد چسبندهٔ مناسب؛

● ایجاد سیستم متناسب برای دفع آب باران؛ باید به‌طور جدی از تشکیل گودالهای آب در نزدیکی این ابنیه جلوگیری کرد و برای این منظور می‌توان با ایجاد شیب در زمین پیرامون، سیستمهای متناسبی را برای دفع آب باران پیش‌بینی کرد. تخلیه و هدایت آب باران باید به دقت مورد توجه قرار گیرد و تمامی عملیات



شکل ۳ نحوهٔ حفاظت دیوارهای خشتی.

۱. این روش و ترکیب فوق ازجزوهٔ *TORRAGA*، چاپ مؤسسهٔ ICCROM اقتباس شده است و توصیه می‌شود ترکیب فوق درایران مورد آزمایش قرار گیرد.

اولیه مانند ناودان وایجاد سطوح متمایل و شیبدار و زهکشی‌ها باید انجام پذیرند.

● استفاده از مواد شیمیایی از جمله سیلیکات اتیل بر روی سطوح عمودی؛ سیلیکات اتیل ـ $Si(oc_2H_5)_4$ ـ بر اثر آب و با وجود یک کاتالیزور (یک اسید) هیدرولیزه می‌شود و هیدرات سیلیسیم ـ $Si(OH)_4$ ـ تشکیل می‌دهد که به نوبهٔ خود قدرت ایجاد ارتباط بین ورقه‌های رس را دارد و ساختمان رس با استفاده از این رابطهٔ ضربدری[2] در آب پخش و پراکنده نخواهد شد (شکل ۴).

۳.۳.۳ ابنیه‌ای که بر اثر حفاری یافت نشده بلکه در سطح زمین موجودند

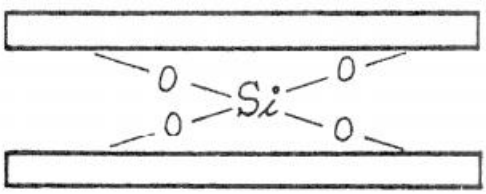
ابنیهٔ با مصالح خام تنها با مراقبتهای مداوم می‌توانند سالم باقی بمانند و مسائل حساسی که باید مورد توجه قرار گیرند به شرح زیرند:

۱. سقفها

۲. سیستم دفع آب باران

۳. اندودها (که باید به‌طور پیاپی تعویض شوند)

۴. پایه‌های دیوارها؛ مقاومت ضعیف این دیوارها در برابر نیروهای کششی باعث ایجاد درزها و ترکهایی بر اثر نیروهای برشی حاصل از جابه‌جاییهای استاتیکی می‌گردد. اگر آب باران به داخل این ترکها نفوذ کند، پیامدهای بسیار وخیم خواهد داشت و تعمیری فوری را ایجاب می‌کند.



شکل ۴ رابطهٔ ضربدری بین ورقهای رُس.

۴.۳.۳ پی‌بندی و تقویت پایه‌های ابنیهٔ سنتی

چنانچه می‌دانیم پیها در ساختمانهای قدیمی به‌صورت ماسونری و اتکای بنا در سطح مقطع وسیع از پایه اجرا شده‌اند واین یکی از عناصر اصلی ایستایی این ابنیه محسوب می‌گردد.

از آنجایی که تمام بار وارد بر عناصر باربر ساختمان از همین سطح مقطع وسیع به زمین منتقل می‌گردد، تا زمانی که این انتقال نیرو به‌صورت قائم از مرکز ثقل پی به زمین منتقل شود، ضایعهٔ عمده‌ای در ساختمان پدید نخواهد آمد، اما با گذشت زمان و مداخله‌های مختلف در بنا و یا پیرامون آن و همچنین دخل و تصرف در داخل بنا ممکن است نیروهای اصلی تعادل خود را از دست بدهند و باعث ایجاد انحرافِ برآیند نیروهای قائم شوند. این موضوع در بعضی از ابنیهٔ تاریخی مشاهده شده که پس از سالها تعادل ایستایی، ناگهان رانشها و یا نشستهایی در ساختمان بروز می‌کند. در مرمت ابنیه ضروری است که در وهله نخست ضایعات پی را شناسایی و طرحهایی برای تقویت و پیشگیری از این ضایعات تهیه کنیم. در حال حاضر، با توجه به تکنیکها ومصالح جدید، طراح و یا مرمتکار با استفاده از این امکانات می‌تواند اقدام به تقویت پی‌ها و پی‌بندی کند. این امکانات امروزی از قبیل وسایل شناسایی مقاومت خاک و لایه‌های زیرین و مصالحی مانند بتون آرمه در اختیار مرمتگر قرار دارد تا با استفاده از آنها در رفع کشش، رانش و نشست اقدام کند.

تقویت پیها قبل از اقدامات دیگر از قبیل کانال‌کشی و

2. cross - link

تعمیرات بدنه ومحوطه‌سازی ضروری است. تزریق بتون در زیر پی‌ها و یا احداث چاههای تقویتی در کنار پی و پر کردن این چاهها از بتون، از جمله اقداماتی است که می‌توان در راستای تقویت پیها انجام داد.

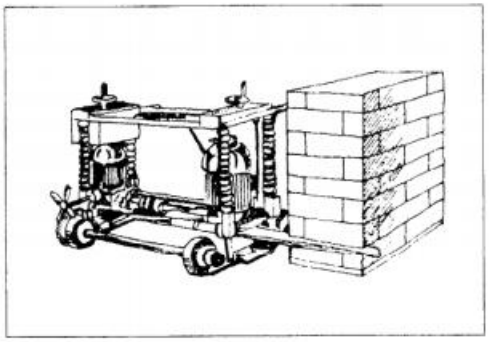
قبل از این اقدام، لازم است بار وارد بر پی کاملاً بر روی چوب انتقال یابد و شمع‌بندیهای لازم پیش از هر اقدام اجرایی انجام شود. پس از این اقدامات حفاظتی، با احتیاط خالی کردن کناره‌های پی و زیر آن را شروع می‌کنیم. این تزریق باید به دقت و با بستن و قالب گرفتن پی انجام شود تا بتون تزریقی به‌طور کامل با مصالح قبلی پیوند خورد و یکپارچه شود تا پس از باز کردن شمع‌بندی و قالب و انتقال بار مجدد ساختمان بر پی هیچ‌گونه ترک و نشستی در دیواره‌ها ایجاد نشود. در بیشتر مواقع، با توجه به وزین (ماسونری) بودن ساختمان قدیمی و سنگینی بار وارده و سطح مقطع پیها، لازم است که این تزریق در چند مرحله انجام گیرد. تقسیم‌بندی آن بستگی به سطح پی و بار وارده دارد که در بناهای مختلف با توجه به نوع ساختمان انجام می‌گیرد. در مواقع لزوم که برای تقویت کناره‌های پی کانال‌کشی و یا سایر اقدامات ضروری است، با رعایت مسائل ایمنی و حفاظتی اطراف و حواشی پیها تقویت می‌گردد.

۵.۳.۳ مرمت بدنه: تعمیرات ماسونری، در، پنجره، رُخبام

نمای ساختمانهای سنتی و قدیمی نیز به مروز زمان دستخوش فرسایش می‌شود و پوسیدگیهایی در بدنه‌سازی و روزنه‌ها، از قبیل در، پنجره، رخبام، پدید می‌آید. از آنجا که وحدت کامل بنا بسته به این وحدت اجزاء است، تعمیر و باز گرداندن وضع گذشتهٔ بنا با مطالعه و پژوهش کافی، تا حدی که اصالت واقعی بنا و خطوط اصلی آن گم نشود، ضروری است. این تعمیرات در ابنیهٔ استثنایی و تک بناهای خاص با دقت بسیاری انجام می‌گیرد، به این معنی که ما مجاز به تغییر اساسی در مصالح نما نیستیم و حتی سطوح وسیع تعمیرات بدنه را با نشانه‌های ویژه و یا با تغییر سطوح بدنه مشخص می‌کنیم. در حالی که در ابنیهٔ غیر ویژه و عمومی‌تر این اقدام با توجه به نوع مصالح و همخوانی و همسانی و هماهنگی و رعایت شیوه‌های معماری برای بهتر استفاده کردن از بنا انجام می‌شود. در مورد درها و پنجره‌های بناهای سنتی، که شاید بیشترین نقش را در نمای بنا دارند، باید از نوع مصالح موجود به‌کار رفته در نمای بنا، ضمن تکرار الگوهای موجود، استفاده کرد.

۶.۳.۳ محوطه و کف‌سازی

در بناهای تاریخی، فضای باز و ساخته شده همواره مکمل یکدیگر و دارای تناسبات سنجیده بوده‌اند و فضای باز جزءلاینفک فضای فیزیکی محسوب می‌شده است. در زمان طراحی مجدد و تعمیر بنا باید به این نکته توجه شود. محوطه‌سازی ابنیهٔ قدیمی در هر اقلیمی الگوهای ویژهٔ خود را دارد وامروز نیز ضروری است که از همان الگوهای قدیمی و سنتی در محوطه‌سازی و کف‌سازی استفاده شود تا ارتباط بین فضای گذر و فضای سبز و آب، به‌عنوان مکمل فضای زیستی، حفظ گردد.



درس چهارم

ابزارشناسی و به کارگیری فنون مرمت

■

چنانچه در بخش آهن کشی و کلاف‌کشی توضیح داده خواهد شد، به‌کارگیری فنون مرمت مستلزم ابزارهای ویژه‌ای است. حفاظت و مرمت نیز به تخصص و فنی خاص به شرح زیر نیاز دارد:

الف) شناخت عوامل تخریب

ب) مراقبت از بنا و جلوگیری از پیشرفت عوامل تخریب

به‌منظور تحقق موارد فوق، طرح حفاظت از کارگاه با مدنظر داشتن موارد زیر انجام می‌گیرد:

۱. انتظام بخشی و پاکیزه کردن محوطهٔ کارگاه؛ ۲. حفاظت کارگاه از عوامل انسانی، حیوانی و غیره؛ ۳. استفاده از شاهد گچی یا شیشه‌ای؛ ۴. خنثی کردن نیروهای فشاری و کششی؛ ۵. برداشتن بارهای اضافی؛ ۶. ایزولاسیون موقت؛ ۷. کلاف کشی؛ ۸. آهن‌کشی؛ ۹. شمع‌بندی ....

در امر حفاظت و مرمت آثار باستانی، عمل ما رابطهٔ تنگاتنگی با باستان‌شناسی دارد. بنابراین، آگاهی از فن حفاری نیز برای معمار ضروری است، چراکه یافتن یک شیء کوچک می‌تواند با کمک باستان‌شناسان ما را در پی بردن به واقعیات مهم تاریخی یاری رساند. همچنین، حفاری مجموعه‌ای پلانیمتریک که مدفون است به روشی خاص نیاز دارد.

در اقدام به حفاری ابتدا باید شیوهٔ شطرنجی را به کاربرد و در ضمن شناسنامه‌ای برای هر یک از قطعات تهیه کرد. در این حفاری باید خاک را لایه لایه و با دقت و ظرافت ویژه‌ای کنار زد و به اطراف منتقل کرد و این کار را تا جایی ادامه داد که اطلاعات حاصله راهگشا باشد. در هیچ شرایطی نباید بنا را در معرض عوارض طبیعی (خارجی) قرار داد، زیرا این عمل ممکن است یکباره بنا را در معرض خطر و تهدید کلی قرار دهد. نباید عمل حفاری را شتابزده و به‌صورت حفره‌ای انجام داد، مگر در مواردی که سوندژ برای سازه ضروری است.

نتایج حفاری می‌تواند مبنای مطالعات ارزشمند توسط باستان‌شناسان باشد. کارشناسان این رشته با تکیه بر علوم پایه و تجارب آزمایشگاهی و نظریات عملی، آثار یافت شده را تحلیل می‌کنند. نتیجهٔ کار آنان از سویی ما را در مرمت یاری می‌دهد و از طرفی آگاهی ما را در مورد آثار بیشتر می‌گرداند. گفتنی است که استفاده از دانش باستان‌شناسی در تشخیص و شناسایی ضروری است.

۱.۴ تقسیم‌بندی ابزارها براساس مراحل مختلف کار

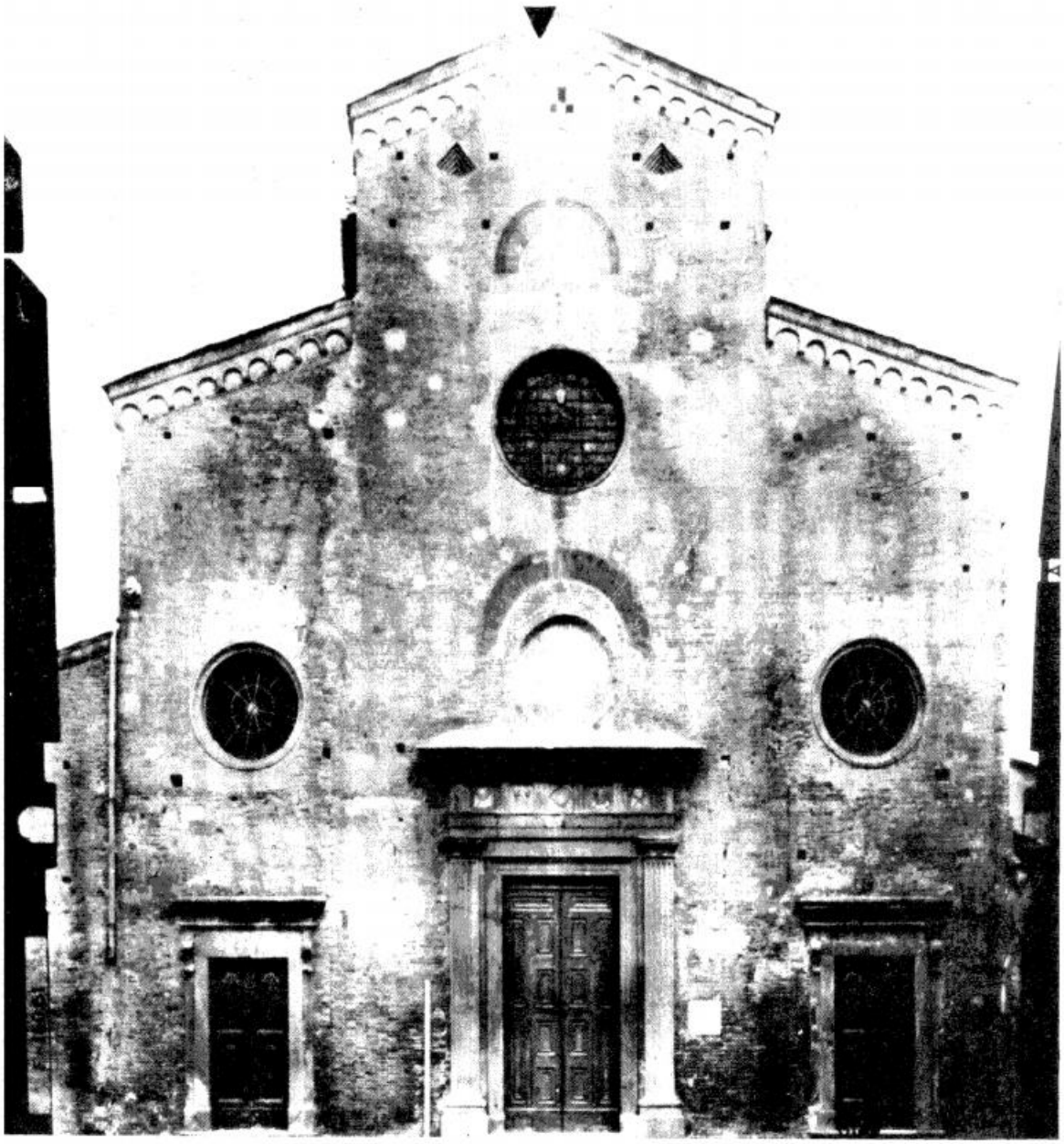
۱.۱.۴ مرحلهٔ برداشت و رولوه

الف) رولوهٔ دستی: در این مرحله ابزار مورد نیاز عبارت‌اند از: متر، شاقول، شلنگ تراز، تراز بنایی، طناب و ریسمان، میخ شمشه، تراز دستی، دستگاههای فتوگرامتری، استفاده از اشعهٔ مادون قرمز، وسایل متحرک بالا رونده برای اندازه‌گیریهای دقیق، خط کش چوبی، دستگاههای نقشه‌کشی، نقشه‌برداری، عکاسی، فیلمبرداری، پروژکتور اسلاید، ویدئو و چاپ.

ب) رولوه با استفاده از دستگاههای ویژه: در این مرحله دستگاههای مختلفی به‌کار می‌رود.

فتوگرامتری ابزاری برای شناخت و برداشت آثار و ابنیهٔ تاریخی:[۱] اندازه‌گیری قدمتی به اندازهٔ تمدن بشر دارد. این روش برای سهولت در فعالیتهای مختلف تجاری و کشاورزی به‌وجود آمده است وهمواره انگیزه‌ای در راه پیشرفت آگاهیهای علمی و تکامل فرهنگی و اجتماعی بوده است. در مدرن‌ترین و پیچیده‌ترین ابزارها و دستگاههای ثبت و اندازه‌گیری هم از اصول مقدماتی هندسهٔ اقلیدسی استفاده

۱. مأخذ: دستنوشته‌های دکتر محمد اسماعیل طلایی.



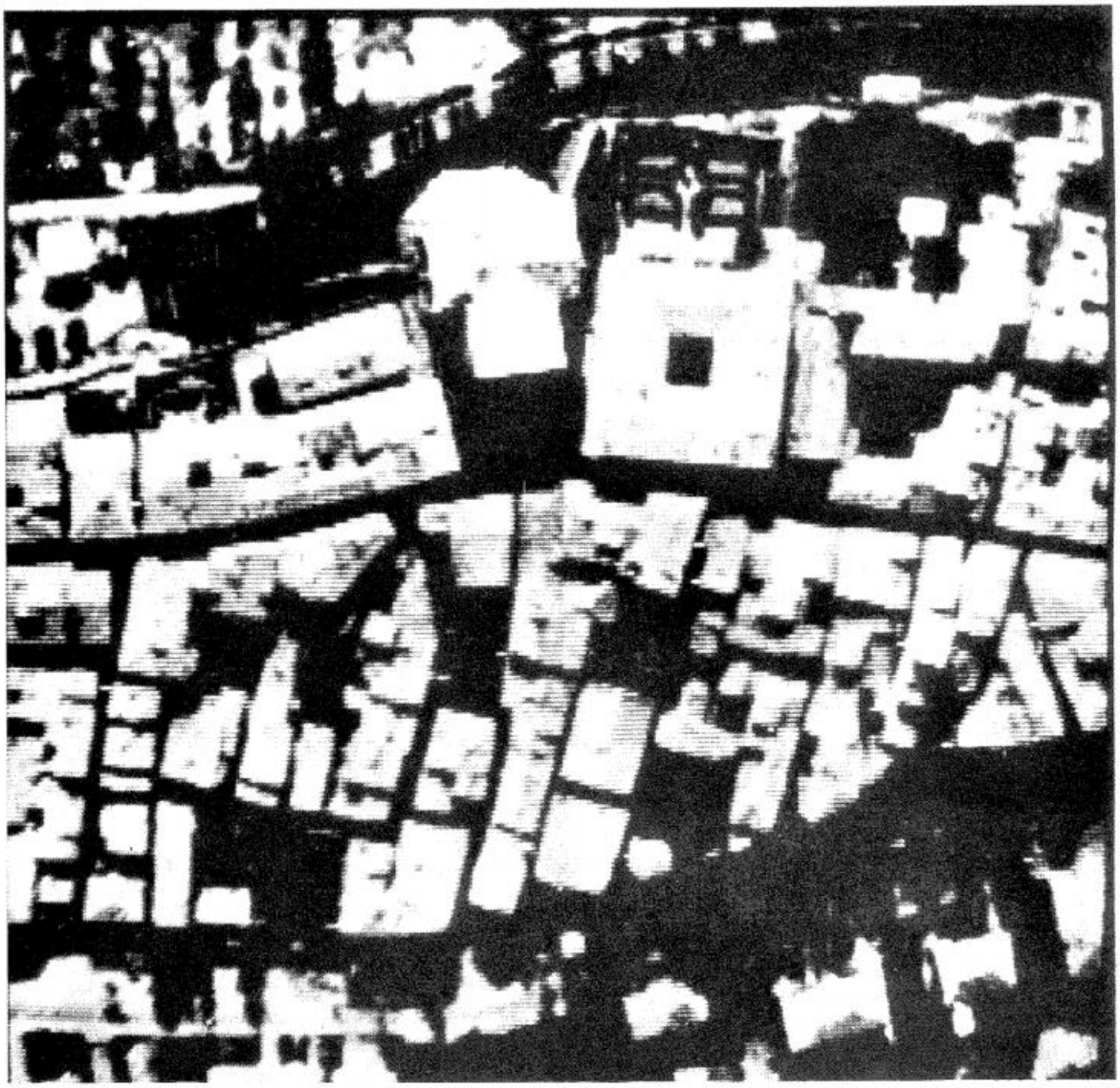
تصویر ۱ تک عکس مربوط به یک کلیسای قدیمی در ایتالیا که به‌وسیلهٔ دوربین فتوگرامتری زمینی برداشته شده است.

می‌شود

فتوگرامتری یکی از ابزارهای اندازه‌گیری و ارائهٔ نقشهٔ زمین و یا اشیاء است که در آن دو عکس از یک شیء یا قطعه زمین از دو نقطه دید متفاوت گرفته می‌شود. این روش بر همان اصول دید انسان به‌وسیلهٔ دو چشم پایه‌گذاری شده و ارائهٔ ترسیمی و یا عددی بسیار جالبی از اشیاء و زمین در اختیار می‌گذارد.

اصول هندسی که مبنای نظری روش فتوگرامتری قرار گرفته است همان اصول هندسی پرسپکتیو است و با استفاده از دوربین عکاسی فتوگرامتری و همچنین دستگاه ترسیم کننده با دید سه‌بعدی اجرا می‌شود.

استفاده از روش فتوگرامتری برای رولوه و مطالعهٔ آثار، ابنیه و مکانهای تاریخی اخیراً مورد توجه بسیاری از سازمانهای جهانی میراث فرهنگی و دانشگاهها قرار گرفته است. محققان و کارخانه‌های سازندهٔ دستگاهها و ابزار فتوگرامتری، با مدرن کردن این دستگاهها، گامی بسیار



تصویر ۲ ترسیم و ارائهٔ گرافیکی بنا از طریق فتوگرامتری (دستگاه رسام).

ارزشمند در جهت ثبت و مرمت میراث فرهنگی جهان برداشته‌اند، به‌طوری‌که با تأیید کمیتهٔ بین‌المللی فتوگرامتری معماری، در زمینهٔ مقایسهٔ رولوهٔ مستقیم و رولوهٔ فتوگرامتریک، طرحی برای آموزش روش فتوگرامتری در نظام آموزش دانشگاهی پیشبینی شده است. بدون شک این روش گامی بسیار مثبت در برانگیختن علایق فرهنگی تازه و تشویق علاقه‌مندان و دست اندرکاران این روش مدرن خواهد بود.

آموزش پژوهشگران و علاقه‌مندان در بخش حفاظت آثار و ابنیهٔ تاریخی، در زمینهٔ فتوگرامتری زمینی و هوایی با اهداف زیر صورت می‌گیرد:

ـ آگاهی از اصول فتوگرامتری اعم از فتوگرامتری با تک عکس یا عکسهای استروسکوپ.

ـ عادت کردن به مشاهدهٔ عکسهای استروسکوپ یا سه بعدی.

تصویر ۳ نمونه‌ای از عکسبرداری هوایی از بافت قدیمی شهر پیزا در ایتالیا که با استفاده از روش کامپیوتری تفسیر و به نمونه‌های ترسیمی در مقیاس مورد نیاز تبدیل می‌شود.

ـ کسب مهارت برای طرح واجرای عکسبرداری فتوگرامتری.

ـ آگاهی از روشهای هندسی و گرافیکی برای استفاده از نک عکس یا عکسهای استریوگرام.

ـ آگاهی از روشهای استفاده از ابزارآلات و دستگاهها، اعم از تحلیلی یا عددی.

در آموزش روش فتوگرامتری در رولوهٔ معماری، مهارت در تحلیل و بازنمایی آثار معماری بسیار اهمیت دارد.

عکسبرداری هوایی: روش دیگری که در مطالعه و تحلیل ابنیه، آثار تاریخی و استخراج اطلاعات کیفی و کمی دربارهٔ زمین در مقیاس بزرگتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، فتوگرامتری هوایی و تفسیر عکسهای هوایی است. با تفسیر

تصویر ۴ نمونه‌ای از ارائهٔ گرافیکی تک عکس هوایی مربوط به بافت قدیم شهر پینزا. با استفاده از این روش می‌توان اطلاعات بسیاری را استخراج و ارائه کرد، از جمله قدمت ابنیه، تراکم طبقات، نوع مصالح، نسبت فضاهای پر و خالی، نوع پوششها، درصد شیبها. به‌طور کلی، هرگونه تحلیل عینی از این طریق میسر است.

عکسهای هوایی می‌توان اطلاعات فوری را هم از طریق مشاهدهٔ عکسهای هوایی و هم از طریق مقایسهٔ تغییرات با وضع گذشتهٔ آن به دست آورد. بدیهی است تجربه و مهارت شخص و همچنین قدرت تحلیل و حساسیت و تشخیص پژوهشگر در این روش نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند.

با ادغام اطلاعات به‌دست آمده از تعبیر و تفسیر عکسهای هوایی و اطلاعات کسب شده از طریق توپوگرافی، زمین‌شناسی، تاریخ، باستان‌شناسی و . . . می‌توان نقشه‌های کاربردی اراضی را تهیه کرد. عوامل اصلی که با فتوگرامتری و تفسیر عکسهای هوایی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

ـ کلیهٔ محوطه‌های زیستی انسانی اعم از بافتهای

تاریخی، ابنیه و آثار منحصر به‌فرد
ـ مناظر طبیعی
ـ بافت و شکل زمین
ـ مسیر آبها
ـ جابه‌جایی سطوح زمین توسط عناصر طبیعی
ـ تجمع و تنوع گیاهان

استفاده از انواع و اقسام فیلمهای حساس مانند پانکروماتیک، ارتوکروماتیک و بخصوص مادون قرمز، سیاه و سفید یا رنگی در عکسبرداریهای هوایی، امکان دسترسی به اطلاعات وسیعتری را فراهم می‌آورد.

رادیوگرافی: از روشهای مهم دیگری که در بررسی و مرمت آثار هنری می‌توان به کار برد رادیوگرافی با اشعهٔ ایکس یا اشعهٔ گاماست که به‌علت نفوذ زیاد اشعهٔ گاما در آثار هنری با ضخامت زیاد، از گاماگرافی استفاده می‌شود.

سنجش از دور: استفاده از کلیهٔ روشهای سنجش از دور ـ برای مثال، ترمووِیزیون ـ در بررسی و مرمت آثار و ابنیهٔ تاریخی و همچنین بازشناسی آنها بسیار متداول شده، زیرا در این روشها می‌توان بدون دست زدن به آثار هنری حتی سطوح نامرئی بنا و اثر را مطالعه و بررسی کرد.

۲.۱.۴ مرحلهٔ رفع خطر و مرمتهای حفاظتی

ابزارهای مورد نیاز در یک کارگاه مرمتی عبارت‌اند از: داربستها، انتروپوزها (شامل لوله‌های داربست، داربستهای پیش ساختهٔ متحرک، جکهای چوبی دستی، جکهای هیدرولیکی مغزی، پایه، بست و غیره)، پشتبندها، شمعهای چوبی وفلزی(شمع‌بندی ساده، شمع‌بندی مرکب)، زهکشی، کابل کشی و مهارکشی، مهارکشی به روش سنتی و یا با استفاده از وسایلی از قبیل دریل‌ها، چکش کمپرسور، کاروتاژ، کمپرسور هوا، انژکتور دستی و مکانیکی (دستگاه انژکسیون)، جرثقیل دستی، قالب دبه، قالب دوّار (شاهنگ و آهنگ)، قالب چوبی، قالب گچی، تخته روسی، ابر، کوره‌های ساخت مصالح سنتی (آجر، گچهای ویژه، کاشی، رنگهای گیاهی و غیره)، انواع بیلها، کلنگ، چمچه، کاردک، استانبولی، فرغون، انواع مته‌ها، بالابر، ابزارهای مربوط به تعمیرات بدنه، دستگاههای رطوبت سنج، دستگاههای سنجش مقاومت مصالح سنتی، و ابزارهای ضد عوامل بیولوژیک از قبیل نمک و داروهای سمی.

ابزار و فنون توأمان در اجرای طرح مرمتی ضروری هستند، مانند استفاده از کلافهای بتون آرمه برای پیشگیری از رانش و جلوگیری از عوامل بیرونی (مانند زلزله)؛ استفاده از ستونها (شمعها)ی ثابت و متحرک؛ سقفهای پوسته‌ای حفاظتی (از بتون آرمه یا غیره)؛ تعویض ملاتها؛ دوخت و دوز ترکها؛ کاربندیها و یزدی بندیها و اتصال آنها به اسکلت اصلی بنا؛ تقویت پیها، کف‌سازی، دیوارهای تزئینی جدا از اسکلت، نقاشی، آئینه‌کاری، نجاری، کاشیکاری.

۳.۱.۴ مرحلهٔ حفاظت حریمی

وسایل الکترونیک و هشدار دهنده برای محوطه‌ها و موزه‌ها، انواع چراغهای ویژه‌ای که ضمن ورود به حریم بنای تاریخی یا شیء تاریخی به‌صورت نورافکن به دستگاههای هشدار دهنده متصل‌اند.

۲.۴ ابزار لازم در کارگاه مرمت سنگ

در کارگاه مرمت سنگ ابزار مختلفی مورد نیاز است.

۱.۲.۴ ابزار کوه‌بری در معادن سنگ

کمپرسور باد دیزلی، دریل ضربه‌ای بادی (چکش بادی با مته به قطر ۳۰ الی ۵۰ میلیمتر به طولهای مختلف)، گازهای فلزی (برای ایجاد فشار یکنواخت به‌منظور استخراج قطعهٔ مورد نظر از صخره)، دستگاه سیم برش کوه‌بری، دریل برقی بزرگ ثابت سرالماسهٔ آبی، پتک، پتک قلمی، کنر، جکهای دستی به توان ۵ الی ۱۰ تن، اهرم یا دیلمهای مختلف، عینک ایمنی، ضربه گیرهای گوشی، جکهای هیدرولیک ۱۰۰ تنی،

دریل واگون، دستگاههای سیم برش با زنجیره‌ای الماسهٔ هیدرولیکی.

۲.۲.۴ ابزارهای حجاری سنگ (دستی ـ ماشینی)

پتک، پتک قلمی، کنر، چکش، چکش دندانه‌ای، چکش بادی (پلی مات)، قلمهای مختلف موج و پهن، تیشه با دندانه‌های مختلف، قلمهای مختلف دندانه‌ای، فلکس (فرز با دیسکهای مختلف)، شمشه، گونیا، سنگ سابهای مختلف، ماسک، عینک ایمنی، شابلون، دستگاه تراش سنگ بونتی گراف.

۳.۲.۴ ابزار حمل ونقل سنگ

گردال، جک دستی، اهرم یا دیلم، ریل واگون، الوار، تخته، صابون، تیفور، وینچ گریپکس یا ژنراتور، جرثقیل، بکسل، کرپی.

۴.۲.۴ ابزار تعمیرات سبک و سنگین سنگ

جک به توان ۵ الی ۱۰ تن، دریل برقی ضربه‌ای تنظیمی، دریل بادی متحرک، دریل برقی ثابت آبی با مته‌های مختلف مربوطه، بکسل، کرپی (کلمس یا بست) با توانهای مختلف، مهارکشهای مختلف (تعمیرات)، لوله انترپوز، بست انترپوز ثابت و گردان، آچار رینگی مخصوص، انترپوز، کفی لوله، تراز، گونیا، شمشه، کلاه ایمنی، کمربند ایمنی، عینک ایمنی، کفش ایمنی، اهرمهای مختلف فلزی، لوله بر، قرقرهٔ فلزی، طناب، دستکش چرمی و لاستیکی، بتونیر ثابت، دستگاه پمپاژ بتون با سری‌های مختلف تزریق، دستگاه بالابر برقی.

۵.۲.۴ ابزار وصّالی سنگ

میز، گیره، برس سیمی و نایلونی، انواع پیستوری، انواع کاردک، مهارکش‌های مختلف، چکش، قلم موج، دریل برقی ضربه‌ای تنظیمی، خمیر مجسمه‌سازی.

۶.۲.۴ ابزارهای مورد نیاز لابراتوار و استحکام سنگ، سفال و سرامیک

دستگاه ویبراتور دستی، دستگاه فرز پدالی، ترازوی دیجیتال، کولیس، پنس، گیرهٔ دستی، بشر شیشه‌ای و پلاستیکی، لوله آزمایشگاه، پیستوری، اسپاتول، چراغ گازی، پیست، دستگاه پی، اچ متر، دستگاه ابربرزیو، دستگاه دما و رطوبت سنج، میکروسکوپ الکترونی، دستگاه لیزر.

۳.۴ وسایل و مواد لازم برای تعمیرات نقاشی بدنه (فرسک)

۱. مقار و چکش در اندازه‌های مختلف برای لایه‌برداری
۲. کاردک‌های مختلف برای لایه‌برداری
۳. انواع سرنگ برای تزریق پشت نقاشیها
۴. انواع قلم مویی برای تمیز کردن و تعمیرات نهایی نقاشیها
۵. انواع رنگهای مرغوب (پودر و آب رنگ و رنگ روغن) برای تعمیرات و بازسازی نقاشیها
۶. انواع چسبها برای بست رنگها (پریال، کتیرا، و . . .)
۷. انواع مواد تثبیت کننده روی نقاشیها (پریال، پارالوئید، کتیرا، روغن کمان، ویناویل و . . .)
۸. انواع مواد شیمیایی پاک کننده (آب مقطر، تینر، الکل صنعتی، آمونیاک، دی‌متیل و . . .)
۹. انواع مواد پرکننده برای پشت نقاشیها (در جاهای مختلف، نوع مواد مورد احتیاج باید تهیه شود)
۱۰. مواد شیمیایی برای تثبیت نهایی (پریال، پارالوئید، روغن کمان، کتیرا و . . .)
۱۱. انواع چسبها برای جابه‌جایی نقاشی (سریشم، سریش، پارالوئید، ویناویل، جلوتل و . . .)
۱۲. انواع پارچه و گونی ظریف بافت برای چسباندن

روی نقاشی و پشت نقاشی

۱۳. انواع ظروف برای ریختن مواد و ساختن مواد لازم برای کار روی نقاشی و برداشتن نقاشی (پارچه، میخهای مختلف، گونی ظریف، انواع چسبهای محلول در آب و در مواد شیمیایی، انواع اره‌های ظریف و ضخیم، انواع کاردک، قلم مویی)

۱۴. بوم‌سازی برای انتقال نقاشی دیواری

۴.۴ برخی ابزار و مواد مورد نیاز برای مرمت نقاشی (تابلو و ...)

این مواد عبارت‌اند از: پارالوئید، بریمال، وینا ویل، بونکس، اکسیلامون، دی‌میتل، بوتیل آمین، استات آمینه پریدن، آمونیاک، استن، تینر، الکل، کرمانتین، استارئن.

ابزار لازم برای این کار عبارت‌اند از: مقار، چکش، تیغه پیستوری، دسته پیستوری، ماسک، ذره‌بین، میکروسکوپ رومیزی، انواع قلم‌مو، گونی مخصوص آستر، آرالدیت، توری سیمی، خانه زنبوری، لوازم آزمایشگاهی، پتریدش، آگارآگار، لام و لامل، صمغ کانادا، کورهٔ برقی معمولی، پودرهای رنگی (از هر نمونه معادل با اصل آن)، تخته شاسی، لوازم سه پایه، انواع لوازم کرسی پا و داربست، دوربین عکاسی، لوازم التحریر، فضای لابراتوار و انجام عملیات، مصالح سنتی، انواع کاردک، شیشه‌های دردار برای ترکیبات، قفسه‌های مورد نیاز برای نگهداری، کالک، کاغذ مومی و پوستی ....

درس چهارم

اهداف حفاظت و برنامه‌ریزی در مرمّت

۴. ۱ اهداف نگهداری و حفاظت

میراث فرهنگی پشتوانه غنی از معنویت و موجودیت ملت‌ها و زیربنای فرهنگی جوامع قلمداد می‌گردد. کشور ما ایران در ردهٔ بزرگترین کشورهای جهان با پیشینه‌ای غنی است که محصول فعالیت آن تمدنی عظیم با لایه‌های متفاوت و متنوع است، این تنوع ممزوجی از آرمان اعتقادی فرهنگی است که اصول معرفت شناسی و به طور خاص عرفان در لایه‌های فرهنگی آن قابل بازشناسی است لازم به ذکر است که این معنویت و معرفت شناسی حتی در آثار قبل از اسلام با استناد به کتیبه‌ها و آثار برجای مانده مشهود بوده و قابل استخراج است که با ظهور اسلام و نشر فرهنگ آن این دست مایه غنی پرورشی اساسی یافت و نشانه و تبلور این اندیشه یعنی انسان و طبیعت را در ماحصل آثار می‌توان جستجو کرد.

پیشینه‌ای چنین غنی مسئولیت خطیری را متوجه برنامه ریزان، مدیران و یکایک افراد جامعه می‌نماید و بی‌تردید مشارکت کلیّه اقشار جامعه را در تحقق برنامه‌ریزی طلب می‌کند.

بدیهی است که رشد و توسعه بی‌وقفه و زندگی ماشینی تأثیر مستقیم در تغییرات ناهنجار در محدوده قدیمی و سنّتی شهرها و روستاهای کشور گذاشته و می‌گذارد. در این راستا و در جهت هدفمند نمودن توسعه با عنایت به این محدوده تاریخی و سنّتی، ضرورت تهیه برنامه و اهداف معیّن دو چندان می‌گردد.

اهداف مورد نظر زمانی جامه عمل به خود می‌پوشد که حسّ قرابت و فهم جامع و کامل بین مضمون آثار بر جای مانده و افراد جامعه برقرار گردد که در این ارتباط رسانه‌های جمعی، نهادهای پژوهشی و تحقیقاتی و به ویژه مراکز آموزشی وظیفه‌ای خطیر بر عهده می‌گیرند که تعیین اهداف برای حفاظت در جهت استمرار و تداوم حیات این آثار ضرورتی اجتناب ناپذیر خواهد بود. تنظیم و تدوین سیاست‌های جامع و معیّن با هدف حفاظت، یک اصل کلی در نظام برنامه ریزی کشور قلمداد می‌گردد. برای تحقق اهداف فوق سازماندهی تشکیلات اداری و حقوقی ضروری است که خوشبختانه در کشور ما این امر بالاخص پس از انقلاب اسلامی با تشکیلات و اساسنامه‌ای معیّن کار خود را آغاز نموده است. تحقیق و پژوهش در زمینه میراث فرهنگی و تدوین روش‌های علمی و عملی که بتواند خطرهای ناشی از توسعه و تغییرات طبیعی و مصنوع را کنترل و جهت دهی نموده و تهدیدهای احتمالی را به امکان تبدیل نماید نیز لازم است. از سوی دیگر توجّه لازم برای تقویت مراکز آموزشی مرتبط با امر حفاظت از میراث طبیعی و تاریخی فرهنگی کشور از ضرورت‌های اساسی می‌باشد.

۴. ۲ تهیه برنامه و گزارش در امر مرمّت

تدوین سیاست‌های حفاظتی در گرو مستند سازی و جمع آوری مدارک و اطلاعات است که این اطلاعات بایستی با تحلیل و نقد ارزش‌های نهفته و آشکار موجود در آثار توأم باشد. ارزش‌های فوق را می‌توان در دو رده شامل فرهنگی تاریخی و اقتصادی بررسی کرد ولی به طور کلی حفاظت از میراث امری فرهنگی است و مرمّت با یک نسخه معیّن و از پیش تعیین شده عملی نیست بلکه انجام آن مشروط به شناخت، درک و فهم کامل از ارزش‌های موجود در موضوع میراثی است. تصمیم گیری بر درمان محوّطه‌ها و آثار بایستی بر اساس قضاوتی که مبتنی بر مطالعات و پژوهش‌های مربوطه است. تصمیم‌های فوق به شرایط کالبدی و حدود و علل خرابی موضوع میراثی بستگی خواهد داشت. می‌دانیم که سیاست حداقل مداخله همواره بهترین گزینه خواهد بود. لذا با توجّه به اهمیت موضوع و گسترش و پراکندگی آثار و ابنیه در سطح وسیع کشور، تهیه و تدوین یک برنامه مشخص ضروری

می‌باشد. این برنامه شامل سلسله مراتبی از اقدامات و پژوهش‌ها است که به شرح زیر خلاصه می‌گردد:

۱- بررسی و پژوهش: ارتباط با مراکز دانشگاهی و سایر مؤسسات تحقیقاتی در امور فرهنگی در جهت جمع آوری اطلاعات، نظریه ها و تکمیل پژوهش ها امری بسیار حیاتی است.

۲- مستند سازی و معرفی

۳- حفاظت و مرمت

۴- احیا

به طور کلی در تمام کشورها در حدّ توان و امکانات انجام امور زیر ضروری است:

۱- گسترش مطالعات علمی و فنّی در جهت دست یافتن به روش‌های اجرایی به نحوی که بتوان مانع از خطرهای تهدید کننده میراث فرهنگی شد ضروری است. در این راستا تهیه یک برنامه کشوری برای اقدامات قانونی، علمی، فنّی، اداری، مالی و حمایتی برای طی روند شناخت، نگهداری، حفاظت، معرفی و فعال کردن میراث فرهنگی الزامی است.

۲- ایجاد مراکز منطقه‌ای در راستای آموزش با هدف حفاظت از میراث فرهنگی و طبیعی لازم است. از سوی دیگر ایجاد انگیزه برای بررسی و پژوهش لازم در این زمینه‌ها نیز در دستور کار این مراکز قرار خواهد گرفت. لذا تهیه فهرست جامع و کامل از آثار موجود و ثبت آن‌ها در فهرست‌های مربوطه راهگشای اقدامات قانونی بعدی خواهد شد.

۳- با درج محوّطه‌ها و آثار در فهرست میراث ملی و جهانی، لازم خواهد بود که ارزش‌ها و شرایطی که باعث این ثبت شده‌اند برای همیشه نگهداری و مورد حفاظت قرار گیرند. لذا ارزیابی مدام در جهت حفاظت از تمام آنچه باعث ثبت محوّطه در فهرست آثار ملی و جهانی شده لازم خواهد بود. برای ایجاد زمینه حفاظت، معرفی آثار و ارزش‌های نهفته در آنها به صورتی روشن ضروری است. همچنین تدوین قوانین مرتبط با امر حفاظت نیز در دستور کار خواهد بود.

۴- تهیه فهرست از آثار در معرض خطر: در راستای برنامه‌ریزی حفاظتی کشور باید اذعان کرد که محوّطه‌هایی وجود دارند که یکپارچگی و پیوستگی آنها توسط خطرات جدی در زمان، توسط انسان یا طبیعت تهدید می‌شود. در این راستا ایجاد زمینه برای جذب کمک‌های ملّی و بین المللی به منظور رفع خطرهای تهدید کننده ضروری است. این تهدیدها شامل تغییرات ناخواسته یا پیشنهادات نامتجانس با محوطه مانند کاربری‌های نامناسب، اقدامات نامناسب عمرانی و یا رخدادهایی مانند جنگ و یا بلایای طبیعی مانند زلزله می‌باشد.

۵- استفاده از علامت و نماد میراث ملی و جهانی می‌تواند در محوّطه‌هایی که به ثبت رسیده‌اند به کار رود.

۶- اقدامات لازم در جهت برنامه‌ریزی‌های مدوّن برای حفاظت و تعالی ارزش‌های ذاتی محوّطه‌هایی که به ثبت ملّی و جهانی رسیده‌اند از اهم وظایف دستگاه‌های ذیربط در امر برنامه‌ریزی و حفاظت است.

۴. ۳ ارزش‌های موجود و نقش و تأثیر آنها بر درمان

هر اثر تاریخی حاوی اطلاعات و پیام‌های خاصی در محیط است و برای شناخت این اطلاعات و پیام‌ها نیازمند ارزیابی و تحلیل می‌باشند که در نهایت قضاوت در میزان ارزش‌ها در آثار مختلف متفاوت است و از ابعاد و زوایای گوناگونی مانند ارزش‌های فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، هویتی، کالبدی، عملکردی، آموزشی و اعتقادی است. بدیهی است که هر کدام از ارزش‌های برشمرده دلیل مستندی بر حفاظت، درمان، احیا و مرمت آثار و ابنیه تاریخی است، لذا طبقه بندی ارزش‌ها

و تعیین موازین مورد لزوم برای هر کدام در راستای توجیه درمان، مرمّت و احیا یک ضرورت است.

به هرحال میراث فرهنگی از منابع غیر قابل تکرار و تجدید در جهان است لذا تلاش مضاعفی برای جبران و ترمیم اقدامات ناهماهنگ در زمان حاضر برای حفاظت از آن ضروری است.

۴. ۴ مروری بر برنامه‌های اجرایی و روند برنامه‌ریزی برای آینده

برخورداری از یک تشکیلات منسجم و سازمان یافته از پیش نیازهای ضروری در ارتباط با امر برنامه‌ریزی و اجرا می‌باشد که خوش‌بختانه در کشور ما این تشکیلات ایجاد شده و با سلسله مراتب معیّن در سطح کشور فعالیت می‌کند.

برنامه‌ها و پیشنهادات مربوطه توسط مراکز استانی به کمیته‌های مربوطه و سپس به کمیته مرکزی ارجاع داده می‌شود و در این کمیته با بررسی و تصویب برنامه‌ها و تعیین اولویت و تأمین اعتبار مجدداً به استان‌ها جهت اجرا ارجاع داده می‌شود، بدیهی است که برنامه‌های فوق در سه بخش کوتاه مدت، میان مدت و دراز مدت با توجه به اهمیّت آثار و میزان تخریب و آسیب ها و تهدیدهای احتمالی صورت می‌گیرد. با علم به اینکه امر حفاظت مرمّت و احیا از آثار و ابنیه مستند بر مطالعاتی مداوم و مستمر است و در تمام کشورها پس از مستند سازی، برنامه‌ریزی در مورد آنها انجام می‌گیرد و برنامه‌های عمرانی تحت تأثیر این مطالعات قرار می‌گیرد، لذا ضروری است که برنامه‌های عمرانی در راستای هدف فوق تهیه گردند.

۴. ۵ تأمین اعتبار و بودجه برای پژوهش و اجرای برنامه‌های عمرانی

با علم به اینکه امر حفاظت از آثار مقوله‌ای پیچیده و حساس می‌باشد لذا دقت در برنامه‌ریزی کشوری در سطوح مختلف از پروژه‌های عمرانی مرتبط با این امر ضرورتی اجتناب ناپذیر است زیرا کشور ما دارای سوابق طولانی و آثار قابل تأمل در سطوح، رشته‌ها، حوزه‌ها و مناطق کشور است به همین جهت کلیّه نهادها و سازمان های دولتی و غیر دولتی موظف می‌گردند تا ضمن توجّه به این امر در طرح های عمرانی خود ردیفی اعتباری برای مطالعه، پژوهش و حفاظت در این زمینه پیش بینی نمایند.

۴. ۵. ۱ برنامه‌ریزی اعتباری جهت حفاظت و نگهداری از محوّطه‌ها، آثار و ابنیه توسط دستگاه ذیربط:

۱- تأمین اعتبارات لازم برای حوادث پیش بینی نشده و آنی مانند زلزله، سیل، توفان و غیره.

از اعتبارات اختصاص یافته دولتی منابعی جهت مقابله با حوادث فوق ضروری است.

۲- تأمین اعتبارات لازم برای حفاظت و نگهداری

این اعتبارات در موارد زیر مورد استفاده قرار خواهد گرفت

۲-الف: برنامه استحفاظی مانند تثبیت و تقویت اثر و محوّطه

۲- ب: رفع خطر از بنا، اثر یا محوّطه که دچار آسیب‌های ناشی از عوامل بیولوژیکی است و برای نگهداری و حفاظت، نیازمند بودجه‌های مالی برای انجام امور فوق است.

۲-ج: نگهداری و حفاظت دائم: این اعتبارات در موارد ذیل ضرورت خواهد یافت:

۲-ج -۱: مواردی همچون هدایت آبهای سطحی، برف‌روبی، نظافت مستمر، تأمین پوشش گیاهی محوّطه، تعمیر تأسیسات بناها، و تمام امور مربوط به نگهداری مانند بازکردن مسیر ناودان‌ها و غیره.

۳- تأمین اعتبارات دوره‌ای مانند اعتبارات پنج ساله (این بخش شامل مستندسازی و پژوهش، گمانه زنی‌ها، تهیه برنامه و طرح مرمت جامع و اجرای آن می باشد).

۴- تأمین اعتبارات مالی برای دوره‌های بلند مدت:

۴- الف: این اعتبارات شامل تملک عرصه، طراحی ساماندهی حریم و دسترسی های شهری، توقفگاه‌ها و برنامه های جامع احیا و ... می باشد.

۴- ب: تهیه طرح‌های جامع استحکام بخشی و مقاوم سازی در برابر حوداث آنی مانند زلزله، سیل و ...

در جهت اجرای برنامه‌های فوق تأسیس و پیش‌بینی شبکه‌ای مالی، اعتباری ضروری است به نحوی که بتوان بین وزارت متبوع، تشکیلات استانی و بخشی در کمیسیون‌های مربوطه هماهنگی لازم به عمل آورد و این گروه تخصصی در امور اعتباری و مالی باید بتواند در برنامه‌ریزی عمرانی کشور جایگاه یافته و این امر را به عنوان بخشی از بودجه‌های توسعه عمرانی کشور توجیه و تصویب کند. با توجّه به جایگاه میراث فرهنگی به عنوان یک نهاد تأمین کننده و پشتیبان نئوری‌های توسعه پایدار لازم است که در برنامه‌های عمرانی جایگاه ویژه خود را داشته باشد و به همین مناسبت اعتبارات کلان مورد لزوم را با حمایت دولت و به کارگیری بخش خصوصی توأم با شگردهای مورد لزوم کسب کند.

۴. ۵. ۲ تهیّه و تأمین بودجه

برنامه‌ریزی دقیق برای تأمین بودجه مستلزم آگاهی و تجربه کافی در امر حفاظت است. به طور کلی حفاظت میراث فرهنگی نیاز به کار زیاد و دانش ویژه دارد. تنظیم بودجه دقیق در ۵ ساله اوّل نیازمند کمیسیون‌های خاصی است، بنابراین دولت موظف می‌شود که سخاوتمندانه در این مورد عمل نماید و به همین ترتیب بودجه بایستی برای پنج ساله بعدی نیز در برنامه‌ریزی کشور دیده شود تا دستگاه مسئول میراث فرهنگی قادر باشد هر گونه اعتبار اضافی مصرف نشده را ذخیره و به سال‌های بعد منتقل نماید زیرا کار حفاظت ماهیتاً یک کار زمان‌بر است و از زمان پیش‌بینی شده کندتر به ثمر می‌نشیند و به موازات تهیه بودجه تأمین نیروهای کارشناسی و استادکاران سنّتی متخصّص دائمی نیز ضروری است از سوی دیگر تربیت نیروهای کارآزموده زیر نظر متخصصان موجود نیز برای استمرار بخشی به این امر حیاتی است.

برای هزینه تخصصی اعتبارات فوق لازم است که کمیته‌ای متشکل از متخصصان مختلف شامل: مالی، فنّی و مدیریتی، تشکیل شود و بر مصرف این اعتبارات نظارت مستمر داشته باشند.

۵- تهیه برنامه مدیریت برای پروژه حفاظت محوّطه ها

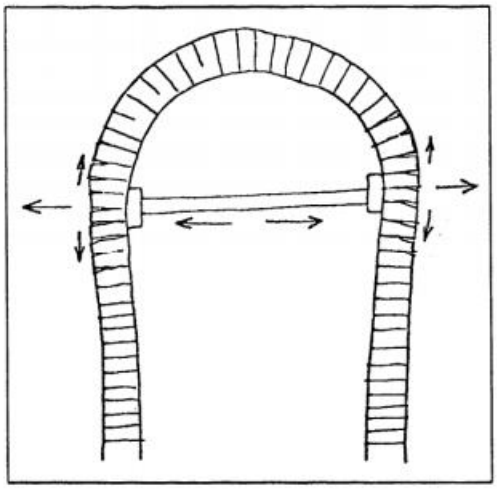
برای تهیه برنامه مدیریت مناطق توجّه به نکات زیر ضروری است:

۱- بررسی اوّلیه از محوّطه
۲- تعریف محوّطه
۳- شناسایی آثار، ابنیه و ذخایر تاریخی
۴- ارزشیابی آثار ابنیه و ذخایر تاریخی
۵- تعیین اهداف و دقت در تنگناهای احتمالی
۶- معیّن کردن پروژه‌های قابل اجرا
۷- تهیه برنامه اجرایی و برنامه سالانه
۸- اجرای امور مورد نظر
۹- ثبت و ضبط گزارشهای تهیه شده و امکان بازنگری و بازبینی آنها
۱۰- تهیه مرکز اسناد محوّطه
۱۱- بازنگری در تعاریف و توجه به امکان افزایش سایر ارزش‌ها

۱۲- تعیین اهداف در بازنگری برای تجدید نظر در تعاریف

۱۳- تعیین و اولویت‌بندی طرح‌های قابل انجام

۱۴- برنامه کاری تجدید نظر شده و برنامه سالانه بعدی



درس پنجم

آسیب‌شناسی و عوامل تخریب انسانی و طبیعی

۱.۵ تشخیص ضایعات در بنا، مجموعه و یا بافت شهری

اساسی‌ترین بخش قبل از هر اقدام مرمتی تشخیص ضایعه یا عارضه است. نوع مصالح، پیوند منطقی عناصر ساختمانی، توزیع متناسب نیروها، مقاومت شالوده‌ها در مقابل بارهای وارده، تناسب نیروهای داخلی با توجه به توانایی مصالح، حفاظت صحیح کل ساختمان در برابر عوامل خارجی، در مجموع از عوامل و شرایط لازم برای تأمین ایستایی و ادامهٔ حیات و بقای ساختمان محسوب می‌شوند. بنابراین، هنگام بررسی یک بنا یا مجموعه و یا بافت شهری، پرداخت به عواملی که مخل قلمداد می‌شوند، ضروری است.

کهولت و فرسودگی شرایط مناسبی را برای سایر عوامل مخل فراهم می‌کند. میزان رطوبت، تغییرات و نوسانات مداوم درجه حرارت (روز گرم و شب سرد) و عوامل جوی، همگی مقاومت بنای پیر و فرسوده را تضعیف می‌کنند. طبعاً این مقاومت حد معینی دارد و مجموعه عوامل نامبرده مخل ادامهٔ زندگی بنا می‌شوند.

آسیب و عارضه <---- عدم تعادل <---- عامل مخل

بنابراین، مشاهدهٔ آسیب و عارضه در بنا دال بر وجود عدم تعادل است که در چنین شرایطی ریشه‌یابی عامل مخل در دستور کار قرار می‌گیرد.

به‌طور کلی، عوامل تخریب مجموعه‌ای از کنشها و آسیبها هستند که در تغییر شکل و تخریب بنا مؤثر واقع می‌شوند. نحوهٔ تعمیر بنا نیز بستگی به نوع این عوامل مخل و مخرب دارد. پس باید ابتدا عواملی را که موجب صدمه دیدن بنا و یا نهایتاً ویرانی آن شده‌اند بررسی کرد و سپس چگونگی تعمیر، حفظ و نگهداری آن را طراحی و اقدام را

تصویر ۱ ساری، فرح‌آباد ـ پل رودخانهٔ تجن، آسیب بر اثر سیل.

آغاز کرد.

۲.۵ عوامل مؤثر در تخریب بنا

۱.۲.۵ عوامل طبیعی

مانند رعد و برق، رطوبت ناشی از آبهای زیرزمینی یا ریزش باران و برف، سیل، باد، زلزله، عوامل بیولوژیک. تأثیر عوامل طبیعی به نحوهٔ استقرار، تشکل بنا و مصالح مورد استفادهٔ متفاوت بستگی دارد.

۲.۲.۵ عوامل اجتماعی و سوانح

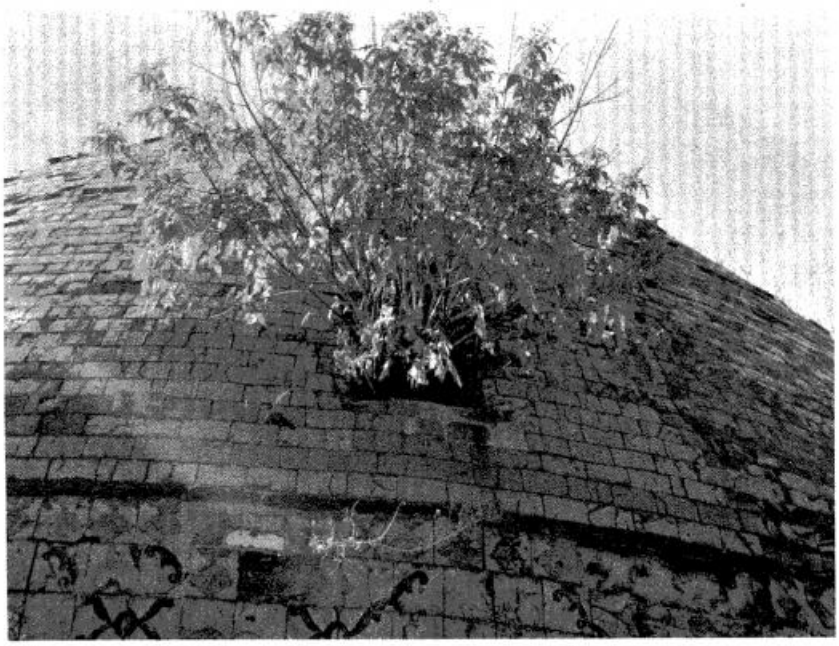
مانند جنگ، مهاجرت و آتش‌سوزی.

۳.۲.۵ عوامل تخریب مربوط به شیوهٔ خاص زندگی ماشینی

مانند تأسیسات بنا از قبیل فاضلاب، کانال‌کشی و غیره.

۴.۲.۵ عوامل تخریب مستقیم به‌وسیلهٔ مردم و حکام وقت

از جمله می‌توان به تخریب حصارها و خندقها با هدف گسترش شهرها، تخریب بناهای عظیم به‌منظور استفاده از مصالح آنها و همچنین استفادهٔ نادرست از ابنیهٔ قدیمی، استقرار مردم در واحدها و مجموعه‌های بزرگ قدیمی، و دخل و تصرف شدید و نابهنجار در آنها، حفاری ابنیه به‌منظور گنج‌یابی، اقداماتِ بدون مطالعه و برنامه‌ریزیِ افراد خیر به‌منظور تعمیر، تغییر فشار آبهای زیرزمینی بر اثر حفر چاههای عمیق و پمپاژها.



تصویر ۲ ایروان ـ مسجد جامع، روئیدن گیاه در روزنهٔ گنبد.

جدول ۱ می‌تواند در انطباق عارضه با بعضی از مسائل موجود در بنا ما را یاری رساند، بدین معنی که ضمن تجزیهٔ بنا، به بررسی پلان در بخشهای مختلف و الحاقات بنا در تمام ابعاد (پلانیمتریک و احجام) می‌پردازیم که در نهایت یکی از ابزارها برای مطالعهٔ تنشها و عدم تعادل در بناهاست.

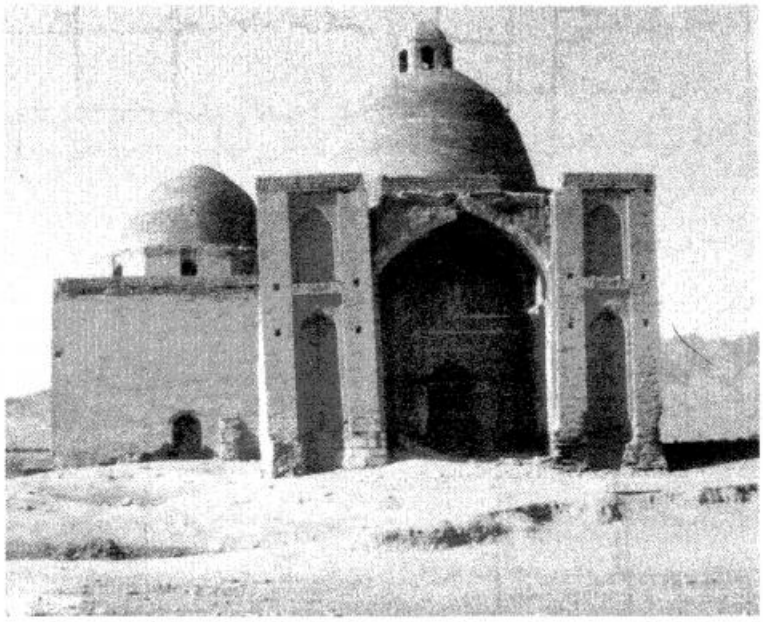
۳.۵ اشاره‌ای به شناسایی آسیبها

نخستین اقدام ضروری برداشت صحیح از اثر آسیب دیده و تهیهٔ نقشه‌های کامل آن است. در این نقشه‌ها ارائه وانعکاس جابه‌جاییها، انحرافات و دخالتها (الحاقات) ضروری است.

به این ترتیب، ضایعات بنا به‌طور دقیق در این نقشه معرفی می‌شود. پس از شناخت و معرفی ضایعه، مرحلهٔ بررسی و مطالعه در مورد علل آن آغاز می‌شود. کارشناسان و متخصصان به سونداژ و ردیابی عامل مخل می‌پردازند. هر عارضه‌ای ممکن است معلول چند عامل باشد، لذا بررسی و شناخت تمامی این عوامل ضروری است. برای مثال، رانش یک دیوار در لحظه ممکن است بر اثر رطوبت در پی و یا فشار تاق بالای دیوار باشد. پس، از راه بصری و برداشت عملی، عارضه را شناسایی و آن را ردیابی می‌کنیم تا علل آن معلوم گردد. پس از شناخت این علل و عوامل، مرحلهٔ تشخیص، درمان و فنون و تکنیکهای وابسته شروع می‌شود.

جدول ۱ تجزیهٔ بنا

پلان بخش ۱	دخل و تصرف (الحاقات)	عملکرد قبلی	عملکرد فعلی	زمان ساخت	نوع مصالح	عارضه	عدم تعادل	عامل مخل



تصویر ۳ پلنگ آباد ـ امامزاده زید و رحمان، آسیب بر اثر نیروهای راننشی.

در این مرحله لازم است از مصالح و تکنیکی استفاده شود که صدمات کمتری به بنا وارد آورد و در صورت لزوم در آینده قابل تعویض و جایگزینی باشد.

۴.۵ فرسایش و زوال

تغییر خواص مصالح معمولاً متأثر از یک یا هر دو عامل زیر است:

الف) تنشها (داخلی و خارجی)

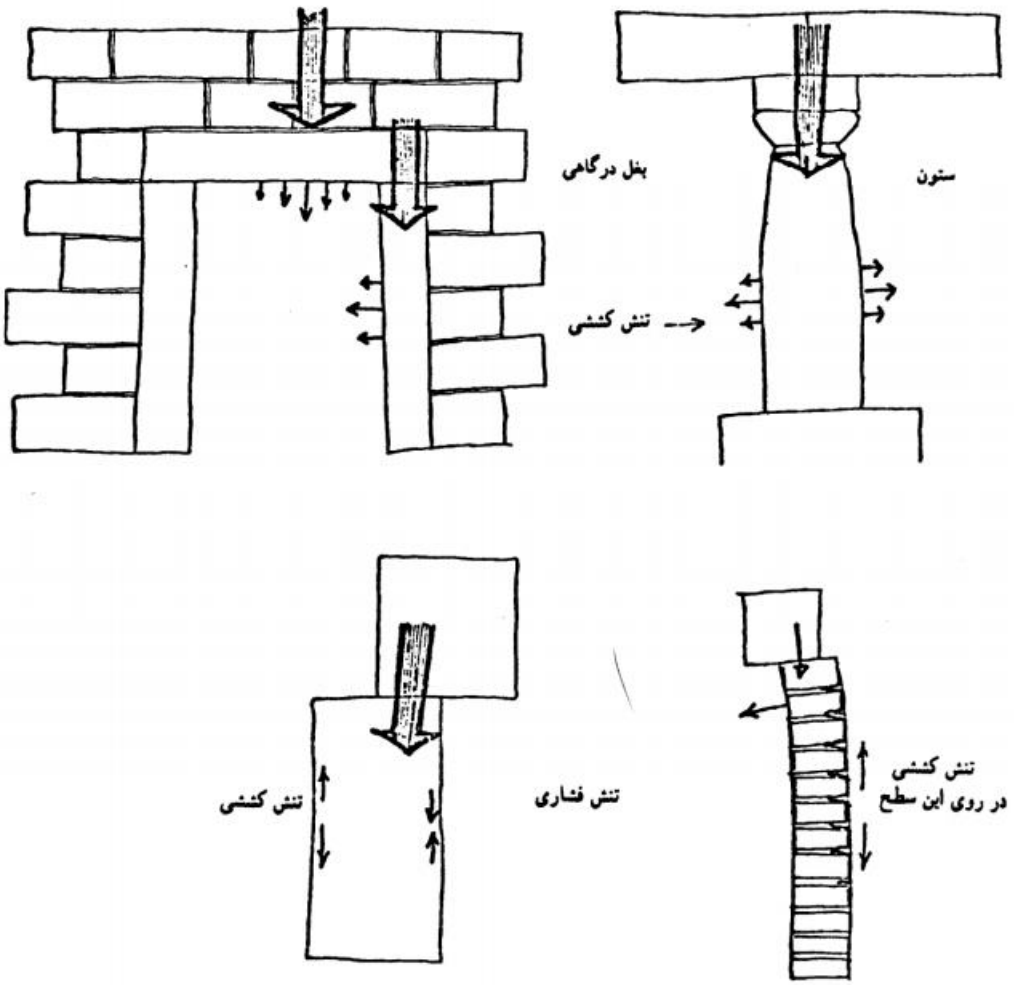
ب) روندهای فساد و تحلیل رفتگی

۱.۴.۵ تنشها

تنشهای عامل فرسایش و زوال به دو گروه خارجی و داخلی تقسیم می‌شوند که از مجموعه‌ای از عوامل مختلف تأثیر می‌پذیرند:

بار زیاد وارد بر سازه: اگرچه بارهای کششی درحدی نیستند که باعث ایجاد شکافهای قابل رؤیت گردند، اما می‌توانند ترکها و خلل و فرج ریز را گسترش دهند و موجب افزایش پیشروی آنها شوند و بدین ترتیب عوامل مناسب برای نفوذ آب و رطوبت را فراهم آورند و در نتیجه باعث فرسایش شوند (شکل ۱).

در دیوارهای خشتی، تنش کششی می‌تواند در نقاط



شکل ۱ تأثیر بار وارد بر سازه.

اتصال موجب باز شدن مختصر اتصالها گردد و همین امر باعث نفوذ آب می‌شود و در نتیجه شرایط مناسب را برای فرسایش فراهم می‌آورد.

تنشهای حاصل از تغییرات دما: تمامی مواد و مصالح در برابر حرارت منبسط و در برابر سرما منقبض می‌گردند و اگر چنانچه به هر وسیله از این تغییرات جلوگیری شود، تنشهای حاصله موجب ایجاد شکستگی در مصالح می‌گردد (شکل ۲). اختلاف دما بین شب و روز بویژه در آسمان صاف به مراتب بیشتر است زیرا مواد و مصالح در برابر آفتاب بسیار گرم و در شبهای صاف به شدت سرد می‌شوند. ارقام زیر تغییرات پیش‌بینی شده‌برای یک‌قطعهٔ یک متری از مواد مختلف (به‌صورت آزاد وغیر مسدود) را بر اثر یک تغییر دمای c° ۳۰ نشان می‌دهد.

۰ر۲۵ mm ~ گرانیت (سنگ خارا)

۰ر۴ mm ـ ۰ر۳ = ملات ماسه و آهک

۰ر۲۰ mm ـ ۰ر۱۵ = خشت پخته

۰ر۱۵ mm ~ مرمر

۰ر۴ mm ـ ۰ر۳ = بتون

۰ر۱۵ mm ~ سنگ آهکی

تغییرات طولی در سایر موادی که معمولاً به همراه سایر مصالح ساختمانی به‌کار گرفته می‌شوند به شرح زیر است:

۰ر۳ mm = آهن

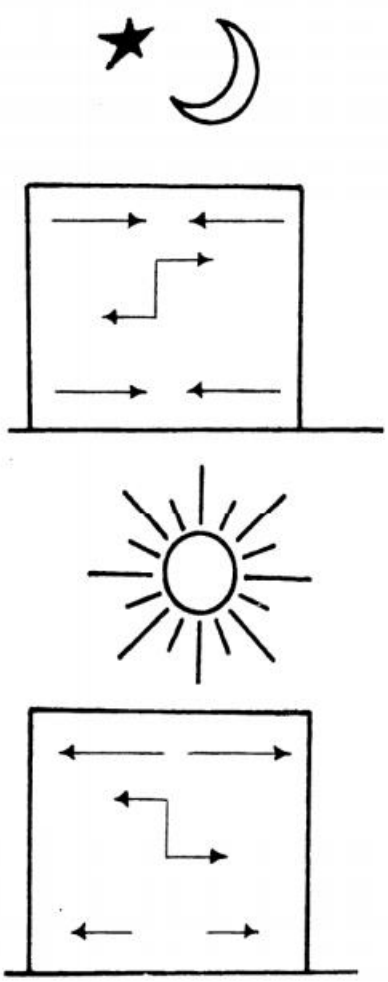
۰ر۳ mm ~ شیشه

۰ر۷ mm ـ آلومینیم

۰ر۳۰ mm ـ ۱ر۵ = رزین پلاستیکی

۰ر۷ mm ~ پلاستیک تقویت شده

اگر مواد و مصالحی با ضرایب انبساط متفاوت در نقاط اتصال به‌کار گرفته شوند زمینهٔ ایجاد تنش کششی و برشی (T) فراهم می‌آید که میزان تنش با افزایش طول قطعات مورد نظر بیشتر می‌شود. انبساط حاصل از حرارت در قطعات بسیار بلند ایجاد تنش می‌کند. اگر از این انبساط جلوگیری شود و یا مصالح مختلفی به شکل غیرقابل انبساط و

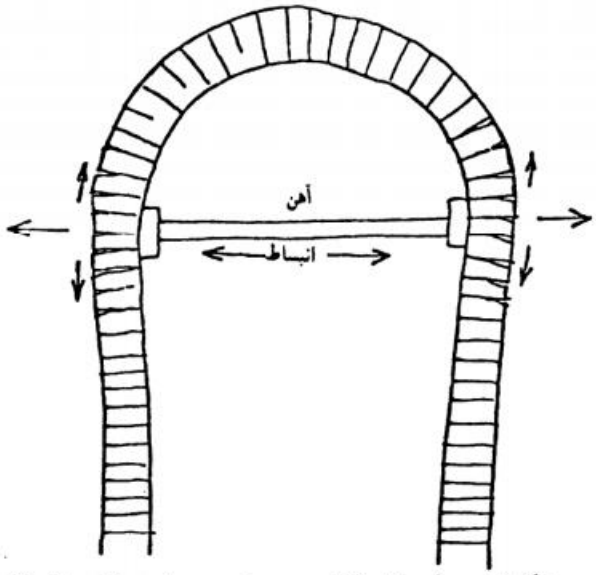


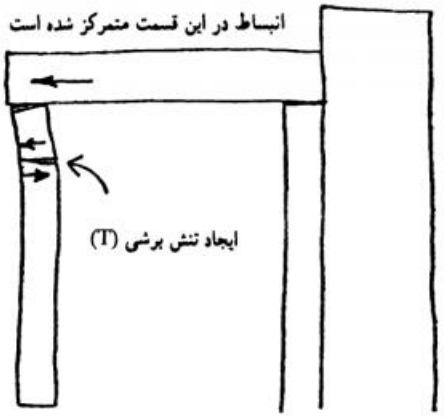
شکل ۲ انبساط و انقباض در بخش داخلی بلوکهای بزرگ مصالح بسیار کمتر از سطوح آنهاست و به‌همین دلیل یک تنش برشی در آنها حاصل می‌شود.

به‌صورت سفت و انعطاف‌ناپذیر با هم به کار روند، تنشهای حاصله می‌تواند موجب تغییر شکل سازه یا ایجاد ترکهایی در آن شود (شکلهای ۳ و ۴).

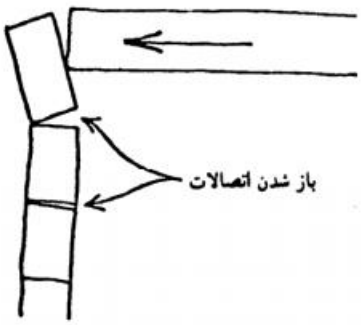
انفصالی که بر اثر انبساط در نقاط اتصال حاصل می‌گردد، در نتیجهٔ انقباض مجدد بسته نمی‌شود، زیرا این ترکهای حاصله با مواد زاید پر می‌شوند و همین امر موجب می‌شود که بیشتر باز شوند. برحسب محاسبه، در یک ورقهٔ ۶ متری که بر اثر تغییر دمای c° ۱۰۰ حدود ۰ر۲۵mm انبساط می‌یابد، تورمی در حد ۲۵ mm ایجاد می‌شود.

قطعات مرمر که در دیواره‌ها به کار می‌روند، اگر

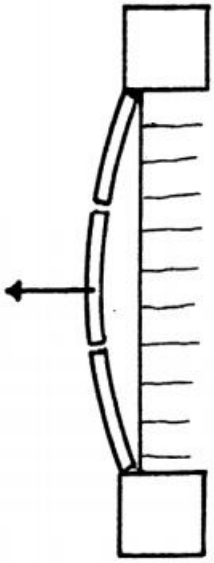




شکل ۴ در سطوح تنش کششی موجود است، پس باعث بازشدن اتصالات می‌شود.



شکل ۳ مصالح با ضریب انبساط متفاوت سازهٔ بنا را تغییر می‌دهد.



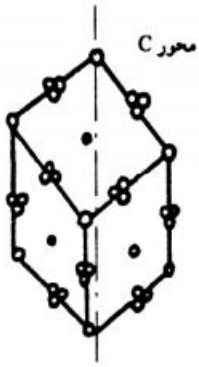
شکل ۵ سطح منحنی دارای تنش کششی است.

چنانچه مرتبط و نزدیک به هم مورد استفاده قرار گیرند انبساط قابل توجهی پیدا می‌کنند. به‌طوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، سطح منحنی دارای تنش کششی است و ترکهای بسیار ریز که در آن ایجاد می‌شوند روند تغییر و فرسایش را تسهیل می‌کنند.

چنانچه می‌دانیم، مرمر ترکیبی است از بلورهای عریضی از کربنات کلسیم که ضریب انبساط آن به تبع جهت استقرار بلور تغییر می‌کند (شکل ۶). ضرایب انبساط کربنات کلسیم عبارت‌اند از:

α ۲۵ × ۱۰ - ۶ m/m در طول محور C

α ۵ × ۱۰ - ۶ m/m ـ



شکل ۶ ترکیب بلورها در یک قطعهٔ مرمر.

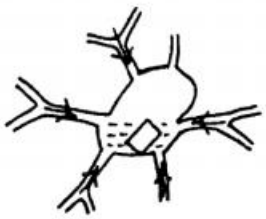
تمامی بلورها بر اثر افزایش دما در طول محور C منبسط و در طول محور عمود بر آن منقبض می‌شوند. این تحولات موجب ایجاد تنش در بین دو بلور می‌شوند که به نوبهٔ خود باعث انبساط دو بلور می‌شود و شرایط مناسب برای انفصال دو بلور را فراهم می‌کند و در نتیجه دو بلور از هم دور می‌شوند.

تنشهای داخلی حاصل از این پدیده‌ها می‌توانند از یک سو باعث انفصال بلورها و از سوی دیگر باعث ایجاد اختلاف سطح در آنها شوند. نتیجهٔ نهایی عبارت است از ایجاد ترکها و شکستگیهای ریزی که به نوبهٔ خود شرایط مناسب را برای نفوذ آب به داخل فراهم می‌آورند وموجب تسریع روند فرسایش می‌گردند. ترک‌پذیری مرمر در گذر زمان افزایش می‌یابد.

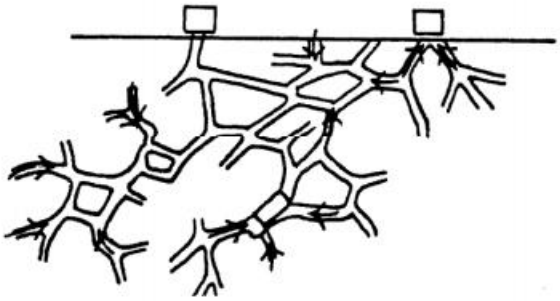
طنین‌ها ولرزش: معمولاً تمامی‌مواد ومصالح بناهایی که در آنها لرزش به‌وجود می‌آید به‌طور متفاوت تحت تأثیر نیروهای کششی و فشاری قرار می‌گیرند. در این مورد نیز قانون عمومی «تمرکز تنش روی ترکهای بسیار ریز» صادق است و در چنین شرایطی خودِ ترکهای ریز (میکروسکوپی) بر اثر لرزشها امکان رشد و توسعه می‌یابند و بیشتر می‌شوند. علاوه بر این، بر اثر این لرزشها ترکهای جدیدی در نقاطی که تحت تأثیر تمرکزِ تنشها هستند تشکیل می‌شود. در کل می‌توان گفت که لرزش و طنین بر شدت تغییرات و فرسایش مصالح می‌افزایند، زیرا ترکهای ریز با هدایت آب به داخل، باعث ایجاد تنش در داخل مصالح می‌شوند.

در مجموع ارزیابی دقیق از نقش لرزش و طنین در کلیهٔ فرایندهای تغییر و تحول مواد و مصالح به دلیل وجود عوامل فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی امر بسیار پیچیده‌ای است.

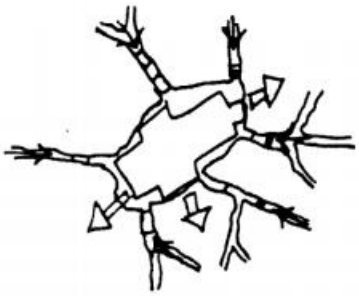
لرزش به‌طور غیرمستقیم در حفاظت ابنیه تأثیر می‌کند و چه بسا در سیستمهایی که باید ابنیه را در مقابل عوامل محیطی و تغییر و فرسایش محافظت کنند تأثیر منفی می‌گذارد. برای مثال، لرزش ممکن است از قدرت حفظ و هدایت آب در ناودانها و نقاط اتصال بکاهد و در نتیجه



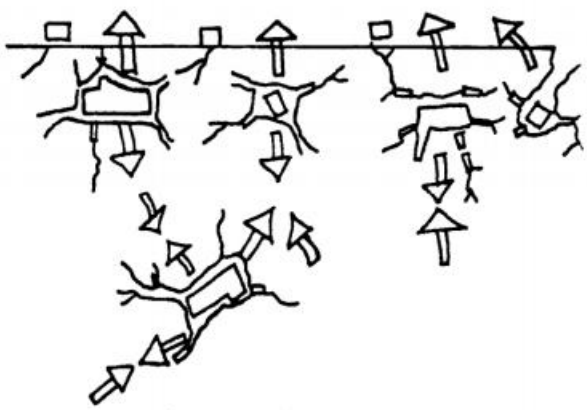
شکل ۷ جهت جریان آب.



شکل ۸ توقف مایع در ترکهای ریز.



شکل ۹ فشار بلورها بر جدارهٔ ترکهای مویی.



شکل ۱۰ ایجاد نیروی کششی در مقاطع نزدیک به سطح.

شرایط مناسب را برای نفوذ آب به بخشهایی از دیوار که معمولاً محفوظاند فراهم آورد.

تأثیر وضعیت سطوح در روندهای تحول و فرسایش: کار کردن بر روی سطوح بعضی از مصالح باعث ایجاد ترکهایی بر سطوح آنها می‌گردد و این امر بویژه در مورد سنگ به‌صورت خاصی صادق است، زیرا به کرات دیده شده که بر اثر کار بر سنگ قشر مورد نظر قابلیت فرسایش سریعتری یافته است.

سنگتراشان معمولاً برای دستیابی به یک جدارهٔ صیقلی از چکش پیکر تراشی با زاویهٔ قائم نسبت به سطح استفاده می‌کنند. همین امر باعث ایجاد ترکهای بسیار ریز می‌شود و این ترکها خود عامل نفوذ آب می‌شوند.

در عوض، اگر پس از کارکردن بر روی سنگها آنها را پرداخت کنند، یعنی اگر تمام قسمتهای آسیب دیده از سطوح آن پاک شوند، یک سطح صاف و همگن حاصل می‌شود که به‌طور حتم مقاومت بیشتری در برابر عوامل محیطی خواهد داشت. به‌طور کلی، در تمامی مصالح ساختمانی سرعت فرسایش و تغییرات قویاً تحت تأثیر شرایط سطحی مصالح است.

یخبندان و تشکیل بلور: مصالح ترکدار معمولاً به‌راحتی تحت تأثیر تنشهای داخلی قرار می‌گیرند، زیرا آب نفوذ کرده به داخل این ترکها، براثر تغییر دمای محیطی، بخار یا منجمد می‌شود. قابل ذکر است که در ضمنِ عمل تبخیر، بر اثر بلور شدن نمکهای محلول در آب تنشهایی به‌وجود می‌آید. این نمکها معمولاً یا از زمینهای اطراف و یا از هوا و یا از خود مصالح حاصل می‌شوند.

وقتی دما به زیر صفر درجهٔ سانتیگراد می‌رسد، براثر تشکیل بلورهای یخ تنش به‌وجود می‌آید. در وهلهٔ اول می‌توان گفت که در هردو حال تنش ناشی از ایجاد و رشد بلور در ترکهاست. یک بلور معمولاً در یک ترک نسبتاً بزرگ امکان رشد بیشتری دارد، در صورتی که در ترکها و در خلل و فُرج مویی این امکانِ رشد محدودتر است.

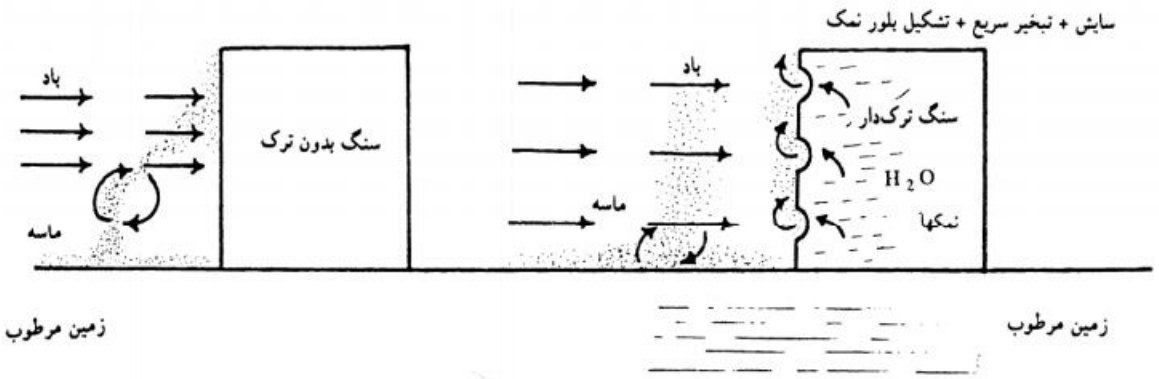
آب در جهتی جریان می‌یابد که در آن بلور در حال رشد است (شکل ۷). اگر تعداد ترکهای بزرگ کمتر از ترکهای کوچک باشد، این امکان وجود دارد که مایع در ترکهای کوچک باقی بماند و این زمانی است که ترکهای بزرگ به‌طور کامل از بلور پر شده باشند (شکل ۸).

بلورها به‌طور متوالی بر جدارهٔ ترکها فشار می‌آورند و تا زمانی که فضای کافی برای رشد بلورها باقی است در ترکهای مویی (به قطر یک میکرون) بیشترین فشار وجود دارد (شکل ۹). در مقاطع نزدیک به سطح، فشار داخلی که به‌وسیلهٔ بلورها ایجاد می‌شود، از آنجایی که واکنش متناسبی از سوی مصالح نمی‌یابد، خنثی نمی‌شود و در نتیجه به نیرویی کششی تبدیل می‌شود که به نوبهٔ خود می‌تواند عامل شکستگی را فراهم آورد (شکل ۱۰).

باید توجه داشت که بر اثر کاهش دما به درجات زیر صفر و تشکیل یخ، تنش داخلی در نتیجهٔ رشد بلورها حاصل می‌شود و نه افزایش حجمِ ناشی از تبدیل آب به یخ. زمانی که بلورهای یخ رشد می‌کنند، مواد و مصالح اطراف آنها کاملاً خشک می‌شوند، زیرا آب بدین ترتیب از طریق ترکهای مویی جذب می‌گردد.

فرسایش بر اثر باد (انطباق تنشهای خارجی و داخلی): ممکن است تنش داخلی که بر اثر یخبندان یا تشکیل بلور ایجاد می‌شود بر تنشهای خارجی اضافه شود. مجموع این تنشهای کششی وارد بر مصالح عاملی برای ایجاد شکاف می‌شود (شکل ۱۱)، حال آنکه تنها یک نوع تنش به تنهایی قادر به ایجاد شکاف نیست و فقط ایجاد سایش می‌کند (شکل ۱۲).

معمولاً فرایند سایش ناشی از خیزش ماسه‌هاست و به‌وسیلهٔ باد در نزدیکی سطوح ایجاد می‌شود. شن و ریگ‌های نازک از ماسه خطرناکترند، بویژه هنگامی که مصالح ترکدار و مرطوب باشند. در چنین مواقعی باد باعث تبخیر رطوبت می‌شود و در نتیجه زمینه را برای تشکیل بلورهای نمک در زیر قشر خارجی مساعد می‌کند. در



شکل ۱۱ نمونه‌ای از انطباق تنشها بر اثر باد (فرسایش).

مواضعی از مصالح که عمل تبخیر انجام می‌پذیرد، حفره‌هایی ایجاد می‌شود، زیرا در آن عمل سایش و فرسایش به‌وقوع می‌پیوندد.

۲.۴.۵ روندهای فساد و تحلیل رفتگی

آب به‌عنوان عامل مخل در فرسایش: آب باران اصولاً کمی اسیدی است، زیرا حاوی انیدرید کربنیک است، انیدریدی که با آب اسیدی نسبتاً ضعیف (اسید کربنیک) می‌سازد ($CO_2 + H_2O \dashrightarrow CO_3H_2$). زمانی‌که کربنات کلسیم و منیزیم (مثلاً کربناتهای موجود در ملات و اندودهای آهکی و آهک و مرمر) با این نوع آب تماس می‌یابند، به بی‌کربنات تبدیل می‌شوند و به‌تدریج از هم می‌پاشند.

$$C_3Ca + CO_3H_2 \dashrightarrow (CO_3H)_2Ca$$

قابل حل غیر قابل حل

بعضی از مواد و مصالح معدنی از نوع فلدسپاتها و شیشه‌های معدنی (سنگ طلق) [سیلیکاتهای موجود در ملاتهای ریگی] در مقابل آب به‌صورتی بطیء تغییر شکل می‌دهند و به خاک رس تبدیل می‌شوند که هم قدرت چسبندگی آن کمتر است و هم حجم بیشتری را اشغال می‌کند.

عواقب قابل مشاهدهٔ این اتفاق را می‌توان در سنگهای ریگی ملاحظه کرد که در آنها لایه‌ای از بخش سالم سنگ، که هیدراته شده است، پس از تورم از سنگ جدا می‌شود.

شکل ۱۲ فرایند سایش.

سنگهای آهکی و مرمری در اقلیمهای بسیار مرطوب کاملاً تغییرناپذیر نیستند، بلکه به‌تدریج فرسایش می‌یابند. روند هیدراته شدن و پوسیدگی در سنگهای ریگی به مراتب سریعتر است، به نحوی که پس از گذشت چند قرن قطر لایه‌های پوسیده به چند میلیمتر می‌رسد. سرعت این فرایند به شکاف‌پذیری و ترک‌پذیری مصالح و نیز نوع مواد معدنی موجود در مصالح بستگی دارد که در اقلیمهای گرمسیری و مرطوب نیز شدت بیشتری می‌یابد.

فرسایش در محیطهای آلوده: هوای آلوده در مراکز شهری و یا حاشیهٔ آنها حاوی مقادیر متغیری انیدرید سولفوریک است که از احتراق مواد سوختی سولفوردار حاصل می‌شود. اکسیداسیون انیدرید سولفوریک موجب تشکیل اسید سولفوریک می‌شود ($SO_2 + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \dashrightarrow SO_4H_2$).

اسید سولفوریک اسیدی بسیار قوی است که می‌تواند عامل فرسایش بسیاری از مواد معدنی (چه کربناتها و چه سیلیکات‌ها) باشد. این عامل با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت فرسایشِ آبِ حاوی اسیدکربنیک موجب فرسایش می‌شود.

$$CO_3CaSO_4H_2 \rightarrow SO_4Ca + 2H_2O$$

تا حدی قابل حل نامحلول

تأثیر آلودگی محیط و هوا در رابطهٔ بالا بسیار پیچیده است و هنوز به‌طور کامل روشن نیست. این هوا علاوه بر انیدرید سولفوریک حاوی عناصر آلوده کنندهٔ دیگر نیز

هست. بعضی از این عناصر می‌توانند موجب تشکیل اسیدهای قوی دیگری (از جمله اسیدکلرئیدریک، اسید نیتریک، اسید فلورئیدریک) شوند که به نوبهٔ خود می‌توانند عامل فرسایشی قوی باشند.

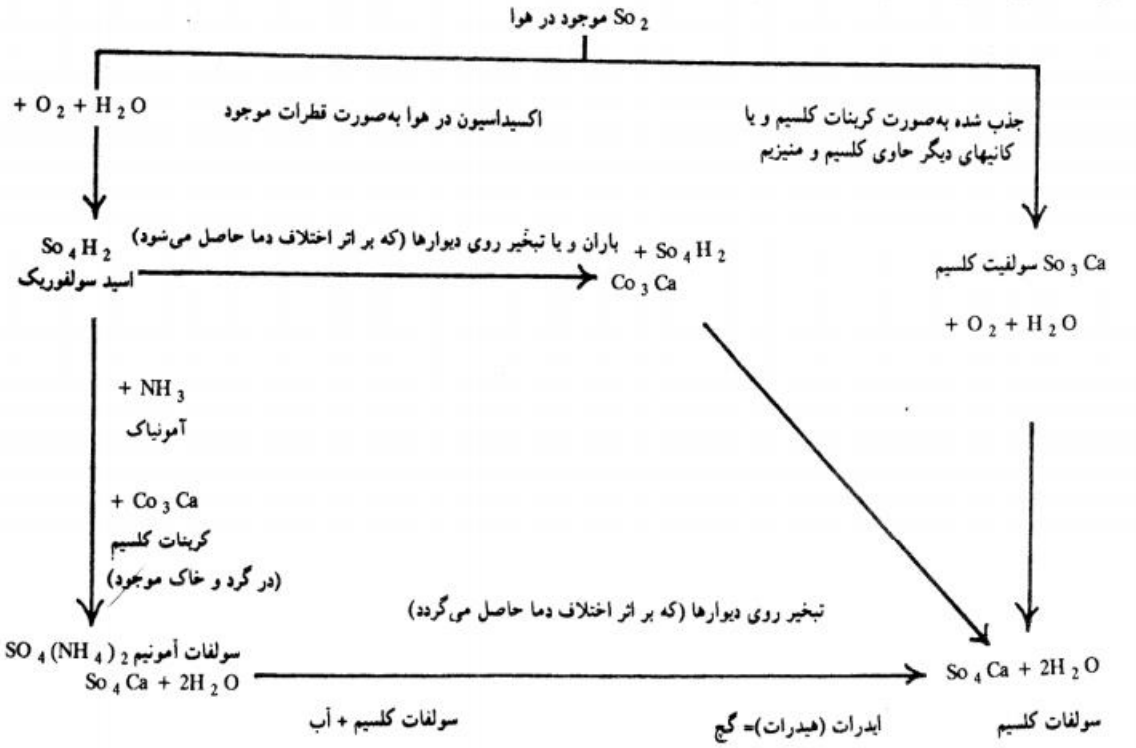
تأثیر انیدرید سولفوریک در مصالح مراحل مشخصی را طی می‌کند که در نمودار ۱ نمایش داده شده است. این تأثیر موجب فرایندهای زیر می‌شود:

الف) سایش مستقیم کربناتها (مرمر و سنگهای آهکی) که می‌تواند بسیار سریع باشد. مقدار این ساییدگی در نیویورک در هر ۲۵ سال یک میلیمتر محاسبه شده است.

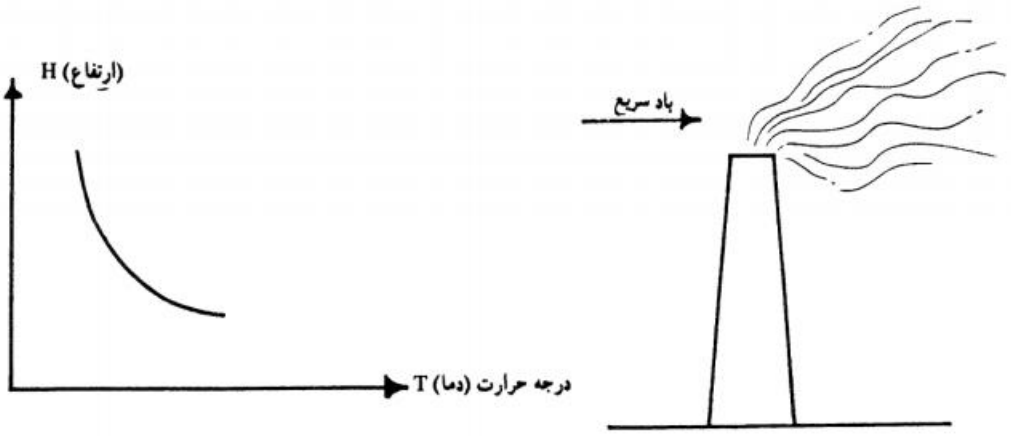
ب) تعریق و تبخیر (که بر اثر اختلاف دما حاصل می‌گردد) می‌تواند عامل صدمات وخیمی باشد. این فرایند در هر نوع سنگ ترکدار اثر می‌کند. در واقع لایهٔ مایعی که بر اثر تعریق و تبخیر روی جدارهٔ مصالح ایجاد می‌شود حاوی مقدار زیادی اسید و نمکهای حل شده (به میزانی بیش از آب باران) است. در اقلیمهای مرطوب، بر اثر تکرار چرخهٔ تبخیر و تعریق که هر شبانه روز بر اثر اختلاف دمای شب و روز حاصل می‌شود، شرایط مناسبی برای ورود و نفوذ عوامل ساییدگی و نیز تشکیل بلورهای نمک در داخل ترکها فراهم می‌آید. چنانچه قبلاً مشاهده شد، عمل تشکیل بلور موجب ایجاد تنشهای داخلی در مواد و مصالح می‌شود. در نتیجهٔ این فرایند، لایهٔ سطحی کدری روی مصالح تشکیل می‌شود که مملو از سولفات کلسیم است. در زیر این جداره قشری از مصالح قرار دارد که چسبندگی خود را از دست داده است و به سادگی جدا می‌شود. این قبیل فرایندها می‌توانند در طول ۱۰ سال موجب فرسایش به قطر چند متر در مصالح شوند.

تأثیر عوامل هواشناختی در آلودگی هوا: میزان عوامل آلوده کنندهٔ موجود در هوا هم به میزان این عوامل در محیط و هم به عوامل هواشناختی بستگی دارد. برای مثال، اگر عوامل آلوده کننده در سطح وسیعی از هوا پخش شوند، بیشتر بخش پایین بنا دچار آلودگی خواهد شد (شکل ۱۳).

در شرایط معمولی در محیط، اصولاً با افزایش ارتفاع درجه حرارت کمتر می‌شود و همین خود باعث عدم ثبات



نمودار ۱ تأثیرات انیدریدسولفوریک در مواد و مصالح.



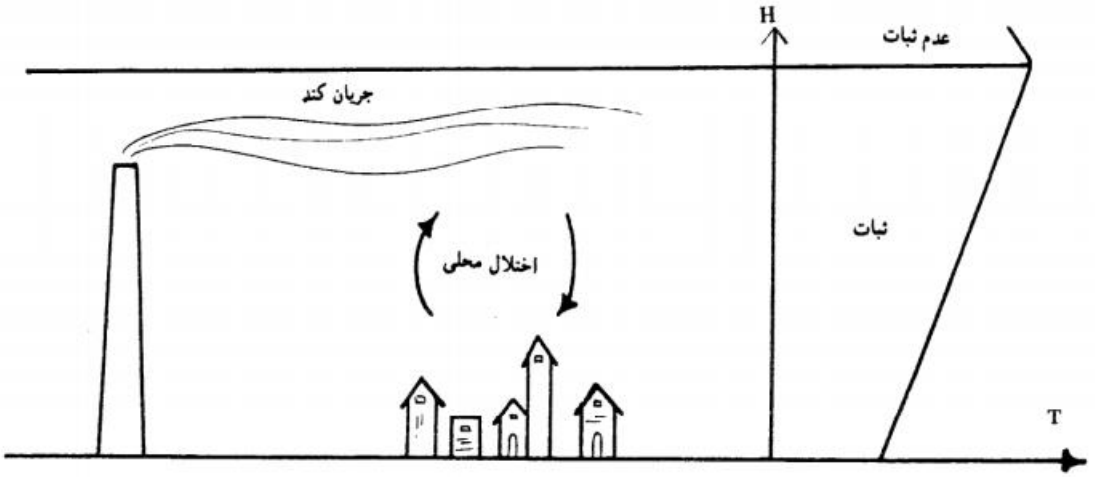
شکل ۱۳ تأثیر ارتفاع در پخش عوامل آلودگی.

شکل ۱۴ نمودار تغییر میزان پخش عوامل آلودگی به تبع دما و ارتفاع.

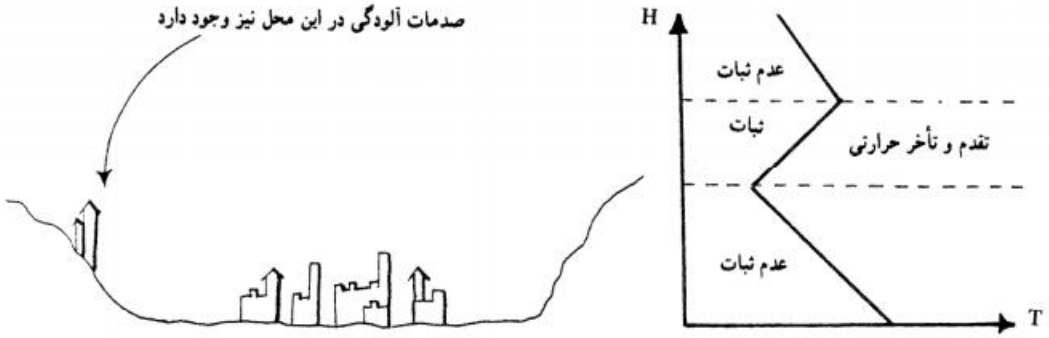
می‌گردد (شکل ۱۴)، زیرا هوای گرمتر معمولاً جایگزین هوای سردِ بالای خود می‌شود. ولی در بیشتر شبهای سرد زمستان در نزدیکی سطح زمین قشری از هوا به‌وجود می‌آید که در آن درجه حرارت با افزایش ارتفاع بیشتر می‌شود. این شرایط که در آن هوا دارای ثبات است (زیرا هوای سرد به دلیل وزن مخصوصِ بیشتر متمایل به‌استقرار درسطح پایین‌تر است) به وارونگی هوا معروف است.

در حین تقدم و تأخر حرارتی، جریان هوا کند است و عوامل آلودگی پخش نمی‌شوند، بلکه در ارتفاع مشخصی جای می‌گیرند. این عوامل ممکن است بر اثر اختلال هوای محل به سطح پایین منتقل شوند (این اختلالها معمولاً بر اثر وجود فضاهای گرمتر است، مثلاً گرمایش خانه‌ها نیز می‌تواند در آن مؤثر باشد) (شکل ۱۵). معمولاً در فصل زمستان در دره‌ها، زمانی که تقدم و تأخر حرارتی در ارتفاعی مشخص و در شرایطی با فشار زیاد و باد ضعیف اتفاق می‌افتد، آلودگی شدیدی ایجاد می‌شود (شکل ۱۶).

شهر ونیز یکی از مثالهای استثنائی در این زمینه است که آلودگی آن هم ناشی از عوامل محلی (مانند تأسیسات



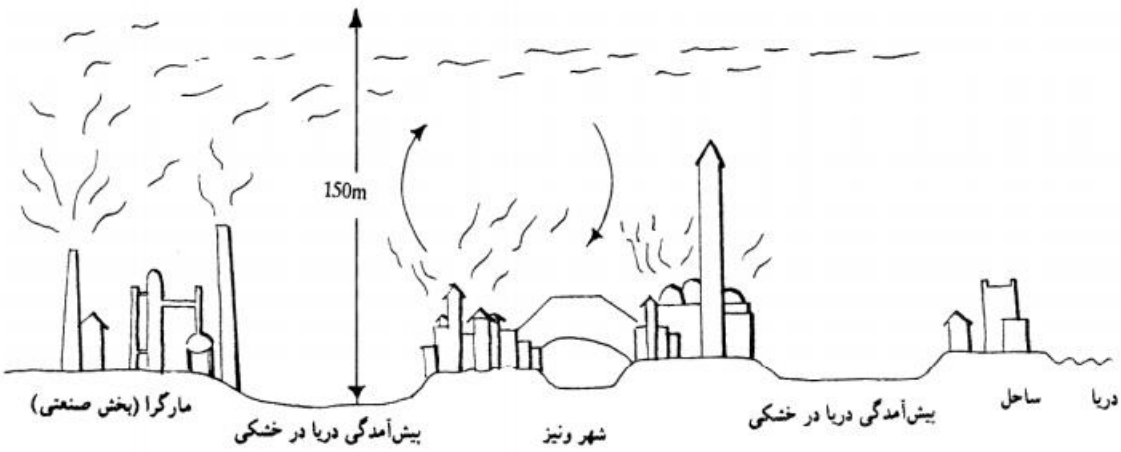
شکل ۱۵ اختلال در جریان هوا.



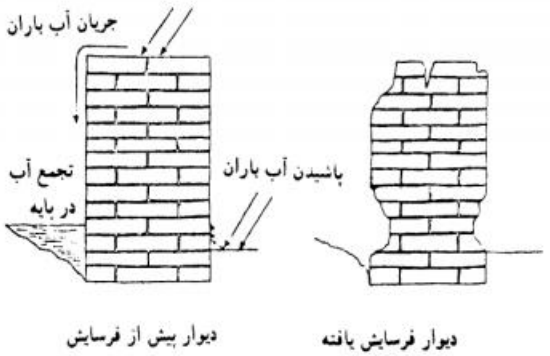
شکل ۱۶ تأثیر تقدم و تاخر حرارتی در آلودگی هوا.

حرارتی) است و هم ناشی از حمل آلودگی از محلات صنعتی که معمولاً با تقدم و تأخر حرارتی در فصول پاییز و زمستان بیشتر می‌شود (شکل ۱۷). از آنجا که شهر ونیز در شبهای زمستان از بخش برآمدهٔ دریا در خشکی گرمتر است، در هوای موجود در بالای شهر اختلال به‌وجود می‌آید.

فساد و تحلیل رفتگی بیولوژیکی: بعضی از باکتریها (باکتریهای مربوط به سیکل سولفور که «تیوباسیل» نامیده می‌شوند) می‌توانند سولفورها را به اسید سولفوریک تبدیل کنند. گمان می‌رود که این باکتریها (میکرو ارگانیزمها) مقدار معتنابهی اسیدسولفوریک روی سطح مواد و مصالح ساختمانی ایجاد می‌کنند. H_2S موجود در هوا که از تخمیرهای طبیعی حاصل می‌شود و یا سولفورهای موجود در سطح زمین که براثر صعود رطوبت منتقل شده، امکان تولید اسیدسولفوریک را برای تیوباسیل‌ها فراهم می‌کنند. اگر تیوباسیل‌ها در تعداد قابل توجه (مثلاً بیش از ۱۰۰۰ واحد در گرم) برسطح مصالح یافت شوند و اگر توجیه منطقی و سادهٔ دیگری موجود نباشد، حملهٔ تیوباسیل‌ها به‌عنوان عامل فرسایش می‌تواند منطقاً تغییر در سطح سنگ را توجیه کند؛



شکل ۱۷ نمونه‌ای از جریان الودگی بر اثر تقدم و تأخر حرارتی.



شکل ۱۸ فرسایش دیوار خشتی براثر آب.

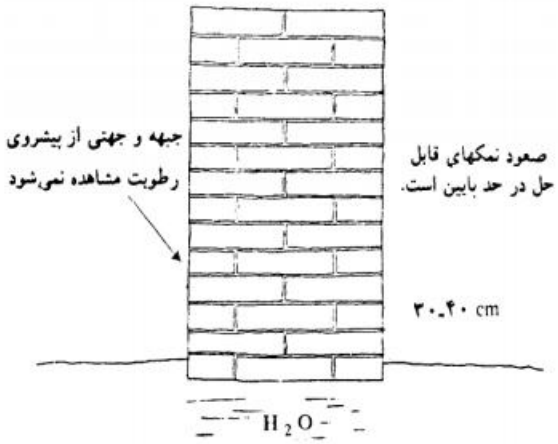
یعنی این باکتریها باعث تشکیل سولفات کلسیم در محیطهای ظاهراً غیرآلوده شده‌اند.

فرضیهٔ مشابهی وجود دارد که به‌موجب آن باکتریهای مربوط به سیکل ازت می‌توانند اسیدنیتریک تولید کنند، ولی این فرضیه چندان پایه‌ای در اصول علمی قاطع ندارد.

لیکن‌ها: در اماکن مرطوب رشد و توسعهٔ لیکن‌ها بر مصالح بسیار معمول است، ولی بسیاری از انواع لیکن‌ها نمی‌توانند در فضاهای آلوده به حیات خود ادامه دهند.

لیکن‌های سفید به عمق چندین میلیمتر در داخل مصالح نفوذ می‌کنند وبا تولید اسیدهای ارگانیک از جمله اسید اوزالیک باعث تجزیهٔ آنها می‌شوند. سایر لیکن‌ها قدرت نفوذ کمتری دارند. عموماً صدمهٔ لیکن‌ها تدریجی است، ولی نفوذ آنها در سطوح تزئینی و بویژه نقاشیهای دیواری پیامدهایی بسیار وخیم دارد. پاک کردن سطوح مزبور از لیکن‌ها ساده نیست و پیشگیری از تهاجم آنها مستلزم مراقبت بسیار جدی است.

خزه‌ها: رشد و توسعهٔ خزه‌ها صرفاً در محیطهای بسیار مرطوب امکانپذیر است. خزه‌ها معمولاً بیش از همه در زیرزمینها رشد می‌کنند. در فضاهایی که با نور مصنوعی روشن می‌شوند، بر اثر تنفس بازدید کنندگان مواد ارگانیکی به‌وجود می‌آیند. تأثیرات این مواد ارگانیکی در سطوح تزئینی می‌تواند عواقب بسیار وخیمی داشته باشد.



شکل ۱۹ صعود رطوبت در دیوارهای با مصالح خام.

در اقلیمهای بسیار مرطوب، خزه‌ها بر سطح بیرونی مصالح و بویژه در داخل ترکهایی که از تشعشع ماورای بنفش به‌دورند، رشد وتوسعه می‌یابند.

گیاهان و بوته‌های سطحی: ریشهٔ گیاهان و خارها و درختان ممکن است حتی با فاصله موجب ایجاد شکستگی در مصالح گردند. کنترل رشد گیاهان و بوته‌ها از نکات بدیهی در محافظت از ابنیه است؛ به همین دلیل، صدمهٔ ناشی از رشد گیاهان و بوته‌ها بیشتر در ابنیهٔ دور افتاده رخ می‌دهد.

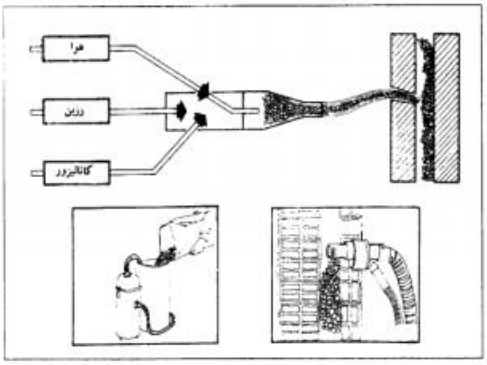
فرایندهای بیولوژیکی و فرسایشی و تنشهای شیمیایی و فیزیکی: ممکن است انواع مختلف تنشها و یا عوامل فرسایشی به‌طور همزمان بر بخش واحدی از مصالح قابل مشاهده باشند. غالباً تأثیر یک فرایند فرسایش زمینه را برای آغاز فرایند فرسایشی دیگر فراهم می‌آورد.

جو و تأثیر آن در فرسایش بناهای خشتی: عامل اصلی در فرسایش بناهای خشتی باران است. آب باران موجب پخش شدن رس می‌شود و بقایای ریگ موجود در آن را می‌شوید و از بین می‌برد، ولی بیشتر اوقات جاری شدن آب بر روی دیوارهای خشتی و یا تشکیل جویبار در جوار این دیوارها و تجمع آب در پایهٔ آنها عوامل اصلی تخریب را تشکیل می‌دهند (شکل ۱۸).

دومین عامل بسیار مهم در فرسایش دیوارهای خشتی باد است. باد بر اثر سرعت زیادِ خود ریگ و ماسه‌های اطراف بنا را بلند می‌کند و آنها را بر دیوارها می‌کوبد و به این ترتیب سبب فرسایش تدریجی دیوار می‌شود.

صعود رطوبت در ابنیه و دیوارهای با مصالح خام از طریق ترکهای مویی قابل توجه نیست و عموماً از حدود ۴۰ـ۳۰ cm تجاوز نمی‌کند. علت آن است که رس بر اثر مرطوب شدن باد می‌کند و جریان آب را مسدود می‌گرداند؛ پس میزان رطوبت با افزایش ارتفاع کمتر می‌شود. به همین دلیل، در دیوارهای با مصالح خام به هیچ وجه پیشروی شدید رطوبت از یک جهت دیده نمی‌شود، در صورتی که این امر در دیوارهای با مصالح پخته معمول است. در نتیجه، صعود موئینه‌ای و تشکیل بلورهای نمک (جز در مواردی محدود) خطر اصلی به شمار نمی‌آید (شکل ۱۹).

برف نیز اگر در حاشیهٔ دیوارها انباشته شود و تا زمان آب شدن و در نتیجه جذب باقی بماند، می‌تواند عامل خطر محسوب گردد.



درس ششم

رطوبت در ابنیهٔ تاریخی

■

واکنش مواد و مصالح ساختمانی در محیط متأثر از دو عامل اساسی به شرح زیر است:

۱. خلل و فرج و ترکها که رابطه‌ای مستقیم با نفوذ و هدایت رطوبت دارد.

۲. ویژگیهای مکانیکی که مستلزم مبحثی جداگانه است.

روشن است که این واکنش بستگی به ویژگیهای محیطی نیز دارد.

۱.۶ خلل و فرج و ترکها

قطر ترکها گاه بسیار کوچک (کمتر از یک میکرون) وگاه بین یک تا صد میکرون است (۱/۱۰۰۰ mm = ۱ میکرون). حجم کلی، اندازه و ابعاد ترکها در مواد و مصالح گوناگون بسیار متغیر است. خلل و فرج خیلی باریک و ریز واکنشی شبیه ترکها به‌وجود می‌آورند. ترکهای بسیار ریز به ترکهای مویی معروف‌اند. آب از طریق ترکهای ریز جذب مصالح می‌شود.

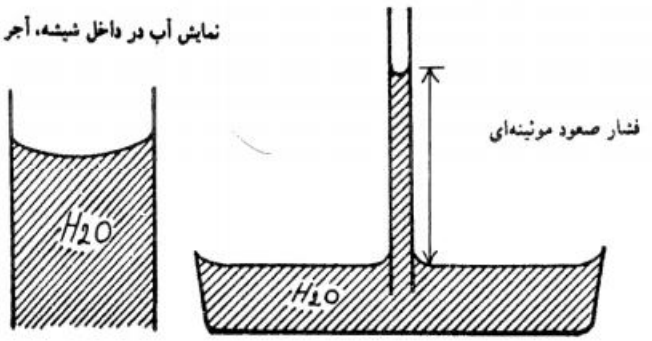
فشار موجود در ترکهای مویی که خود تعیین کنندهٔ میزان جذب آب است، از طریق تجربی قابل اندازه‌گیری است. این فشار با کاهش قطر ترکها افزایش می‌یابد و در ترکهای به قطر یک میکرون به بیشترین مقدار خود می‌رسد. جذب آب به کشش جداره‌های ترکها بستگی دارد.

۱.۱.۶ سطوح هیدروفیلی

سطوح هیدروفیلی به مواد و مصالحی گفته می‌شود که قابلیت هدایت آب را داشته باشند (شکل ۱). سطوحی که دارای گروههای $O^- - H^+$ و بارهای الکتریکی باشند، قادر به جذب مولکولهای آب هستند (شکل ۲). مولکول آب به شدت قطبی است (یعنی بارهای الکتریکی را به قطبها هدایت می‌کند). سنگها، ملاتها، بتونها، شیشه، اندودها و فلزات (اگر اکسیده شده باشند) دارای این نوع سطح هستند (شکل ۳).

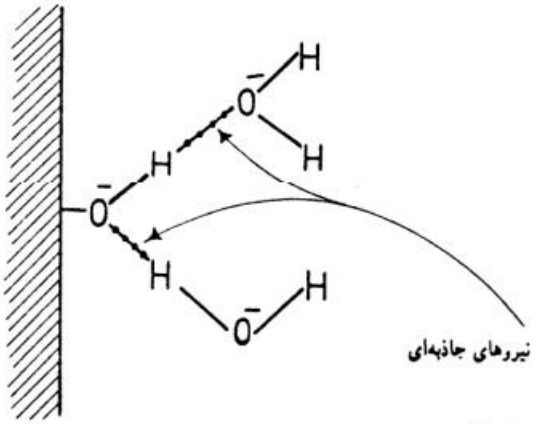
۲.۱.۶ سطوح غیر هیدروفیلی

گروه C-C و C-H دارای بار الکتریکی نیستند و به همین دلیل است که آب جذب آنها نمی‌شود (شکل ۴). هیدروکربن‌ها و قیر و چربیها و برخی مواد پلاستیکی (مانند پلی‌اتیلن) و نیز مولکولهای سیلیکون‌ها از اصل ذکر شده پیروی می‌کنند (شکل ۵).

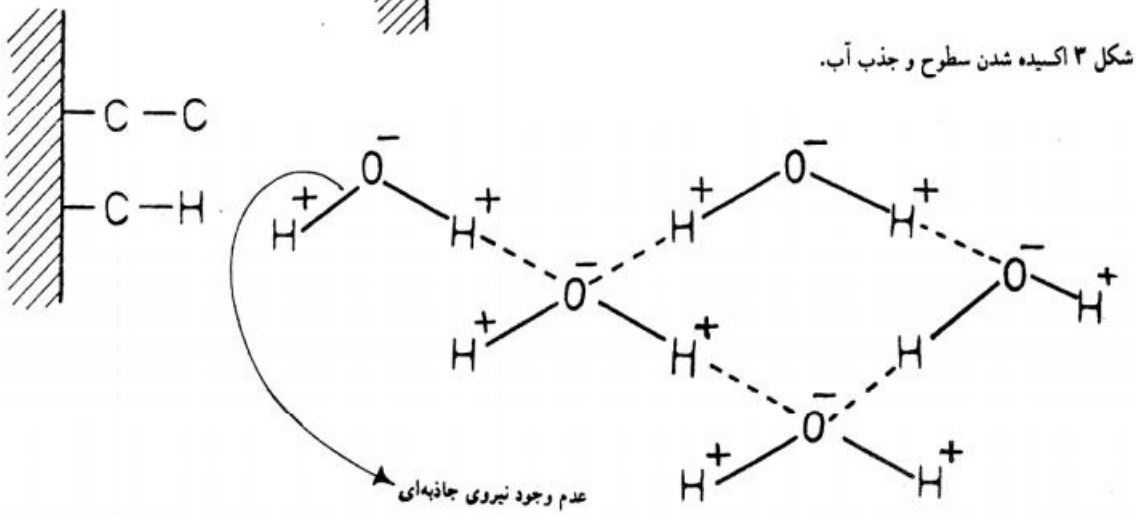


شکل ۱ صعود موئینه‌ای آب در مواد و مصالح هیدروفیلی.

شکل ۲ جذب مولکولهای آب در سطوح هیدروفیلی.



شکل ۳ اکسیده شدن سطوح و جذب آب.



شکل ۴ سطح غیرهیدروفیلی.

۲.۶ مواد و مصالح فاقد خلل و فرج

بعضی از مواد تقریباً فاقد ترک هستند (از قبیل سنگ سماق، فلزات و شیشه). سیمان نیز ماده‌ای است با امکان ترک‌پذیری بسیار نازل، در صورتی که سنگ مرمر بسیار ترک‌پذیر است.

۳.۶ انواع رطوبت در بناهای تاریخی

رطوبت در بناهای تاریخی بر دو نوع است: صعودی و نزولی.

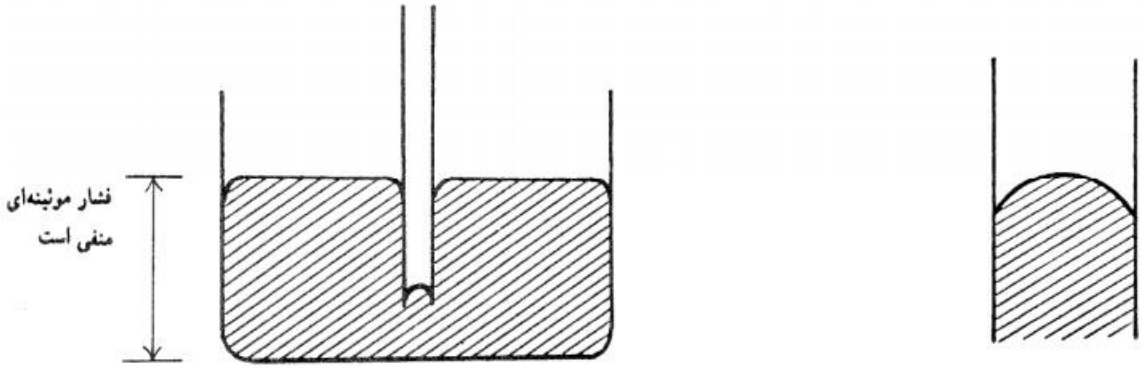
۱.۳.۶ رطوبت صعودی

این رطوبت براثر نفوذ آب به پی دیواره‌ها و حرکت آن طبق قانون لوله‌های موئین به‌طرف بالا به‌وجود می‌آید. عوامل مختلفی آن را به‌وجود می‌آورند:

۱. عدم وجود محوطه‌سازی مناسب در پیرامون بنا.

۲. ایجاد باغچه و کاشت درخت در نزدیکی پیهای بنا.

۳. گرفتگی چاههای فاضلاب و تأسیسات آبرسانی در داخل ابنیه.



شکل ۵ فشار موئینه‌ای در سطوح غیرهیدروفیلی.

۴. بالا آمدن سطح آبهای زیرزمینی.
۵. افزایش قدرت جذب مصالح به‌کار رفته در بنا مثل آجر.
۶. استفاده از مصالح غیرهیدروفیلی از قبیل سیمان، قیرگونی و رنگ روغن که باعث عدم تنفس بنا و حبس رطوبت در دیواره‌ها و پی و صعود آن به بخشهای بالاتر بنا می‌شود.

۲.۳.۶ رطوبت نزولی

این رطوبت ناشی از ریزش نزولات آسمانی است. عوامل زیر در تسهیل ایجاد رطوبت نزولی مؤثرند:

۱. شیب‌بندی پوشش بام.
۲. ناودانها و استقرار آنها در محلهای نامناسب بنا. برای مثال، در نقاط سردسیر چنانچه ناودانی در خارج بنا قرار گیرد بر اثر یخبندان قابلیت خود را از دست می‌دهد و آب در پشت ناودان جمع می‌شود و سپس به نقاط مختلف بنا نفوذ می‌کند.
۳. اگر تعمیر و تعویض بموقع لایه‌های عایق (کاهگل و کاشی و . . .) انجام نگیرد، باعث نفوذ آب به داخل بنا می‌شود.
۴. عدم پیش‌بینی ارتفاع عایقکاری متناسب با ارتفاع برف در هنگام عایق کردن بنا.
۵. نگهداری و مراقبت دایم از بنا در فصول مختلف مثل پاک کردن ناودانها و آبروها و جمع کردن علفهای هرز و استفادهٔ نادرست از بام و غیره.
۶. عدم استفاده از مصالح عایق بومی با توجه به اقلیم و طبیعت بنا، مانند استفاده از قیرگونی بر روی سطوح منحنی شیبدار بام.
۷. اجرای جزئیات آبچکانها و رخبامها به روش ناصحیح یا استهلاک و فرسایش رخبام و عدم تعویض و تعمیر بموقع آنها.

۴.۶ مشاهدهٔ صدمات ناشی از رطوبت در بنا

۱. پیدایش و ظهور لکه‌های رطوبت در کف.
۲. لک شدن مدام جداره‌ها (به‌صورت رطوبت صعودی).
۳. فرسایش و ساییدگی در آمود دیواره که بر اثر رطوبت صعودی و کوران شدید حاصل می‌شود.
۴. کِدر شدن یکنواخت جداره‌های اتاق که ممکن است به‌دلیل اشباع رطوبت هوا پدید آید.
۵. پیدایش لکه‌های پراکنده که به مرور زمان تغییر می‌یابند. این امر ممکن است به‌دلیل نفوذپذیری مصالح مختلف در جداره باشد (شاید اشباع رطوبت هوا نیز در آن مؤثر باشد).

۶. عمل آمدن و پیدایش مصالح نمکدار (شوره زدن) که ممکن است به صورت لکه‌های پراکنده یا لکه‌های متداوم باشد (شکل ۶).

۷. پیدایش انواع قارچهای ریز ناشی از عواملی چون عدم وجود تهویه و راکد ماندن هوا؛ عدم تابش نور خورشید؛ و وجود عوامل ارگانیک زنده.

۵.۶ تشخیص منشأ رطوبت

برای تشخیص منشأ رطوبت باید عواملی چند مورد توجه قرار گیرند.

۱.۵.۶ مشخصات رطوبت ناشی از آبهای سطحی

الف) معمولاً در یک طرف از جدارهٔ بنا ظاهر می‌شود.

ب) ارتفاع صعود رطوبت در طی سال دارای نوسان است.

۲.۵.۶ مشخصات رطوبت ناشی از آبهای زیرزمینی

الف) در بخشهای مختلف بنا به‌صورت یکنواخت مشاهده می‌شود (جز در مواردی که بنا از مصالح مختلفی ساخته شده است).

ب) ارتفاع رطوبت در قسمتهای شمال شرقی حداکثر و در بخشهای مجزای بنا در حداقل است.

ج) نوسان شدیدی در طی سال در رطوبت بنا ایجاد نمی‌شود.

۶.۶ میزان ارتفاع و صعود رطوبت

این میزان به عوامل زیر بستگی دارد:

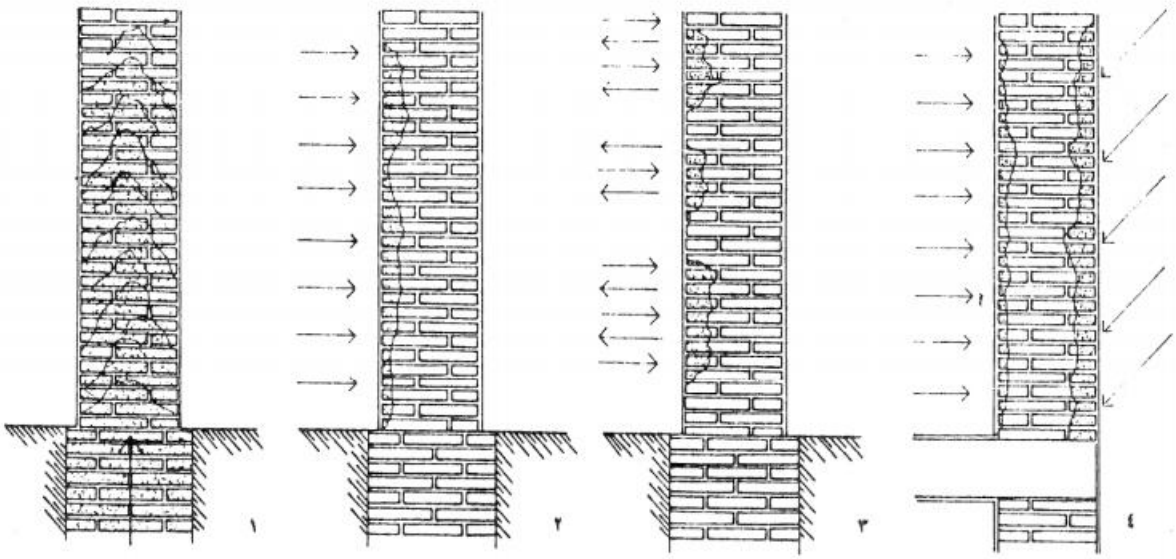
الف) شرایط جوی محل.

ب) نحوهٔ تابش آفتاب یا عدم تابش آن.

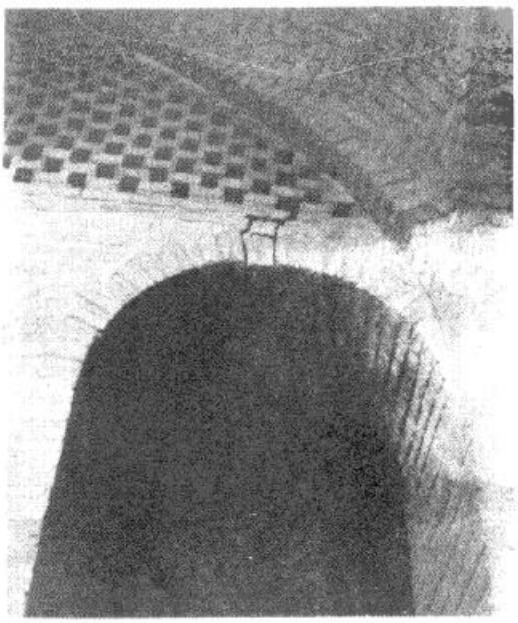
ج) کهولت و نوع مصالح بنا.

د) خط زمین (طبیعی یا مصنوعی).

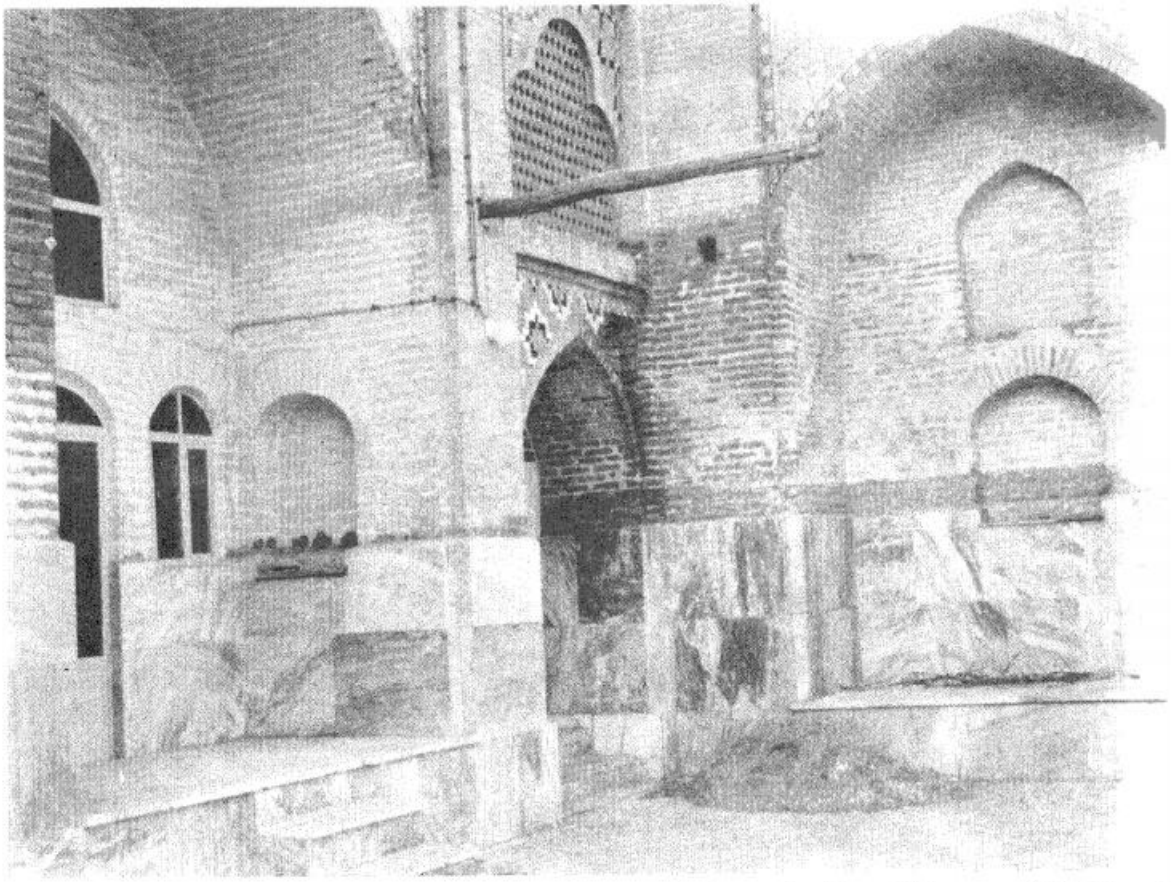
۱. صعود از زمین
۲. جذب آب بر روی جداره، براثر اشباع رطوبت هوا
۳. جذب آب به‌صورت لکه‌های پراکنده
۴. جذب آب براثر بارش باران به‌صورت اریب



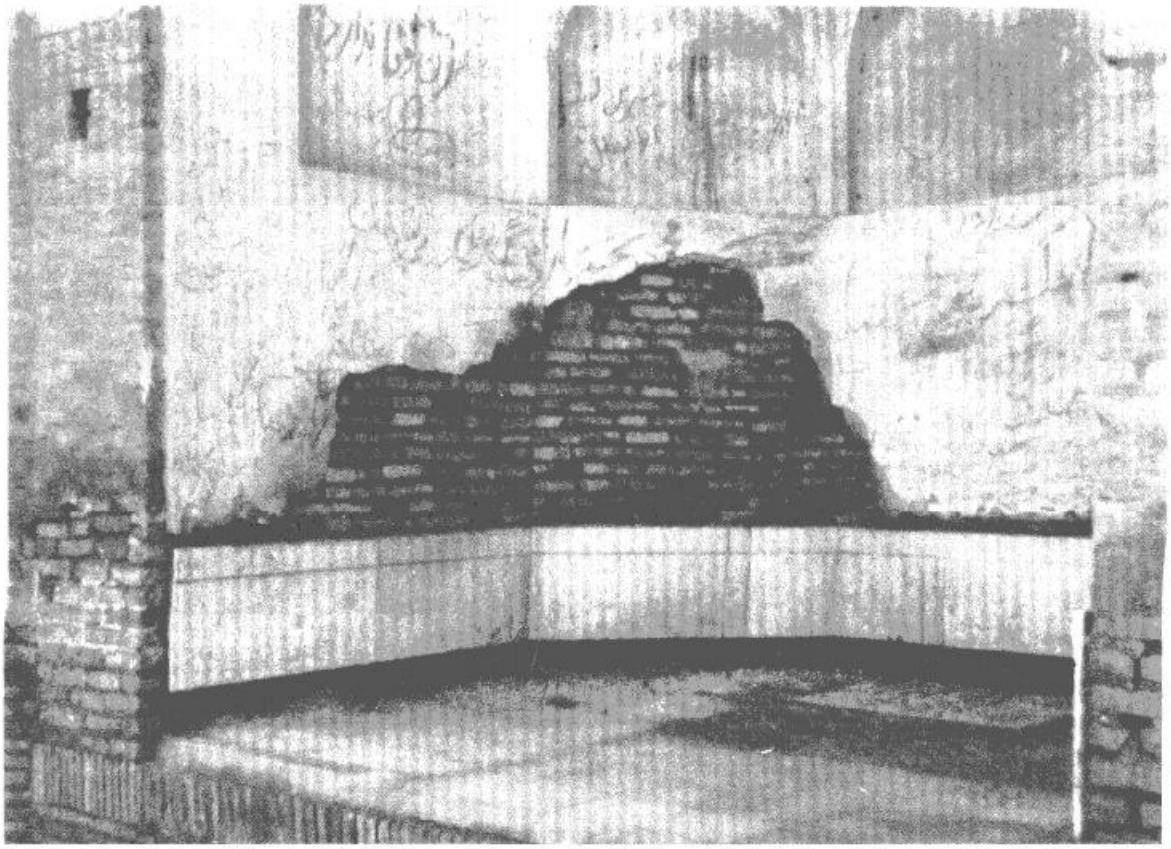
شکل ۶ طرق مختلف نفوذ آب در دیوار.



تصویر ۱ ساوه ـ امامزاده سید اسحاق، رطوبت موجود، از طریق پی به سطح بالاتر نفوذ کرده و موجب نشست زمین زیر پی شده و در تاق ترک ایجاد کرده است.



تصویر ۲ کرمانشاه ـ مسجد عمادالدوله، جلوگیری از تنفس بنا بر اثر نصب سنگ و در نتیجه هدایت رطوبت به بخشهای فوقانی.



تصویر ۳ ساوه ـ امامزاده سید اسحاق، استفاده از سنگ مرمر و ملات سیمان در ازاره و همچنین در کف، باعث عدم تنفس و در نتیجه حبس و هدایت رطوبت به سطوح بالاتر می‌شود.

درس ششم

مرمّت بدنه و تزیینات وابسته به معماری

اشاره‌ای به معرفی تزیینات در معماری ایران

معماری ایران آمیزه‌ای از سازه و سیما می‌باشد و عملکرد در چنین فضایی بدیع به وقوع می‌پیوندد. لذا نمی‌توان به سادگی وجه تمایزی بین یکپارچگی حاصل از سازه و سیما قایل شد، زیرا تزیینات در برخی موارد غیر از نقش زیبایی شناسی نقش کاربردی در ارتباط با محیط طبیعی می‌یابد و تزیینات به کمک معماری می‌شتابد تا نظم و تناسبات و مبانی زیبایی شناسی را در مفهومی کاربردی القا نمایند.

به این ترتیب تزیین در معماری ایرانی بخشی از پیکره آن است ولی ذات معماری ایران تزئین نیست. هنرمند ایرانی بدلیل برخورداری ذاتی از حس زیبایی شناسی این پدیده را در محصولات مختلف خود اعم از معماری و اشیا به کار گرفته است و خلاقیت، نوآوری و ابداع را می‌توان از طریق این محصولات کشف کرد. در طراحی تزیینات ایرانی معمولاً طرح از یک پایه مبنا آغاز و در لایه‌های مختلف کامل می‌گردد ولی مبنای تمام طرح تزیینات پایه هندسی واحدی است که از یک جزء به کل و یا بالعکس طرح می‌گردد. در این فعل و انفعال وحدتی جلوه می‌نماید که محصولی از هندسه، هنر و اعتقاد است. به هر صورت لطافت، نرمی همراهی با فضا و اقلیم و تطابق با شرایط محیطی از ویژگی‌های آن است.

اینک به معرفی انواعی از تزیینات، همراه با مثالهای مربوطه می‌پردازیم:

آجرکاری، گچبری، کاشی کاری، حجاری، چوب و منبت کاری، آئینه کاری و نقاشی.

۱.۶ خشت و آجر در معماری ایران

"خشت و آجر در معماری ایران فقط پرکننده و پوشاننده احجام و جدا کننده آنها از یکدیگر نیست"[۱]

بلکه به عنوان عنصری کامل در معماری ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

ترکیب آجرها با یکدیگر در معماری اسلامی ایرانی تابع ریتم و هندسه خاصی می‌گردد و بدیهی است که این ترکیب با دیدگاه ایستایی نیز همراه بوده است.

آجر قابلیت آمیزش با تمامی عناصر تشکیل دهنده معماری را دارا می‌باشد ضمن آنکه به عنوان یک عنصر مجرد نیز قابل نمایش است. از مثالها و مصادیق قابل توجه می‌توان به برجهای خرقان، گنبد سرخ مراغه و گنبد سلطانیه اشاره کرد.

استفاده مستمر و گسترده از آجر در معماری دوران بعد از اسلام موجب آن شد که پیمون معماری ایران، از نظر تناسبات و سازه‌ای تحت تاثیر قرار گیرد. از آجر در سدها، پل‌ها و انواع ساختمانها استفاده شده است.

ساخت آجر در نواحی مختلف با توجه به ترکیب خاک موجود در هر منطقه، ایرانی را در کار مصالح شناسی و ساخت گونه‌های مختلف آجر برای کاربرد های متنوع یاری داد. ساخت آجر مقاوم در برابر آب و فشار با رنگ‌های مختلف و ... حاصل تجربه‌ای آگاهانه و متکی بر شناخت جنس خاک و مواد داخل آن است. در صورت انتخاب مواد اولیه مرغوب، ضریب انبساط و انقباض آجر در گرما و سرما محدود می‌شود و از ایجاد ترک در بنا جلوگیری می‌گردد. از سوی دیگر نوسان‌های حرارتی محیط خارج از بنا به داخل آن نیز قابل کنترل می‌گردد.

۲.۶ انواع آجر تزیینی

۱- آجر واکوب و آبمال: مانند نمونه‌های موجود در نمای گنبد قابوس[۲]

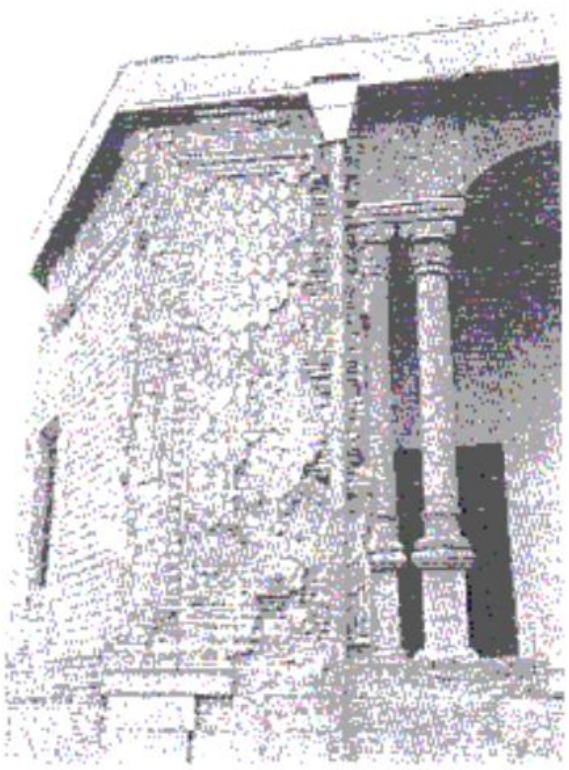
۱- محمد یوسف کیانی، تزیینات وابسته به معماری ایران، دوره اسلامی، سازمان میراث فرهنگی ۱۳۷۶

۲- محمد یوسف کیانی، تزیینات وابسته به معماری ایران، دوره اسلامی، سازمان میراث فرهنگی ۱۳۷۶

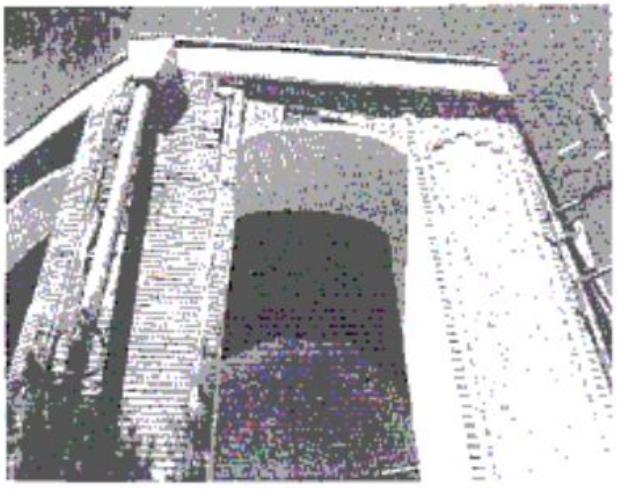
۲- آجر پیش بر: وجود آجرهای پیش بر حاکی از آن است که طرح بنا با جزییات آن از پیش مشخص شده و طراحی گردیده است و کاربرد آن در ستونها و جرزها مانند گنبد سرخ مراغه قابل مشاهده می باشد.

۳- آجرهای مهری: آجرهای پیش بر از نظر سطح در دو نوع ساده و مهری یا نقش دار تهیه شده اند. مانند گنبد سلطانیه و مقبره بایزید بسطامی.

۴- آجر تراش: قطع‌های مختلفی که بر اثر تراش بروی آجرهای چهارگوش به دست می‌آید عبارتند از: نیمه، چارکه، قناس (آجری که از قطر دو نیم شده) آجر قفلی (اجری که ۱/۴آن از یک گوشه بریده شده) آجر قلمدوتی (۱/۳) آجر دوقدی (۱/۸) کلوک (۱/۱۶) آجر فلکه (آجر تراشی که دو مثلث از دو گوشه آن بریده شده باشد و سطح چهار گوش به شش ضلعی تبدیل شده است).



تصویر ۱ جونقان،چهارمحال و بختیاری
عمارت سردار اسعد بختیاری ، تزیینات آجرکاری
مربوط به اواخر قاجاریه
تصویر: وحید حیدری



تصویر ۲ جونقان،چهارمحال و بختیاری
عمارت سردار اسعد بختیاری ، تزیینات آجرکاری
مربوط به اواخر قاجاریه
تصویر: وحید حیدری

۳.۶ گچبری

از آثار برجای مانده از گچبری در نواحی گوناگون ایران چنین بر می‌آید که برای تزئین دیوار و یا سایر قسمت‌های بنا از روش خاصی استفاده می‌شده است. یعنی استوکهای گچی گاه بر روی آجر و به صورت روکش دیواره‌ها نصبه می‌شده است.

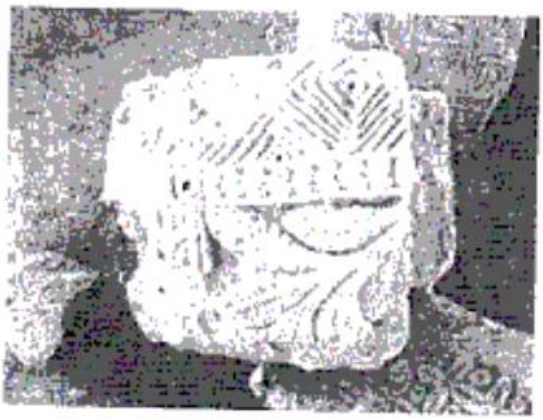
گاه بعد از اتمام بنای ساختمان به شکل حاشیه و فتیله‌ای بر آن گچ را کلاف می‌کرده و می‌چسبانیده‌اند و این ساده‌ترین روشی است که از زمان اشکانیان متداوّل بوده و امروز نیز در روش‌های گچبری و کاربندی روی دیوار بکار می‌رود و معمولاً پس از انجام کار گچبری برای جلوگیری از ساییده شدن موتیف‌های تزیینی از مواد لعاب‌داری مانند کتیرا و نشاسته و شیر استفاده می‌شده است. و گاه از گل سفید و گل سرشوی یا گل گیوه و سفید آب هم به جای کتیرا و نشاسته استفاده شده است.

هنر گچ بری که دارای سوابق طولانی و شواهد فراوان در معماری پیش از اسلام است. در دوران اسلامی با استفاده از نقوش هندسی و گل و بوته و شاخ و برگ به داخل محراب مساجد راه یافته و در عصر مغول و قرن هفتم و هشتم هجری به کمال و اوج خود دست یافت.

برای نمونه می توان به گچبری‌های آتشکده ری (تپه میل ورامین) و محراب مسجد جامع ورامین اشاره کرد.

تصویر ۳ تپه میل ورامین ،آتشکده ری
تزیینات گچ بری، مربوط به عصر ساسانی

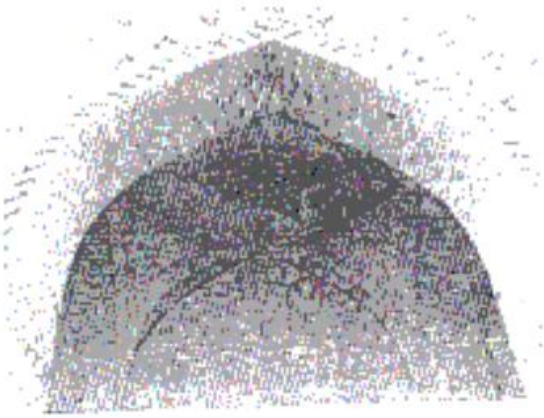
تصویر ۴ تپه میل ورامین ،آتشکده ری
تزیینات گچ بری، مربوط به عصر ساسانی



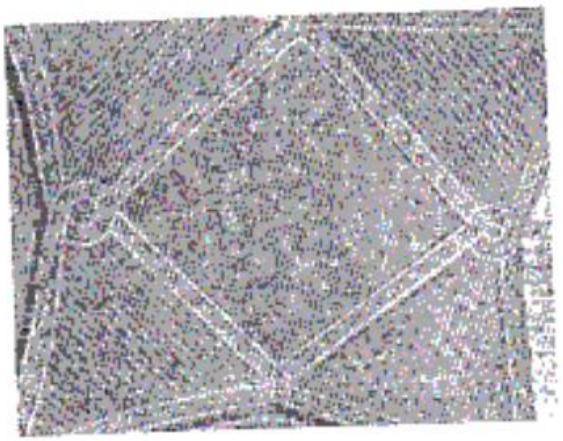
تصویر ۵ تپه میل ورامین ،آتشکده ری
تزیینات گچ بری، مربوط به عصر ساسانی

۴.۶ کاشیکاری

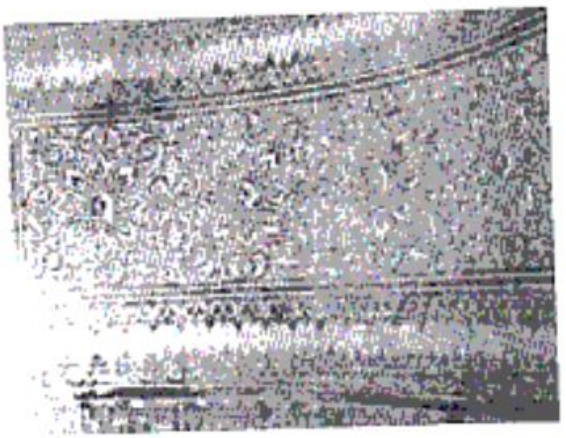
در دوره اسلامی در ایران به تدریج هنر کاشیکاری مانند آجر کاری و گچبری با شیوه های جدیدی آغاز شد و در تمامی ادوار اسلامی کاشیکاری با دو هدف سازه‌ای و سیمایی کاربرد ویژه یافت و شاید به جرات بتوان گفت که کشور ایران نخستین جایی است که کاشی با دو هدف فوق مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد انواع کاشیکاری مانند یک رنگ، معرق، هفت رنگ، طلائی (زرین فام) و تلفیق کاشی و آجر را می‌توان در بنا های ایران مشاهده کرد.



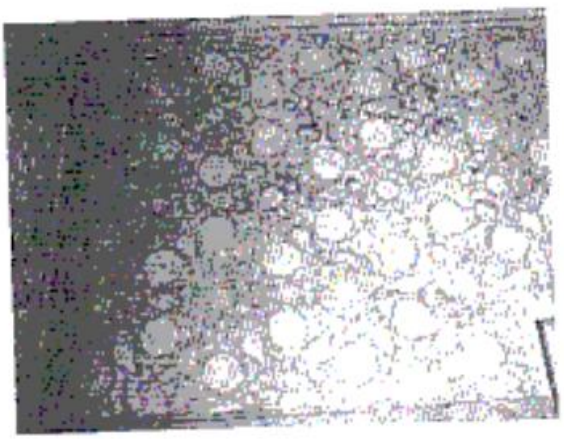
تصویر ۶ گنبد سلطانیه
تزیینات مقلی کاشی، گچ و آجر



تصویر ۷ گنبد سلطانیه
تزیینات مقلی آجر و گچ بری



تصویر ۸ گنبد سلطانیه
تزیینات گچ بری و نقاشی



تصویر ۹ گنبد سلطانیه
تزیینات گچ بری و نقاشی

۵.۶ چوب و تزیینات چوبی

تزیینات چوبی متنوع است و از انواع آن می‌توان به معرق، منبت، مشبک، کنده‌کاری، خاتم‌سازی و نقاشی روی چوب اشاره کرد. نمونه‌های متعددی از کاربرد چوب و تزیینات آن را می‌توان در بناهای ایران یافت که نه تنها نقش کاربردی دارند، بلکه تزئین چوب، این نقش را زیباتر و چشم نوازتر کرده است.

۶.۶ مستند سازی تزیینات وابسته به معماری

امروزه در عرصه عملیات مرمّتی شیوه‌ها و مندهای نوینی به کار گرفته می‌شود که معمولاً با استفاده از ابزار و وسایلی صورت می‌گیرد که به منظور این کار طراحی و ساخته شده‌اند ولی با این وجود عملیات اجرایی مرمّت نیازمند اطلاعات و اعمال ویژه‌ای است که بدون آگاهی و یا صرف نظر کردن از آن‌ها مشکلات عمده‌ای در اجرای پدید می‌آید.

از جمله عملیات، طرح برداری از روی عناصر تزیینی و معماری می‌باشد، که در امر مرمّت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است طرح برداری هرچه دقت عمل بالا باشد شناخت از اثر و ارتباط بین مرمّت‌گر و اثر و همچنین ارتباط بصری بین این دو عامل تعیین کننده می‌گردد.

برای مرمّت یک تزئین غیر از مصالح یا فنون اجرایی، نیازمند تهیه طرح از وضع موجود و اهداف نهایی به وسیلهٔ نقشه‌های اولیه از موضوع مورد نظر می‌باشیم که حاوی تمامی جزییات ساختاری طرح اعم از خطوط، زوایا، رنگ ها و..... باشد.

در اجرای اهداف مرمّتی نیز طرح‌ها شامل تمامی خصوصیات فوق و در بعضی مواقع کامل‌تر از آن نیز می‌باشد.

به عنوان مثال در طرح برداری از روی کاشی معرق برش قطعات کاشی نیز در طرح منظور می‌گردد و یا در طرح‌برداری از روی کاشی‌های هفت رنگ ترکیب رنگ‌ها و سایه روشن‌ها و تضادها نیز در طرح مشخص می‌شود.

اصولاً در طرح‌های مرمّتی استفاده از رنگ مانند برداشت‌های دیگر انجام نمی‌شود بلکه در این گونه طرح برداری‌ها از نام رنگ در محیط های رنگی یا از خطوط با اشکال مختلف مانند خط و نقطه یا خط چین به منظور نشان دادن مرزهای مختلف رنگ یا سایه و یا برداژهای رنگی استفاده می‌گردد.

البته همانطور که قبلاً ذکر شد امروزه با استفاده از روش‌های جدید و نوین با استفاده از ابزارهای بسیار مدرن نسبت به برداشت طرح‌ها اقدام می‌نمایند ولی به هر حال در اجرا ناگزیر به طراحی دستی می باشیم، که بایستی از روی اثر برداشت شود.

این طرح برداری‌ها در مواردی مانند فن‌شناسی، آسیب-شناسی و همچنین مرمّت موضعی و یا باز سازی اثر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱.۶.۶ انواع طرح برداری

الف- طرح برداری سیمی

ب- طرح برداری آسیب شناسی

ج - طرح برداری تکمیلی

د- طرح برداری هندسی (اصولی)

الف - طرح برداری سیمی

در این نوع طرح برداری کل اثر تزیینی اعم از خطوط تزیینی که تشدید کننده فرم های معماری می‌باشند شامل کتیبه‌ها (گچبری‌ها، نقاشی‌ها، کاشی‌ها و یا بافت‌های آجری و تلفیقی) دوال‌ها و یا فرم‌های قوسی و منحنی با توجه به محل قرار گیری به مقیاس یک‌یکم برداشت می‌شود. اینگونه طرح برداری معمولاً جهت مستند سازی و شناخت اثر، در زمینه فنون، اشکال تزیینی، نوع رنگها، ابعاد،

تصویر۱۰

مقیاس‌ها و سرانجام تناسبات، مورد استفاده قرار می‌گیرد (تصویر۱۰). در این نوع طرح برداری اصولاً از صفحات بزرگ کاغذ به صورت توپی یا صفحات کاغذ در ابعاد ۷۰×۱۰۰ که در کنار هم قرار می‌گیرند و تشکیل صفحات بزرگ‌تر را می‌دهند استفاده می‌شود.

در برخی موارد به دلیل ماهیت، جهت طرح برداری نیاز به پوشش کلیّه سطوح است که معمولاً سطوح را می‌توان با عناصر نرم‌تر و قابل انعطاف‌تر از کاغذ مثل پلاستیک سلفون و یا مشمع انجام داد. تا با پوشش سطوح عملیات طرح‌برداری میسر گردد. (تصویر۱۱)

تصویر۱۱

به عنوان مثال می‌توان طرح‌برداری از روی تاس‌های مقرنسی که دارای تزیینات نقاشی یا کاشیکاری یا گچبری است استفاده کرد.

بعد از اینکه سطوح به وسیله کاغذ یا سلفون یا مشمع پوشانده شد با مدادهای نرم که باعث پاره شدن کاغذ نشود و با روان نویس‌های توک نمدی، از روی طرح مورد نظر در ابعاد واقعی طرح برداری به عمل می‌آید. بدیهی است در طرح‌های سیمی بیشتر گرایش به سمت اجرای جزییات به صورت واقعی و موجود می‌باشد.

در بعضی از تزیینات که دارای سطوح منفی و مثبت می‌باشند لازم است این سطوح در طرح، مشخص و کاملا مجزا از سطوح دیگر باشند که معمولاً در اینگونه طرح‌برداری‌ها از خطوط هاشور در زمینه‌های منفی استفاده می‌شود.

نکات مهم در طرح برداری های سیمی برای مرمّت

به علت فرآیندهای تخریب که به مرور زمان در اثر پدید می‌آید لازم است قبل از اقدام طرح برداری عملیات دیگری بر روی اثر انجام پذیرد. به عنوان مثال می‌توان از نقاشی‌هایی نام برد که به مرور زمان ماده موجود بین پیگمان‌های رنگی در نقاشی مورد نظر از بین رفته است و هرگونه عملیات طرح‌برداری از روی اثر با ریزش بسیار شدید لایه های رنگ همراه است که در این موارد قبل از طرح‌برداری لازم است نقاشی به صورت اضطراری تثبیت شود و در مواردی لایه‌های رنگ به صورت کامل ریزش پیدا کرده است که در این موارد از اشعه ماورای بنفش و یا مادون قرمز در طرح‌برداری استفاده می‌شود.

در قسمت‌هایی از طرح‌برداری از روی گچبری‌های برهشته (برجسته) و یا بیش برجسته لازم است قبل از برداشت اشکال از روی اثر، لبه‌ها را مشخص نمود که با استفاده از کاغذ که روی برجستگی‌ها قرار می‌گیرد و استفاده از ذغال سفت، لبه‌ها را روی اثر مشخص می‌کنند. وقتی که کاغذ روی کار قرار گرفت با ذغال روی آن کشیده شود و در اثر تماس کاغذ با قسمت‌های برجسته جاهایی که برجسته است پر رنگ تر و جاهایی که تماس اثر با کاغذ کم است کمرنگ‌تر می‌گردد. امروزه این روش را با استفاده از کاغذ پوستی و کاغذ کاربن که با دست محکم روی اثر کشیده می‌شود انجام می‌دهند (تصویر ۱۲).

تصویر ۱۲

ب- طرح برداری آسیب شناسی

این نوع طرح‌برداری بیشتر تأکید بر نشان دادن آسیب‌ها و چگونگی قرار گرفتن آنها در اثر می باشد. اصولاً در طرح‌های آسیب‌شناسی محل آسیب دیده نیز در طرح‌های سیمی برداشت می شود. در طرح‌های آسیب شناسی کل اثر با فرم و حالات خود و با آسیب‌ها نشان داده می شود و در قسمتهای آسیب دیده، محیط آسیب دیدگی رسم شده و آن قسمت با خطوط هاشور و یا نقطه نقطه و یا اشکال قرار دادی دیگری مشخص گردد (تصویر ۱۳).

اصولاً طرح آسیب شناسی به علت حساسیت بیشتر و نیاز به جزییات آسیب‌ها بر روی کاغذ مومی با استفاده از روان نویس یا سلفون و با روان نویس نوک نمدی انجام می‌شود.

طرح‌برداری از آسیب‌ها به دلیل ضرورت تهیه طرح اصلی بایستی در تمامی زوایا و ابعاد منطبق بر وضع موجود باشد (تصویر ۱۴).

تصویر ۱۳

تصویر ۱۴

نکات مهم در طرح برداری آسیب شناسی

قبل از طرح برداری باید کاغذ کاملاً و بدون هیچ گونه چروک و تاخوردگی روی طرح اصلی قرار گیرد. برای طرح برداری آسیب‌ها لازم است از روان نویس‌هایی استفاده کرد که ضد آب باشند و به راحتی پاک نشوند.

خطوط در طرح برداری آسیب‌ها باید کوتاه و دارای ارزش‌های خطی و حامل پیام‌های تصویری و بصری باشند و به لحاظ ارزشی که در راستای عملیات مرمّتی دارد باید تا حد بسیار بالا دقیق و از روی لبه‌های طرح و با لبه‌های شکستگی‌ها و دیگر آسیب‌های موجود در طرح باشد.

در طرح‌های آسیب‌شناسی نیز همانند طرح‌های سیمی رنگ‌ها روی اثر اجرا نمی‌شوند بلکه از نام رنگ در روی صفحه استفاده می‌شود و سایه‌ها و پردازها در اثر و مرز آنها با خط چین و یا خطوط قراردادی دیگر مشخص می‌گردد.

در طرح‌های آسیب‌شناسی نیز همانند طرح‌های سیمی رنگ‌ها روی اثر اجرا نمی‌شوند بلکه از نام رنگ در روی صفحه استفاده می‌شود و سایه‌ها و پردازها در اثر و مرز آنها با خط چین و یا خطوط قرار دادی دیگر مشخص می‌گردد.

در تهیه طرح‌های آسیب‌شناسی از تزیینات نقاشی، نازک کاری، تزیینات دیگر، حتی ریزترین آسیب‌ها و نازک‌ترین ضخامت‌ها نیز در برداشت لحاظ می‌شود تا در زمان تهیهٔ طرح‌های مرمّت و طرح‌های اصولی و هندسی از آنها استفاده شود (تصویر۱۵).

در طرح‌برداری از آسیب‌ها لازم است قسمت‌های مختلف اثر با بلوک‌بندی از یکدیگر مجزا و هر کدام با نام یا علامت خاص مشخص شوند و این علایم و نام‌ها روی صفحات کاغذ یا سلفون نیز درج گردد تا طرح برداشته شده از اثر کاملا با طرح اصلی منطبق و مشخص باشد.

تصویر ۱۵

ج - طرح برداری تکمیلی:

در این روش از طرح برداری که معمولاً به جهت تکمیل اثر و کامل کردن بخش‌های کمبود یک اثر استفاده می‌شود از قسمت‌های مفقوده که لازم است به خاطر تداوم اشکال تزیینی یا معماری کامل گردد طرح تهیه می‌شود.

در این روش از برداشت معمولاً قطعات و بلوک‌ها کوچکتر از طرح‌های سبعی و یا آسیب شناسی می‌باشد .

در این نوع برداشت لازم است نقاط مشترک بین بلوک انتخاب شده و طرح اوّلیه کاملا مشخص و دقیق باشد زیرا با توجه به همین نقاط است که عنصر تزیینی برای قسمت کمبود، طراحی و ساخته می‌شود (تصویر ۱۶).

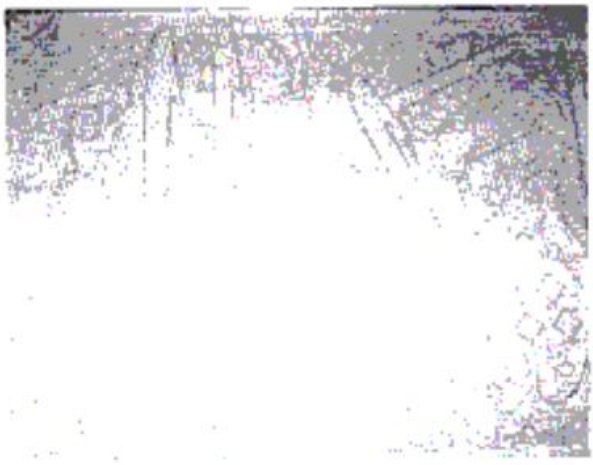
همچنین امتداد خطوط از روی دو قسمت ابتدا و انتها برای بستن زمینه و بستر طرح مد نظر قرار می‌گیرد و با توجه به این امکان که خطوط مورد نظر از دو نقطه شروع می‌گردد کلیّه طرح از بین رفته در تمامی سطح را می‌توان تکمیل نمود.

البته در این نوع طرح برداری که عموماً شامل طرح‌های تکرار شونده و یا طرح های واگیره‌دار و پر کننده سطح می‌شود، عمل طرح برداری باید منطبق بر اصول و قوانین حاکم بر عملیات مرمّتی باشد.

تصویر ۱۶

به عنوان مثال درطراحی مناظر و یا پُرتره که از قوانین خاصی پیروی نمی‌کنند و یا طراحی با دست آزاد در آن بیشتر نمود دارد، نمی‌توان مانند یک طرح هندسی یا طرحی که به صورت تکرار در قسمتی انجام گرفته عمل نمود.

دراین نوع برداشت از طرفین بلوک مورد نظر (درهر فرم، ابعاد و شکل) حدود ۱۰ سانتیمتر از قسمت‌های موجود طرح انتخاب شود تا بتوان در طراحی قسمت کمبود، خطوط و منحنی‌ها و همچنین پیوندهای لازم را در دو نقطه ابتدا و انتها ایجاد کرد. (تصویر ۱۷)



تصویر ۱۷

نکات مهم در طرح برداری های تکمیلی

برای برداشت نقوش محل قرارگیری و نقاط تلاقی طرح با قسمت‌های، معمولاً قسمتهای کمبود را به شکل و فرم لبه‌های خارجی طرح (شکستگی ها، ریختگی ها و.....) ترسیم می کنند.

رنگ، نقاشی‌های پشت شیشه، گچبری‌ها و تزیینات چوبی (معرق و منبت) نیز برداشت می‌گردند که کاربرد این برداشت در مرمّت موارد فوق می‌باشد.

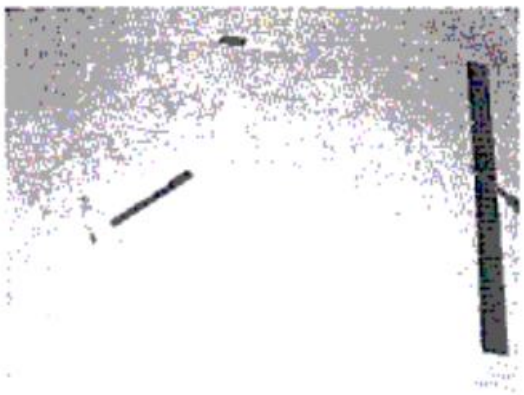
به عنوان مثال می‌توان از یک پشت بغل (لچک) کاشیکاری شده نام برد که مثلاً تعدادی از کاشی‌های اصلی و طرح منطقی آن، جهت برنامه ریزی و طرح مرمّت استفاده می‌شود که لازمه آن دانستن هندسه و آن فرو افتاده است و ضرورت جایگزینی برای تکمیل خطوط اصلی حتمی است.

د- طرح برداری هندسی (اصولی)

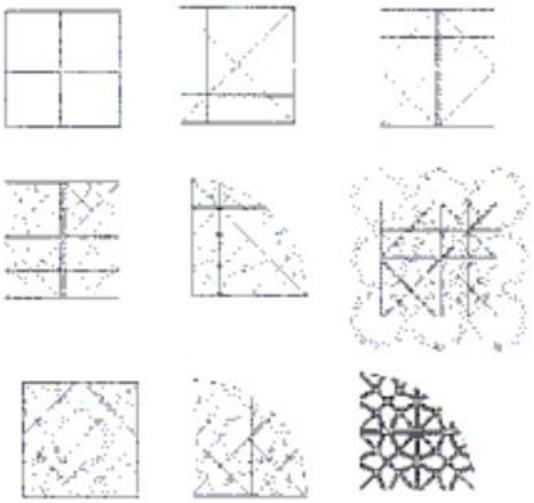
این گونه برداشت که اساساً مهمترین نوع طرح برداری مرمّت محسوب می‌شود به جهت دستیابی به اصول مستتر در طرح و درک زبان هندسی آن و شیوه‌های ترسیم وجانمایی طرح در سطح یا فضای مورد نظر به منظور تزئین سطوح می‌باشد. (تصویر ۱۸)

روش‌های طراحی اصولی در امر مرمّت از دیر باز مورد استفاده قرار می‌گرفته است و دلیل آن را می‌توان دستیابی به طرح اصلی قبل از اجرا بر روی سطح دانست.

از زمانی که یک طرح (این طرح می تواند جهت گچبری و نقاشی و یا هر عنصر تزیینی دیگر باشد) توسط استاد طراح ترسیم می‌گردد تا زمانی که به مرحله اجرا در می‌آید، تغییراتی (آگاهانه و یا نا آگاهانه) در آن اتفاق می‌افتد که این اتفاقات هرچند از دید مرمّت به منظور حفاظت روح اثر باید به همان صورت حفظ گردد، ولی در طرح مرمّت باید لحاظ گردد. در این موارد و به منظور دستیابی به طرح چگونگی طرح اشکال هندسی و غیر هندسی یا استعانت از اشکال هندسی است. (تصویر۱۹)



تصویر ۱۸



تصویر ۱۹

نکات مهم در طراحی هندسی

همانطور که قبلاً ذکر شد این نوع طرح‌برداری جهت درک مفاهیم هندسی و نیز بازیابی زبان بصری طرح و همچنین اجرای برنامه اساسی مرمّت انجام می‌گیرد، لذا جهت انجام این کار لازم است کلیّه عناصر طرح بی‌کم و کاست در طرح منظور گردد.

در این روش برداشت خطوط معماری که مشخص کنندهٔ زمینه طرح‌های تزیینی می‌باشد امری مهم تلقی می‌شود.

در این نوع طرح‌برداری تمامی وجوه طرح از قبیل شکل، رنگ، بافت، ترکیب و تناسبات در نظر گرفته می‌شود، لذا لازم است نقاط مرکزی نقوش و نقاط محاط یا نقوش دیگر و همچنین حاشیه‌ها در کنار طرح منظور گردد.

در این نوع برداشت نیز همانند طرح برداری سیمی، معمولاً از کاغذهای توپی و یا از قرار دادن کاغذهای ۱۰۰×۷۰ در کنار یکدیگر استفاده می‌کنند و زمینه‌ها را بر اساس مبنای طرح انتخاب کرده و فرم‌ها و نقوش را بر روی زمینه مذکور اجرا می‌نمایند .

۶. ۷ شیوه‌های مدرن طرح برداری

همانطور که قبلاً ذکر شد، امروزه تکنولوژی مدرن در کنار تمامی رشته‌ها باعث گشایش افق‌های جدیدی در زمینه‌های مختلف علمی و عملی شده است.

در رشته مرمّت نیز تکنولوژی پیشرفته باعث سرعت و دقت دراجرای مرمّت‌های اساسی شده است.

امروز استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزارهای وابسته جهت طراحی، آسیب شناسی، محاسبات معماری و سازه‌ای، ماکت‌سازی و مدل‌سازی کامپیوتری امری اجتناب ناپذیر است. یکی از دستگاه های مدرن و پیش رفته در امر طرح برداری، دستگاه لیزر اسکن می‌باشد که توانایی برداشت طرح‌ها را از فاصله ۱۲متر دارا می‌باشد. با این دستگاه می‌توان با سهولت نقوش را بدون ارتباط فیزیکی با اثر طراحی و عکس برداری نمود.

معایب شیوه‌های مدرن

استفاده از این دستگاه‌ها هرچند باعث سرعت و دقت در عملیات مذکور می‌گردد ولی به خاطر ماشینی بودن وانعطاف ناپذیری معمولاً دارای ارزش‌های هنری نمی‌باشند.

در اجرای مرمّت صحیح یکی از مواردی که به مرمّت‌گر در این اجرا کمک می‌کند، ارتباط و پیوند به وجود آمده بین مرمّت‌گر و اثر می‌باشد که این امر درشیوه‌های مدرن امروز میسّر نمی‌باشد و نهایتاً تأثیر نابهنجار در اجرا می‌گذارد.

۶. ۸ مرمّت بدنه‌ها و تزیینات وابسته به معماری

شناخت، پیش نیاز تمام اقدامات مرمّتی است و مرمّت بدنه نیز مستثنی از این موضوع نمی‌باشد. همانگونه که در درس برداشت از تزیینات ذکر گردید، مستند سازی از مبادی ورود به امر تعمیر و مرمّت است. بالاخص در مرمّت تزیینات وابسته به معماری که در آن امکان وجود لایه‌ها یا دوره‌های مختلف تاریخی در کنار هم منصور است.

مثلا امکان دارد که لایه‌هائی از نقاشی در زیر لایه‌ای از گچ و یا سایر مواد و مصالح وجود داشته باشد و برای شناخت آن نمونه برداری و استفاده از فنون مرتبط، برای شناسایی امر ضروری است. که این همان مرحله مستند نگاری از روند برداشت و شناخت است.

بدیهی است که در تمامی شرایط از مرمّت تزیینات اتخاذ یک روش علمی ضروری است. روش فوق بایستی منطبق بر منشورهای جهانی مرمّت باشد که مستلزم دستورالعملی به شرح زیر است :

۱- تثبیت وضع موجود .

۲- حذف اضافات و تمیز نمودن سند جهت خوانا کردن و عیان نمودن اصل سند.

۳- خوانا سازی خطوط اصلی و قاب‌های مربوطه ضروری است. بدیهی است که اقدام فوق شامل خطوط معماری نیز می‌گردد.

۴- بسترسازی، زمینه‌سازی و شفاف کردن قسمت‌های اصیل باقی‌مانده از سند تزیینی.

۵- بازسازی بخش‌هائی از تزیینات با خطوطی کم قدرت‌تر و محوتر از سند اصلی تزییناتی.

مثلا برای آزادسازی و عیان‌سازی یک نقاشی دیواری از لایه‌های الحاقی ضروری است که پس از شناخت جنس لایه‌های اضافه شده، اقدام به پاک سازی و حذف لایه‌های الحاقی نمود. اگر لایه‌های الحاقی قابل حل در آب باشد با آب حذف خواهد شد و در صورتی که روغنی باشد از مواد شیمیائی برای این امر استفاده می‌گردد. در این مرحله ضروری است که اقدام به نحوی صورت گیرد تا اصل سند آسیب نبیند و در هر مرحله با مواد خنثی کننده از قبیل اسیدها و بازها مواد برجای مانده از روی تزیینات را پاک نمائیم. بدیهی است که این اقدام بایستی سلسله مراتبی بوده به نحوی که از مواد ضعیف‌تر در مرحله نخست استفاده گردد و درصورت لزوم از مواد قویتر استفاده شود. اگر مواد روغنی به مرور زمان اکسیده و سخت شده باشند؛ می‌توان با کمک آمونیاک و اضافه نمودن مواد دیگر لایه‌های اکسید شده را از روی تزیینات حذف نمود.

تزیینات بدنه معطوف به بدنه‌های آجر و کاشی

برای تشریح این امر به نمونه اجرا شده مسجد جامع ورامین اشاره می کنیم:

نمای ورودی مسجد جامع از ضلع شرقی دارای تزیینات معقلی به صورت آجر و کاشی می باشد. که این تزیینات در گذر زمان صدمات زیاد را متحمل شده‌اند.

جهت مرمّت این سردر مراحل زیر طی می‌گردد:

۱- مستند سازی از وضع موجود.

۲- طراحی کامل سردر (تکمیل خطوط اصلی).

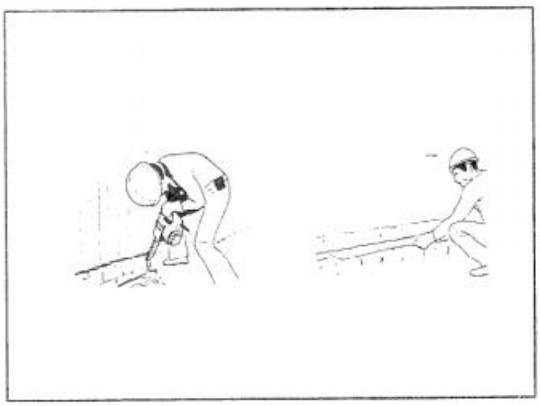
۳- تثبیت قسمت‌های باقیمانده و اصیل.

۴- احیای سطوح و قاب سازی تزیینات آجری.

۵- در قاب‌های فوق الذکر بخش‌های خالی با اندود گچ زیره (گچ دست کوب)۳ چند میلی متر پائین‌تر از سطوح اصلی زمینه‌سازی می‌گردد.

۶- تکمیل طراحی بدنه که منطبق بر اصل تکمیل خطوط تزیینات در بدنه است.

۳- گچ دست کوب : ترکیبی از : گچ دست کوب خزاغ یا شکر سنگ ، آب آهک می باشد .



درس هفتم

روشهای مختلف رطوبت‌زدایی در ابنیه

■

امروزه شیوه‌های گوناگونی برای دفع رطوبت از ابنیهٔ قدیمی وجود دارد. در اینجا برخی از این روشها بررسی می‌شوند.

۱.۷ شیوه‌های پیشگیری از رطوبت بالا رونده در پایه‌ها و دیوارها

در ساختمانهای جدید با استفاده از لایه‌های عایق از قبیل قیرگونی و سایر مواد عایق در مقطعی از دیوار و یا کفها مانع عمده‌ای در پیشروی رطوبت ایجاد می‌کنند. در گذشته این شیوهٔ پیشگیری رایج نبوده است، در نتیجه رطوبت براساس قانون لوله‌های موئین به‌طور مداوم در بنا نفوذ می‌کرده و ضمن صعود به نقاط ضعف بنا، موجب استهلاک تدریجی آن می‌شده است. شاید این عامل از مهمترین عوامل مخل در بسیاری از بناهای تاریخی باشد.

بناهای قدیمی در مقابل رطوبت به شیوه‌های مختلف عایقکاری می‌شوند.

۱.۱.۷ عایقکاری در سطح مقطعی از دیوار

این روش مستلزم دقت عمل بسیار در اجراست و هزینهٔ بالایی نیز در بردارد. اجرای این شیوه با مته‌های چرخان ویژه‌ای به قطر ۲ سانتیمتر به شرح زیر صورت می‌گیرد: در طول مقطعی از دیوار سوراخهایی به‌صورت روزنه‌های گرد متقاطع ایجاد می‌کنند (شکل ۱). این عمل در طولی معادل حداکثر یک متر از جدارهٔ دیوار انجام می‌شود. پس از سوراخ کردن دیوار، روزنه‌ها را با مایع ویژه‌ای که عایق است، با تزریق پر می‌کنند. مواد تشکیل دهندهٔ این عایق شامل ترکیبات زیر است:

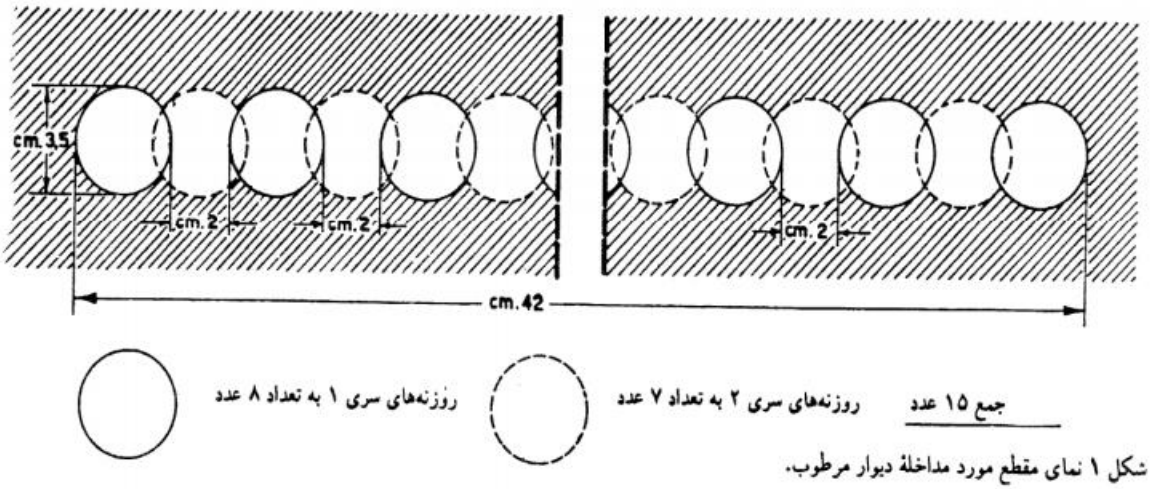
۶۲٪ ماسه + پودر سنگ

۳۸٪ شامل: ۵۰٪ چسب (از انواع پریمال یا پارالوئید) و ۵۰٪ پودر آهک

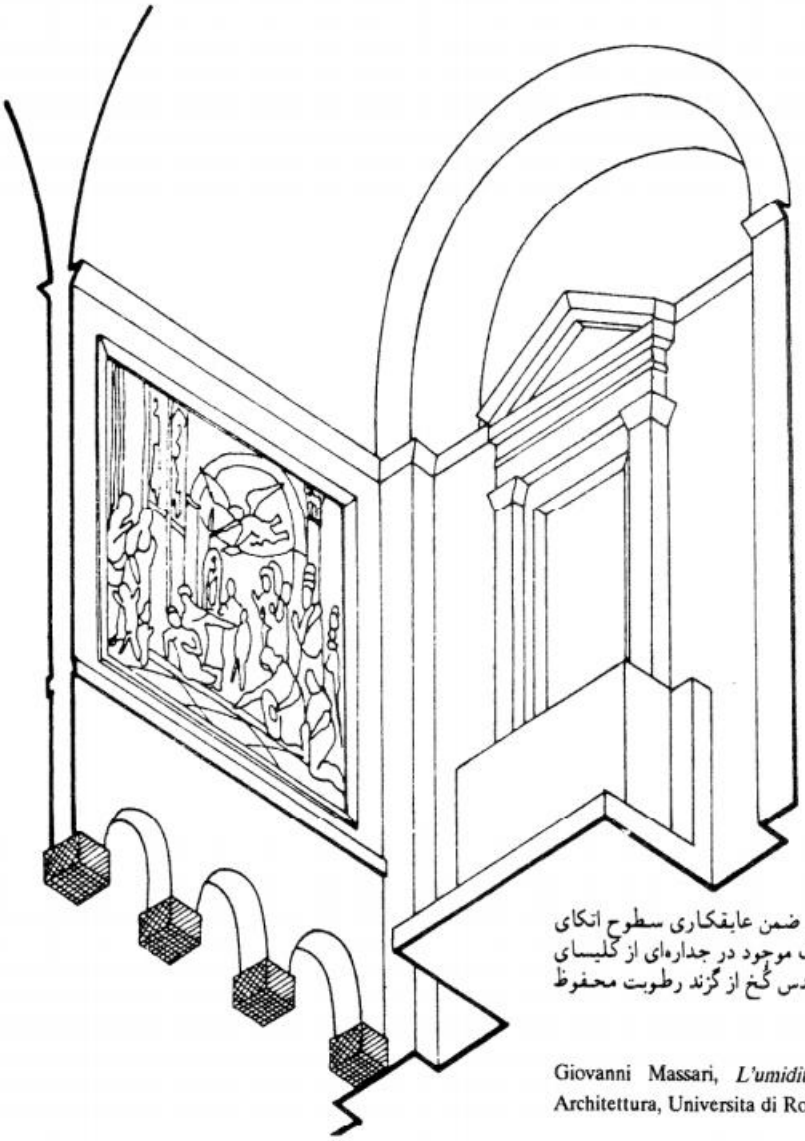
از ترکیب مواد فوق، ملات نرمی که کمی از خمیر نان نرمتر است حاصل می‌شود. تزریق این ملات در محیطی با درجه حرارت کمتر از ۲۰° سانتیگراد انجام می‌شود. با این تزریق باید کلیهٔ روزنها و منافذ پر شوند. پس از اجرا، مقاومت فشاری این بخش از دیوار در مدت ۲۴ ساعت به ۸۰۰ kg/cm2 می‌رسد. (این روش به علت ضرورت دقت فراوان در اجرا و مصالح مورد نیاز، در کشور ما کاربرد چندانی نداشته است.)

۲.۱.۷ کاهش سطح اتکای دیوار که با رطوبت به‌طور مستقیم در تماس است

به تجربه ثابت شده است که اگر مقطع دیواری را از ۱۰۰٪ سطح اتکا به ۱/۳ آن کاهش دهیم، میزان جذب رطوبت به



شکل ۱ نمای مقطع مورد مداخلهٔ دیوار مرطوب.



شکل ۲ کاهش سطح اتکا و ایجاد برش ضمن عایقکاری سطوح اتکای باقیمانده با زمین. در تصویر فوق فرسک موجود در جداره‌ای از کلیسای سان لوئیجی در شهر رم، با شگرد مهندس کُخ از گزند رطوبت محفوظ مانده است. *

* مأخذ:

Giovanni Massari, *L'umidita nei Monumenti* , Facolta di Architettura, Universita di Roma (ICCROM), Aprile 1969.

۱/۷ تقلیل می‌یابد. این روش در اماکنی که مقاومت زمین و بار واردهٔ ساختمان و خود بنا از لحاظ سازه و معماری برای این اقدام مناسب باشد، قابل اجراست (شکل ۲).

۳.۱.۷ الکترواسمزی یا تراوش الکتریکی

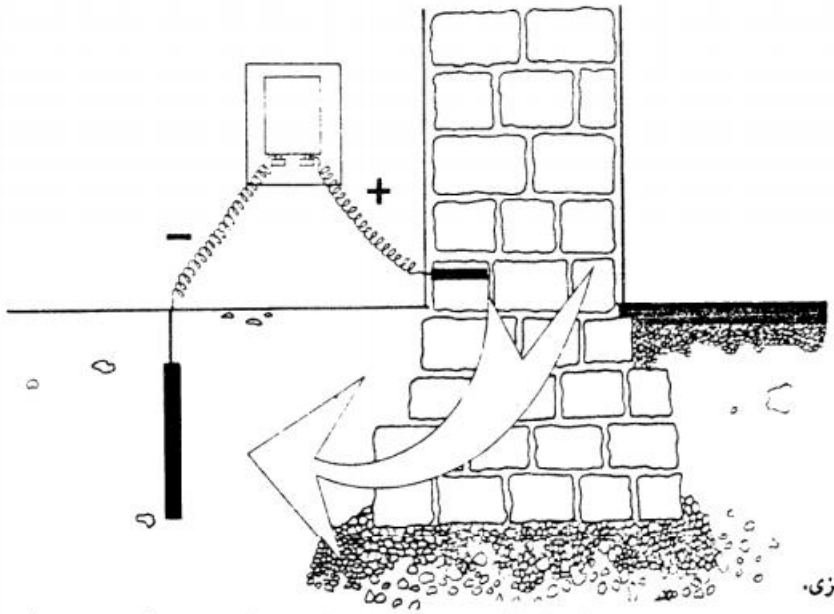
این روش به میزان قابل توجهی در زهکشی و تثبیت خاک به کار برده می‌شود. در این طریقه، الکترودها را در دیوارها و زمین جای می‌دهند که در نتیجه اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ) بین آنها به‌وجود می‌آید. در این روش، الکترودها نقش اساسی دفع رطوبت و عایق را ایفا می‌کنند.

شایان ذکر است که دیوارهٔ لوله‌های مویی داخل مواد غیرآلی متخلخل دارای بار منفی هستند و مولکولهای آبهای مجاور دارای بار مثبت و حامل یون مثبت‌اند که در اطراف لوله‌های موئینه‌ای جمع شده‌اند. هنگامی که تغییر جریان الکتریکی برقرار می‌شود، بارهای مثبت به طرف کاتد (قطب منفی) متمایل می‌شوند (شکل ۳).

اگر لوله‌های مویی خیلی باریک باشند آب موجود در داخل آنها دارای شدت بیشتری است.

۴.۱.۷ کانال‌کشی در پای دیوار و خارج از بنا

سالیان زیادی است که این روش در ایران متداول است و



شکل ۳ روش الکترواسمزی.

نتایج قابل توجهی نیز داده است. این روش بنا از لحاظ فن اجرا و هزینهٔ مقرون به صرفهٔ آن نیز قابل توصیه است.

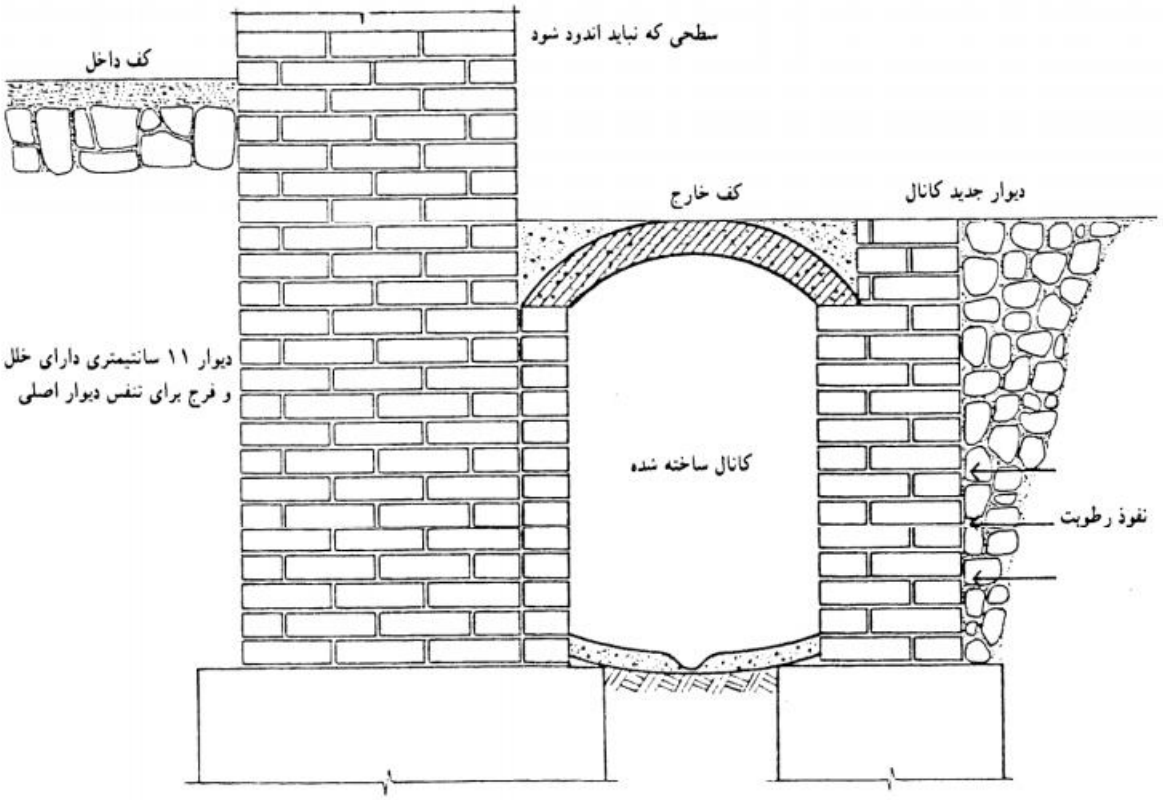
این روش به منظور ایجاد شرایط لازم برای تبخیر و تهویه و در نتیجه دفع آب موجود در زیر سطح کف (تغییر سطح تبخیر از بالای خاک به زیرخاک) اجرا می‌شود. در اغلب بناهای قدیم ایران، رطوبت بالارونده در پی و دیوارها بیشترین آسیب را در ارتفاع یک تا دو متر از نما وارد می‌آورد و باعث فرسودگی و پوسیدگی پای دیوارها و پایه‌ها می‌شود. از این ارتفاع به بعد غالباً صدمهٔ کمتری مشاهده می‌شود، زیرا از ارتفاع ۱ الی ۲ متر رطوبت بالا رونده امکان تبخیر بیشتری دارد.

اگر بتوانیم این سطح تبخیر را در زیر خاک فراهم کنیم، از کد 0.00 به بالا شرایط مطلوبی به‌دست خواهد آمد و در واقع، شرایط مناسب برای پیشگیری از صعود رطوبت و تبخیر آن پیش از رسیدن به ارتفاع فوقانی تضمین می‌شود.

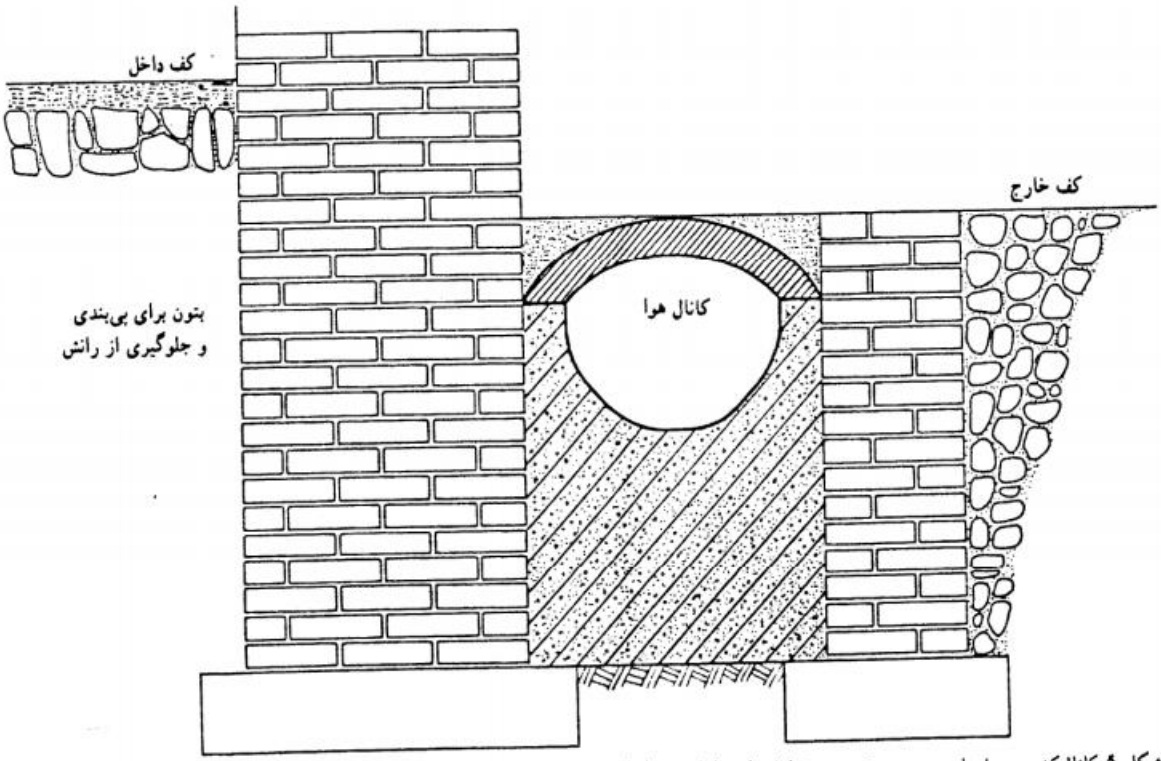
احداث کانال یا ناکِش در پای دیوارها: با توجه به میزان رطوبت، نوع مصالح و ارتفاع پی بنا، نوع کانال تغییر می‌کند. در بناهایی که دچار رطوبت بسیار شدیدند، این کانال از داخل و خارج بنا در پای تمام دیوارها احداث می‌شود و در مقاطعی نیز بین این دو کانال بیرونی و درونی ارتباط ایجاد می‌گردد، به‌نحوی که میزان خشک شدن دیوارها در داخل و خارج متعادل و همسان شود، زیرا خشک شدن آنی رطوبت در یکی از دو جداره ممکن است موجب بروز عوارض جانبی منفی دیگری شود.

اجرای این کانال در عین سادگی مستلزم رعایت اصولی است تا بتوان به نتیجهٔ مطلوب دست یافت. بدین منظور، در پای دیوار کانالی به عرض ۶۰ cm و ارتفاع لازم (تا روی پی) احداث می‌شود. همان‌گونه که در شکلهای ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود، دیوار ۱۱ سانتیمتری در طرف اصلی دیوار ساختمان احداث می‌شود. این دیوار باید دارای خلل و فرجی باشد که تنفس دیوار اصلی ساختمان را میسر سازد. برای مثال، بندهای عمودی آن باید فاقد ملات باشد. می‌توان بعضی از قسمتها را به‌صورت شبکه‌ای احداث کرد. عدم استفاده از اندود بر روی دیوار موجب تنفس دیوار و، در نتیجه، خشک شدن آن می‌گردد. به فاصلهٔ ۶۰ cm از دیوار ۱۱ سانتیمتری، دیوار دیگری به قطر ۳۵ cm احداث می‌شود که تحمل بار سقف کانال و همچنین فشار خاک جانبی را به عهده خواهد داشت. در کف کانال، زهکشی لازم به منظور هدایت آب جاری احتمالی به سمت چاهکهای فاضلاب پیشبینی شده و سقف کانال به‌وسیلهٔ پوششهای سیمانی یا تاق ضربی اجرا می‌شود.

برای تسهیل تبخیر رطوبت دیوارها در داخل کانال، از



شکل ۴ اجرای کانال یا ناکِش در پای دیوار.



شکل ۵ کانال‌کشی همراه با پی‌بندی در قسمت مقابل پایه‌ها (در محلهایی که پایه دارای رانش است).

کانالهای عمودی به فاصلهٔ حداکثر ۱۵ cm که به هوای آزاد راه می‌یابند استفاده می‌شود. (ترجیحاً یکی در آفتاب و دیگری در سایه و با اختلاف سطح، برای ایجاد کوران اجرا می‌شود.) در مواقعی که مقدار رطوبت زیاد باشد، در قسمتهایی از این کانالها به منظورتهویهٔ سریع از بادزن استفاده می‌گردد.

در مواقع لازم هوای گرم و خشک به داخل کانال دمیده می‌شود تاسرعت تبخیر را افزایش دهد. در احداث این کانال باید نکات زیر را مدنظر قرار داد:

۱. پیش‌بینی پی‌بندی در جوار پایه‌ها و دیوارهای باربر

شکلهای ۵ و ۶: برای تقویت دیوارهای باربر یک ساختمان در پی، دیوار را به اندازه‌های مساوی (حداکثر یک متر) تقسیم می‌کنند وهر بخش را به‌صورت قوسی و بدون استفاده از شمع‌بندی تخلیه می‌کنند. برای جلوگیری از ریزش بخش مجاور، این عمل را به فواصل مناسبی تکرار می‌کنند (شکل ۷). در فاصلهٔ تخلیه شده پی‌سازی با مصالح جدید انجام می‌گیرد.

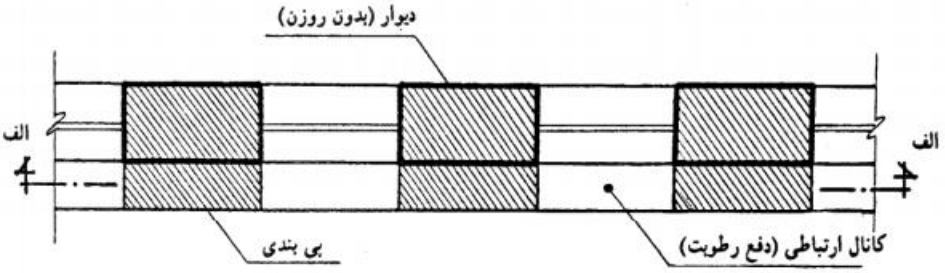
این عمل در سراسر دیوار تکرار می‌شود. برای مثال، در موزهٔ ایران باستان، برای استفادهٔ بهینه از فضای موجود زیرزمین (که دارای ارتفاع ۲۲۰ cm بود) به اجبار از پی موجود صرف نظر شد و ضمن تراشیدن آن به شیوهٔ فوق در زیر دیوار قدیمی، اقدام به پی‌سازی جدید شد.

۲. باید دو قسمت کانال را به روشی (به‌وسیلهٔ کانالهای ارتباطی) به هم مربوط کرد تا جریان هوا به‌صورت دایم برقرار باشد (شکل ۸).

این توضیح لازم است که، این کانالهای ارتباطی در مقاطعی از دیوار که باربر نیستند قابل اجراست. از این کانالها می‌توان برای تعبیهٔ لوله‌های تأسیسات نیز استفاده کرد، به‌ویژه در ابنیهٔ قدیمی که ایجاد تأسیسات جدید ضروری باشد، زیرا گرمایش حاصل از لوله‌های تأسیساتی در ایجاد کوران و خشک شدن بدنهٔ دیوارها تأثیری بسزا خواهد داشت.

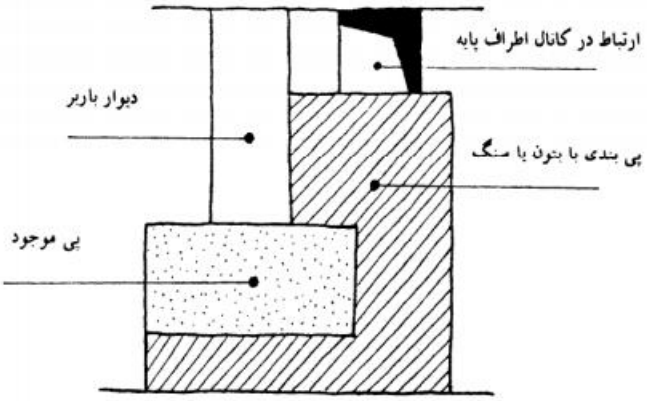
۲.۷ شیوه‌های مقابله با رطوبت در کف

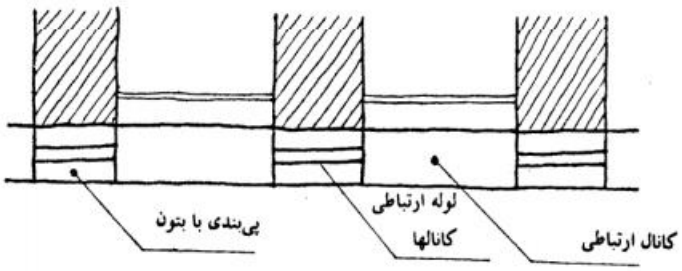
در گذشته بهترین راه برای دفع رطوبت درابنیه استفاده از گربه‌رو بوده است، بدین صورت که در زیرکف ساختمان

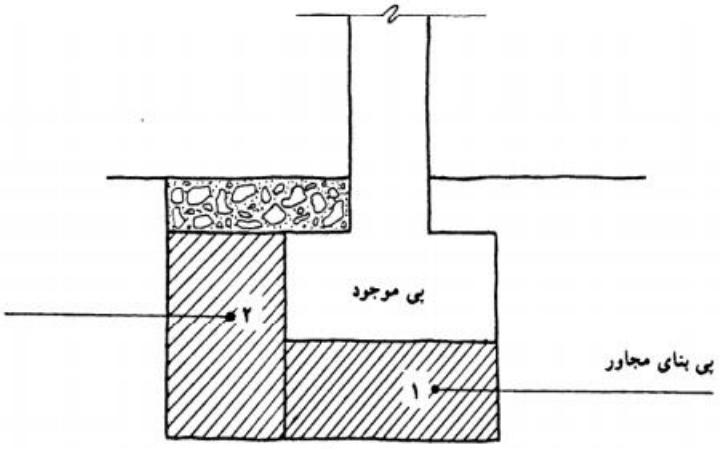


پلان دیوار و کانال دفع رطوبت

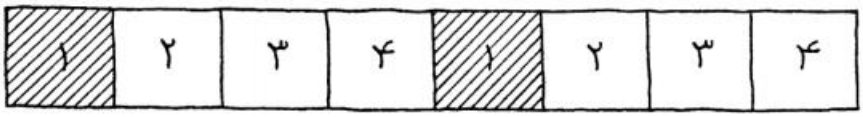
شکل ۶ درهنگام کانال‌کشی برای دفع‌رطوبت در جوار پی‌ها، عمل پی‌بندی (تقویت پی) انجام می‌گیرد.







تقویت پی با تزریق بتون



حداکثر ۱m

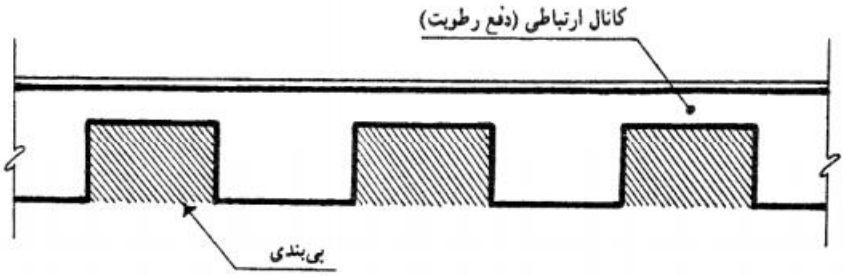
پلان دیوار باربر

شکل ۷ نحوهٔ تقویت دیوارهای باربر در پی.

کانالهایی به ارتفاع حداکثر ۶۰ cm ایجاد می‌کردند. این کانالها ارتباط مستقیم با هوای بیرون داشتند و همین جریان هوا باعث تبخیر رطوبت در زیر کف می‌شد و کف اصلی ساختمان را مطلوب و قابل استفاده می‌کرد (شکلهای ۹ و ۱۰ و ۱۱).

در حمامها به داخل این کانالها هوای گرم دمیده می‌شد تا کف حمام همیشه گرم باشد، ولی امروزه در ساختمانهای جدید با استفاده از سنگ ماکادئوم یا سنگ شکسته (لاشه) به ارتفاع ۴۰ mm و ریختن شن بادامی بر روی آن و فرش نهایی، کف را در مقابل رطوبت عایق می‌کنند که ما این عمل را در بناهای قدیمی نیز چنانچه مواجه با لایه‌های تاریخی نباشیم می‌توانیم اجرا کنیم.

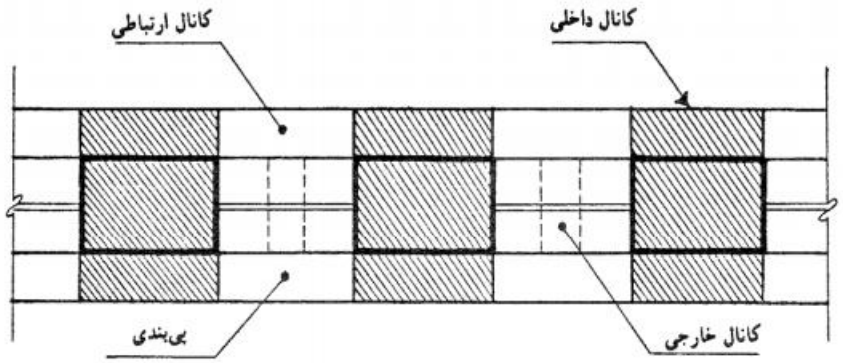
در حجرات مرطوب معمولاً برای دفع رطوبت از کف اتاق، سطح موجود 0.00 را تا ۵۰ـ۴۰ سانتیمتر پایین می‌برند و ضمن احداث گربه‌رو، سعی می‌شود محفظه‌های حاصل را به‌وسیلهٔ کانال به هم مربوط کنند. به این ترتیب گربه‌روهای موجود را (از بخش قدامی به‌وسیلهٔ آجرهای مشبک و در بخش خلفی از طریق کانال داخل دیوار) به هوای آزاد وصل می‌کنند (شکلهای ۱۵ـ۱۲).



برش

چنانچه مشاهده می‌شود، عرض کانال در بخشهای پی‌بندی شده کمتر و در زیر روزنها بیشتر است.

* ارتفاع کانال در زیر روزن به ارتفاع بی بستگی دارد. برای مثال، در جایی که زیرزمین وجود دارد می‌تواند به ۲۸۰cm برسد (حداقل این ارتفاع ۸۰ cm است).

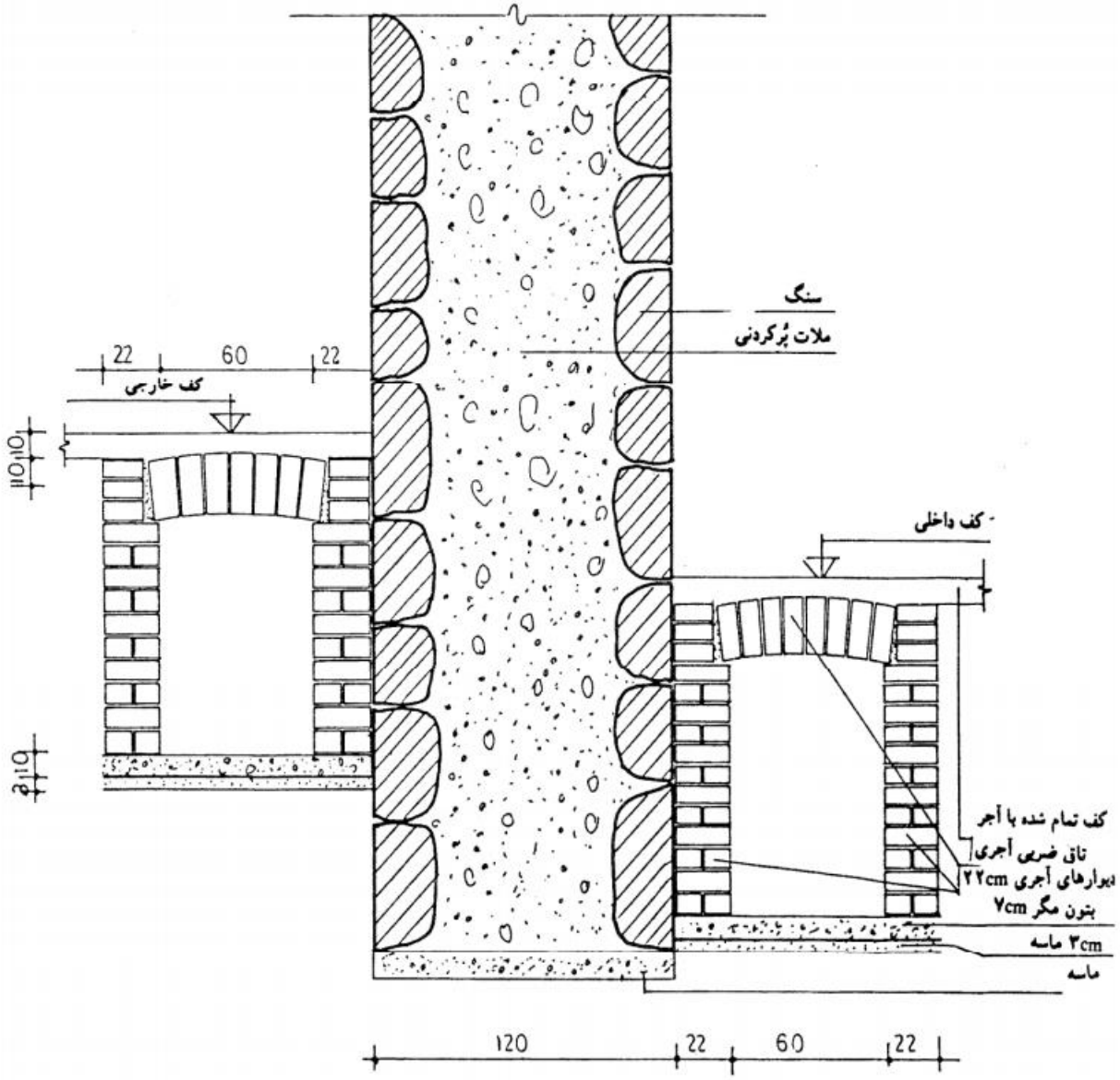


* در صورتی که ضخامت دیوار و یا رطوبت آن زیاد باشد در دو طرف دیوار کانال‌کشی انجام می‌گیرد.
* در زیر بخشهای غیر باربر نظیر در و پنجره‌ها، کانال ارتباطی بین دو کانال ناکش ایجاد می‌شود.

شکل ۸ کانالهای ارتباطی.

تصویر ۱ موزهٔ ملی، کانال کشی به منظور دفع رطوبت.

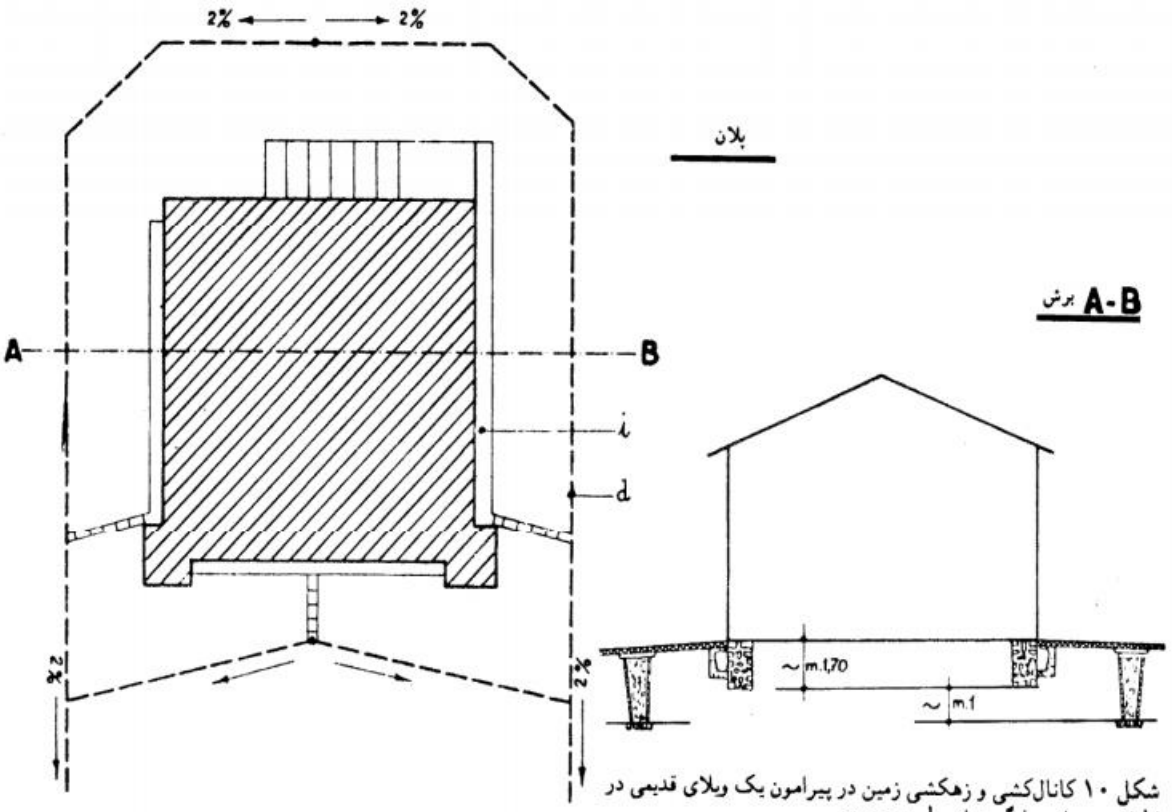
تصویر ۲ موزهٔ ملی، کانال کشی به منظور دفع رطوبت.



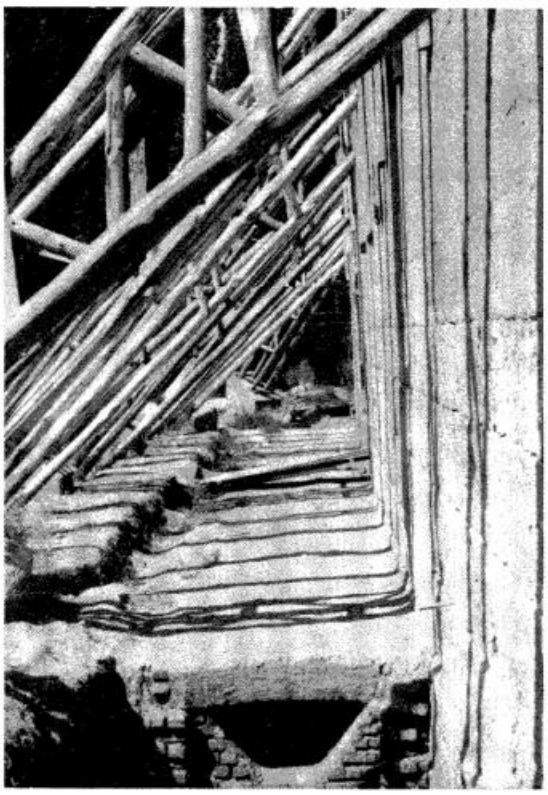
F.F برش

SC 1: 20

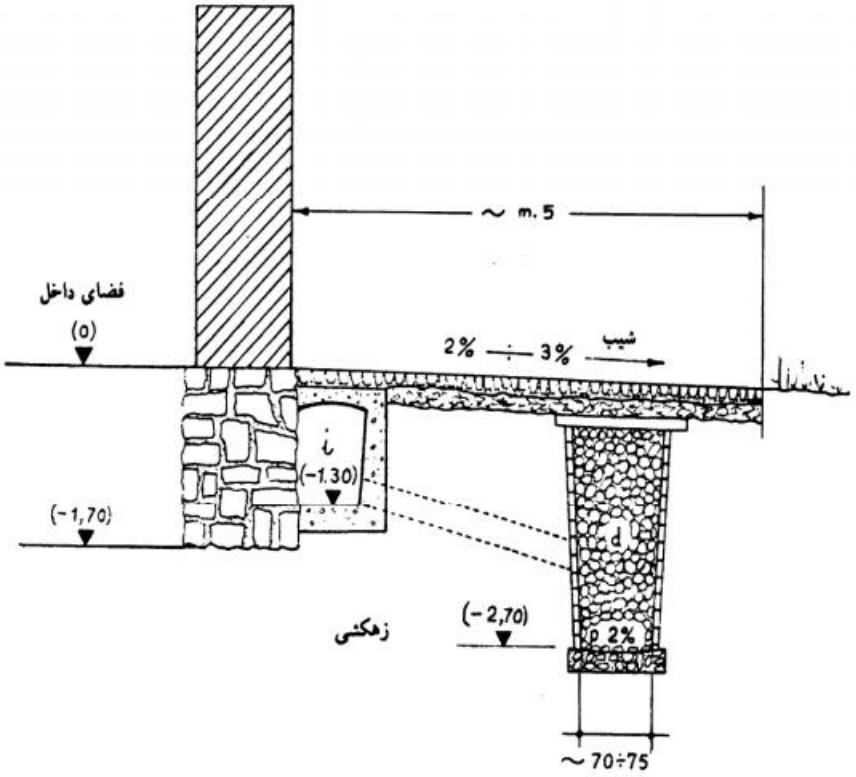
شکل ۹ عملیات رفع خطر، شمع‌بندی و احداث کانال رطوبتی ضمن عملیات پی‌بندی در کلیسای سرکیس.



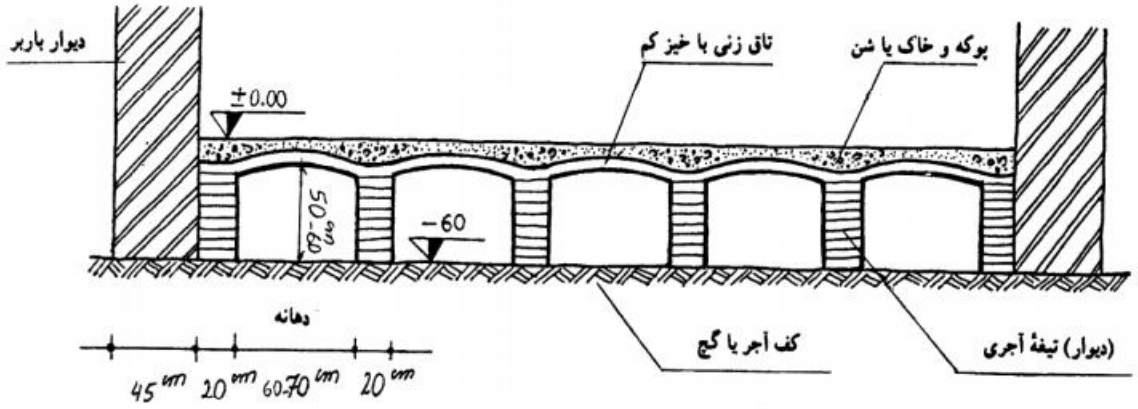
شکل ۱۰ کانال‌کشی و زهکشی زمین در پیرامون یک ویلای قدیمی در اطراف رم برای جلوگیری از رطوبت صعودی.



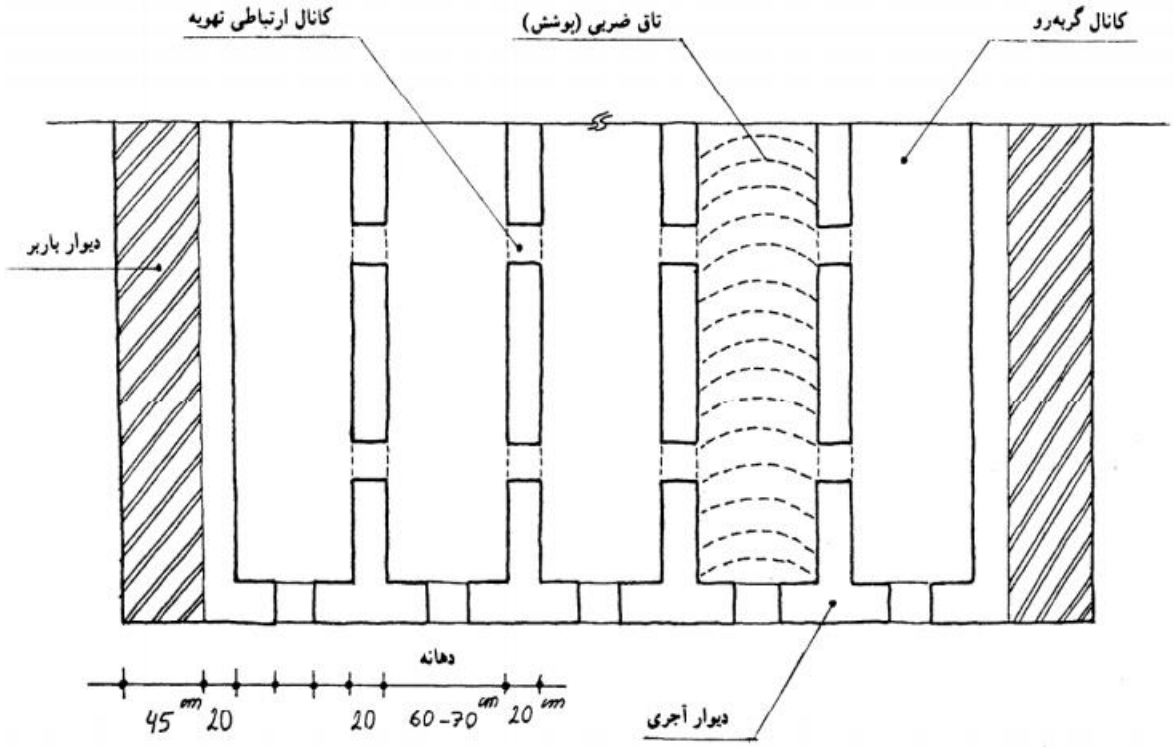
تصویر ۳ خوی ـ کلیسای سرکیس.



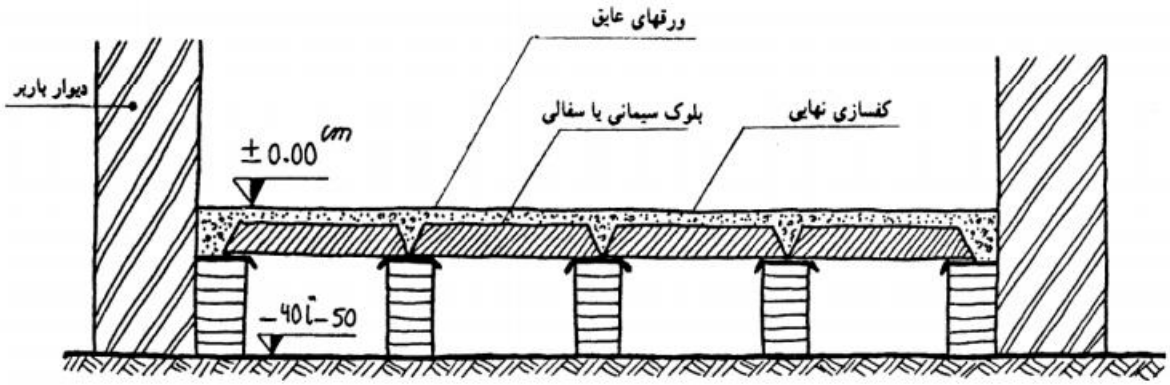
شکل ۱۱ جزئیات اجرای کانال در زمین رُسی.



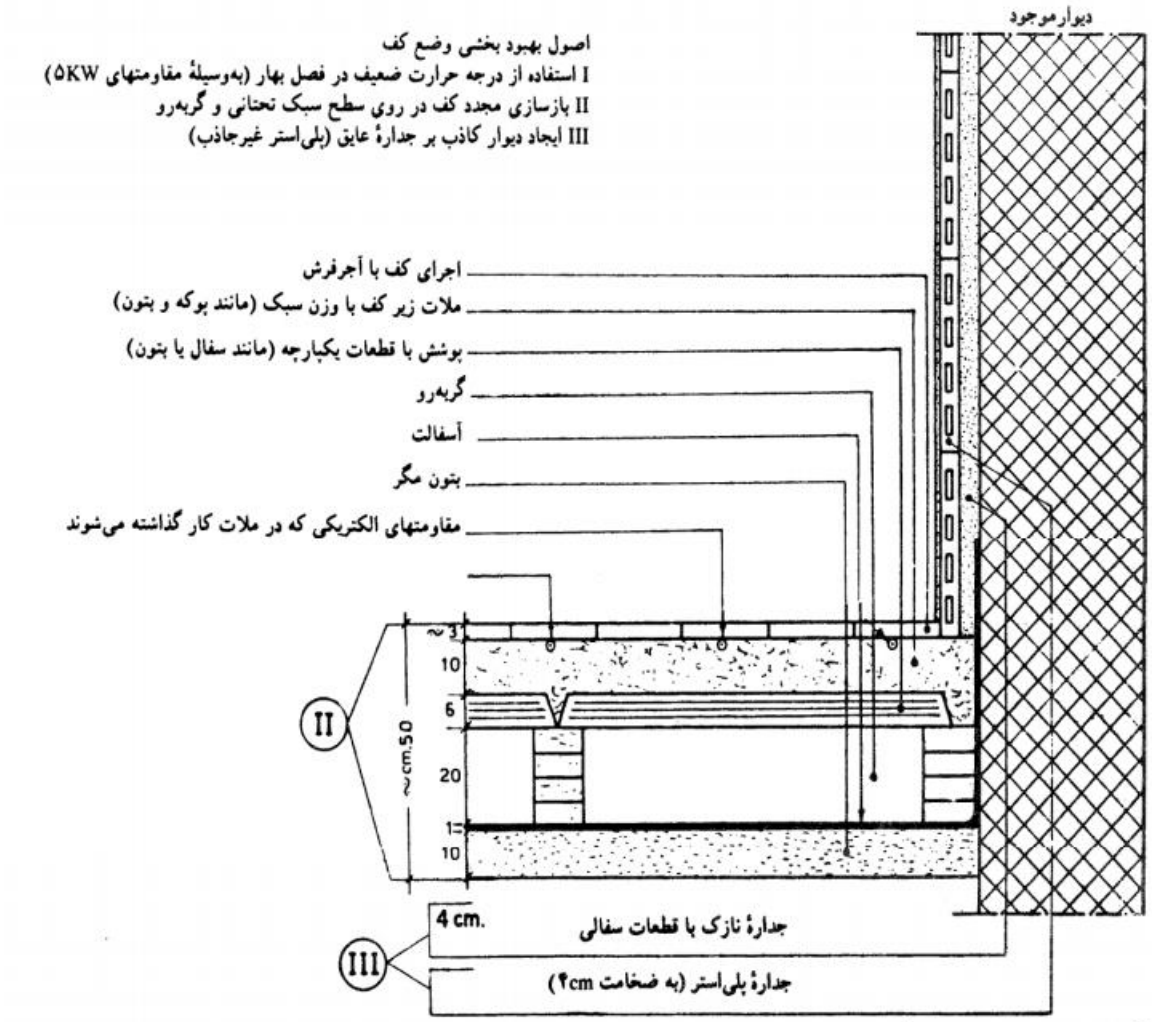
شکل ۱۲ گربه‌رو سنتی ـ برش مقیاس ۱:۴۰.



شکل ۱۳ گربه‌رو سنتی ـ پلان مقیاس ۱:۴۰.



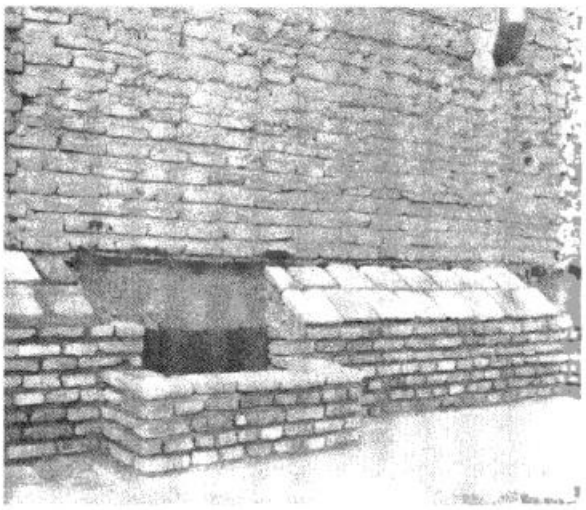
شکل ۱۴ روشی برای ایجاد گربه‌رو ـ برش مقیاس ۱:۴۰.



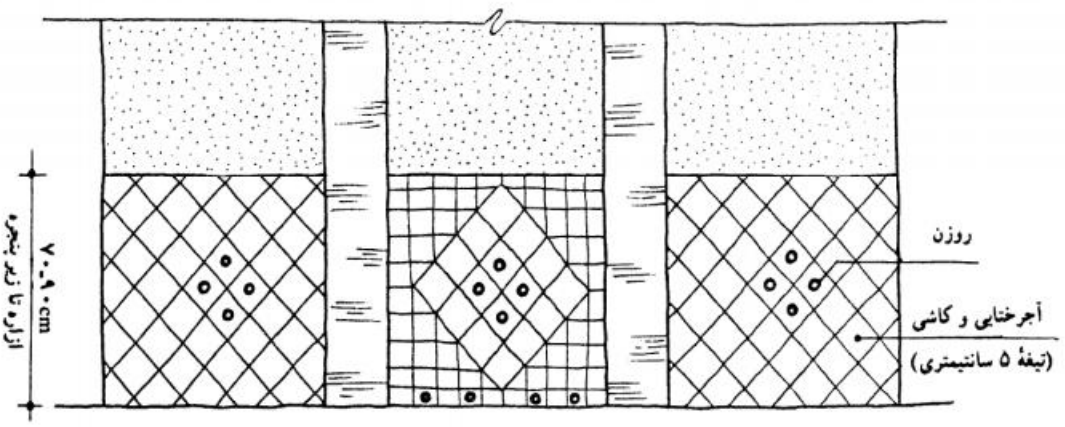
شکل ۱۵ نمونه‌ای از مبارزه با رطوبت در کف که در زیرزمین کلیسای سان کلمبانو در بوبیو اجرا شده است.

۳.۷ دفع رطوبت از دیواره‌های داخلی

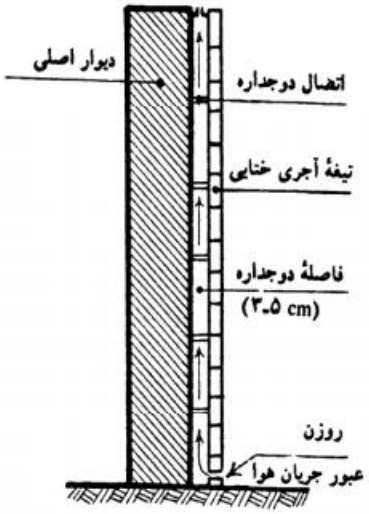
معمولاً در ساختمانهای قدیمی، برای دفع رطوبت از فضاهای داخلی، از سنگ، آجر و یا کاشی به‌عنوان ازاره استفاده می‌شده است. این بخش به ارتفاع ۹۰ و به فاصلهٔ ۳ تا ۵ سانتیمتر از دیوار اصلی کارگذاری می‌شده است. روزنهایی در قسمت پشت این مصالح از پایین و بالای ازاره جریان هوا را برقرار می‌کرده است (شکل ۱۶). این سیستم را در اصطلاح معماری سنتی صندوقه می‌نامیدند (شکل ۱۷). می‌توان از این روش (ایجاد دیوار دوجداره به‌منظور دفع رطوبت از داخل بنا) در دیوارهایی که مرطوب‌اند استفاده کرد. مثال اجرایی آن را می‌توان در بخشی از جدارهٔ ساختمان کاخ گلستان تهران مشاهده کرد.

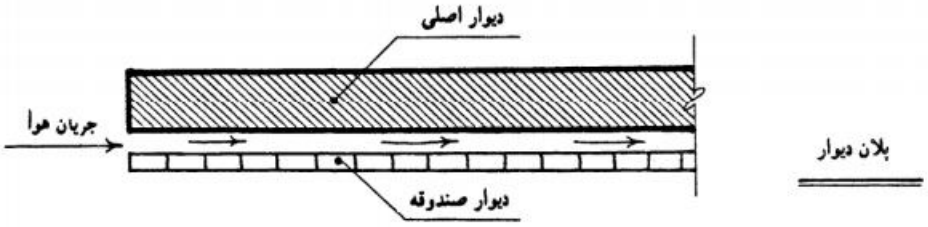


تصویر ۴ مسجدو مدرسهٔ آقا محمود ـ محلهٔ عودلاجان تهران، پس از ایجاد گریه‌رو در کف می‌توان کانال مربوطه را از طریق جرزها به سقف آزاد مرتبط کرد تا عمل تهویه تسهیل شود.



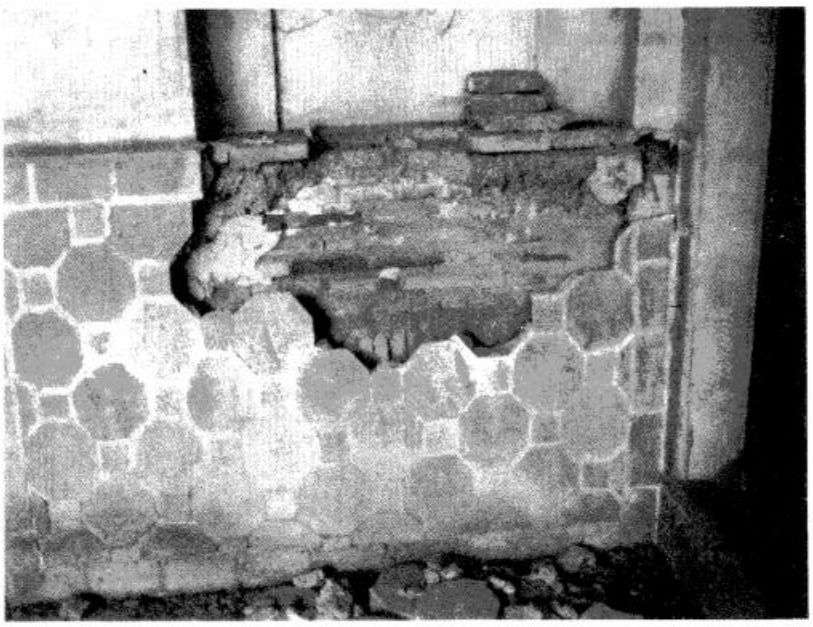
شکل ۱۶ نمای دیوار آجری و گچی به‌صورت صندوقه.





شکل ۱۷ برش دیوار و صندوقه.

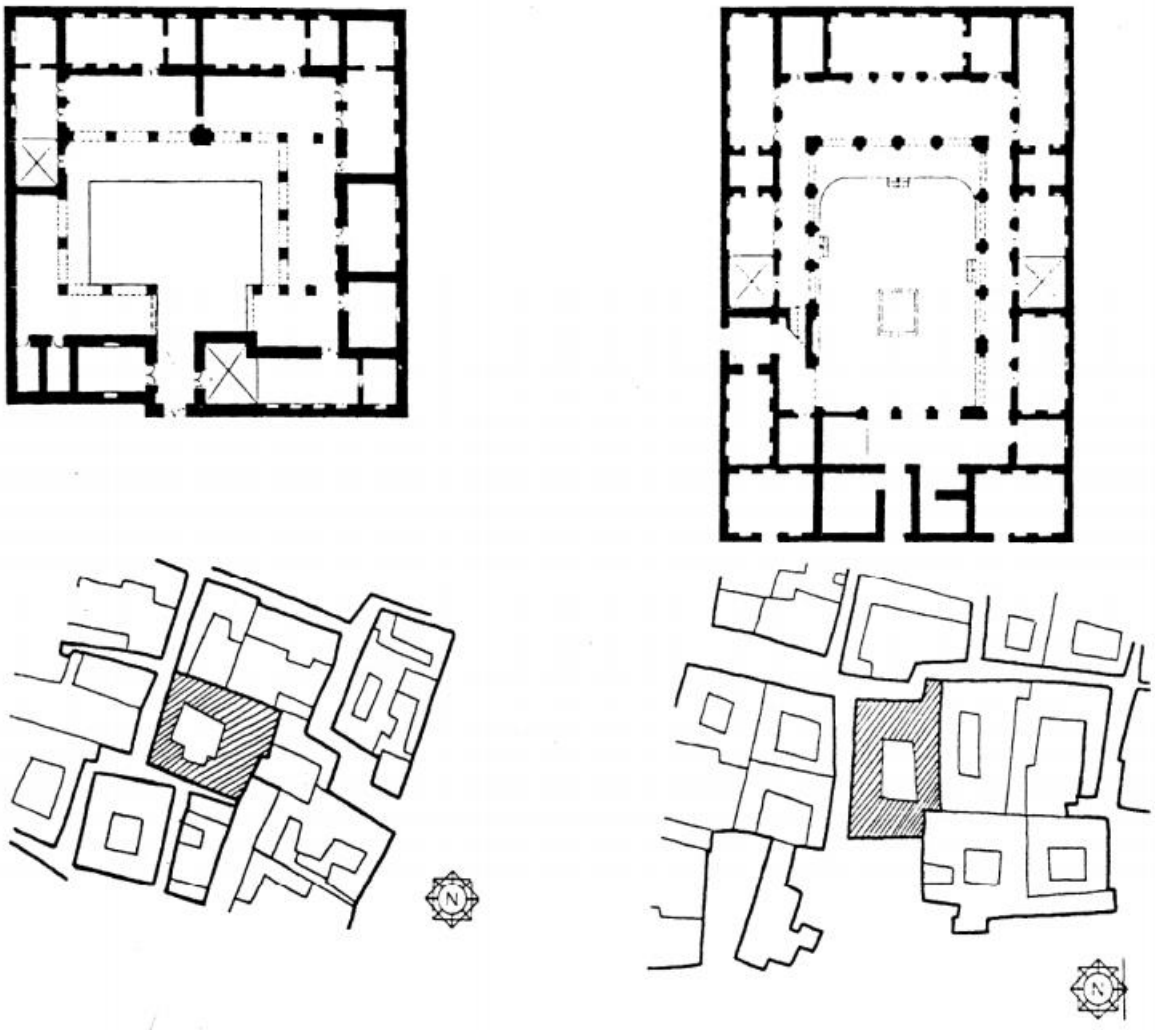
تصویر ۵ کاشان ـ خانهٔ مسکونی عباسی، صندوقه برای تسهیل عمل دفع رطوبت.



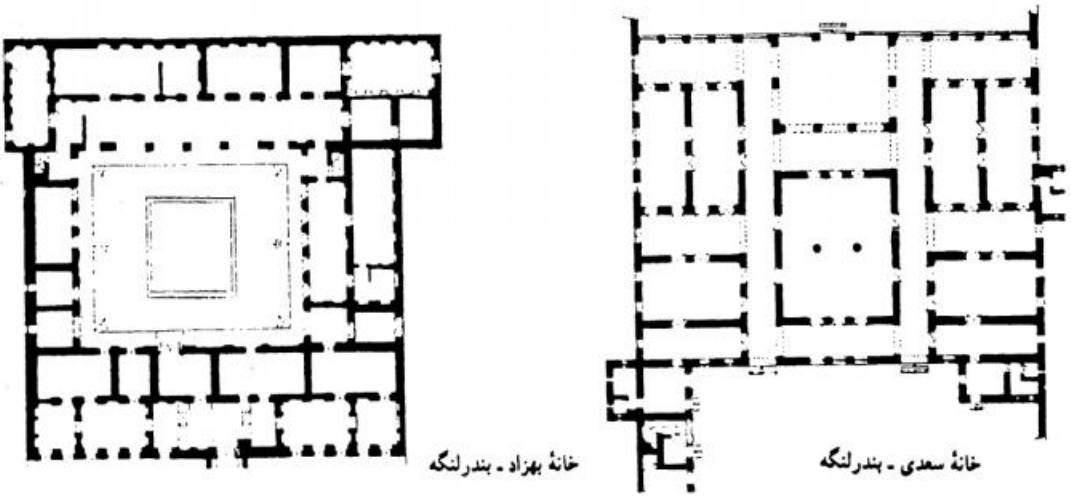
تصویر ۶ کاشان ـ خانهٔ مسکونی عباسی، صندوقه برای تسهیل عمل دفع رطوبت.

۴.۷ دفع رطوبت اشباع شده در فضاهای داخلی بنا

این شرایط، وضعیت نامطلوبی را برای جداره‌ها و کل بنا فراهم می‌کند. به‌منظور دفع این رطوبت، در درجهٔ اول باید از شگردهای موجود در طراحی معماری برای ایجاد حداکثر کوران ـ از قبیل در مقابل هم قرار دادن بازشوها (شکلهای ۱۸ و ۱۹)، استقرار بنا در جهت وزش باد مطلوب، به‌کارگیری بادگیر (شکلهای ۲۰ و ۲۱) و غیره ـ استفاده کرد (مانند خانه‌های قدیمی در بنادر بوشهر، لنگه، کنگ [شکلهای ۲۲ و ۲۳] و غیره). در غیر این‌صورت، برای رفع این مشکل و مطلوب کردن فضای بنا باید از تهویه توسط کانالهای ورود و خروج هوا در داخل فضا استفاده کرد.

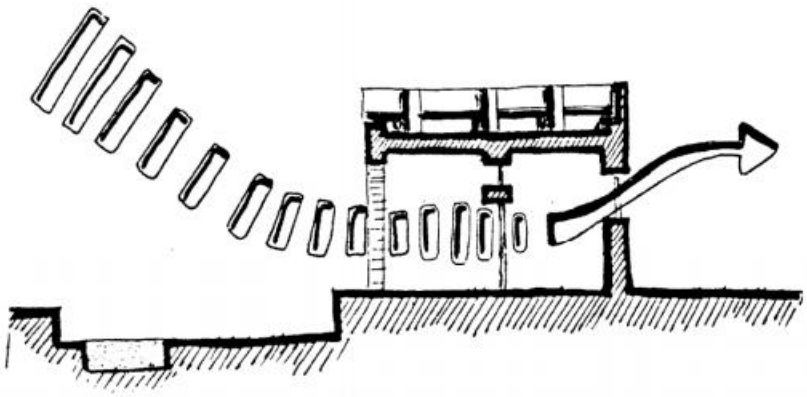


شکل ۱۸ استفاده از بازشوهای مقابل هم برای بهره‌برداری از حداکثر کوران و در نتیجه دفع رطوبت. *

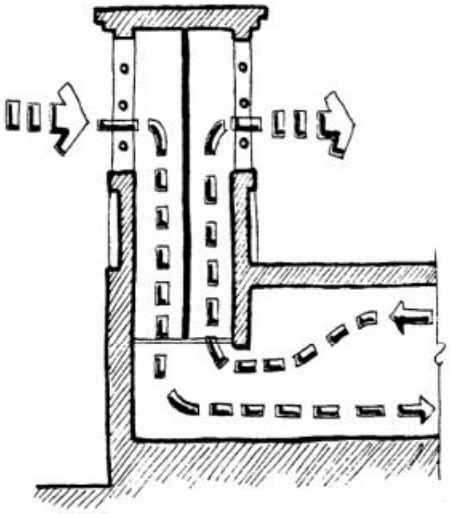


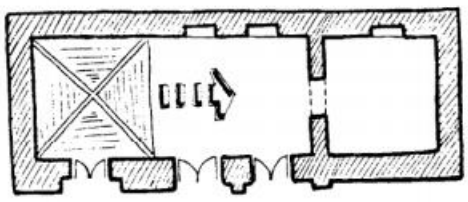
خانهٔ سعدی ـ بندرلنگه

خانهٔ بهزاد ـ بندرلنگه



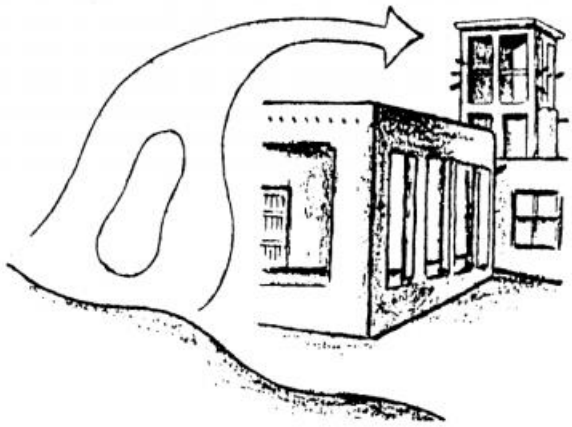
شکل ۱۹ استفاده از بازشوهای مقابل هم در جهت باد غالب به‌منظور برخورداری از حداکثر کوران و تهویه به منظور دفع رطوبت. *



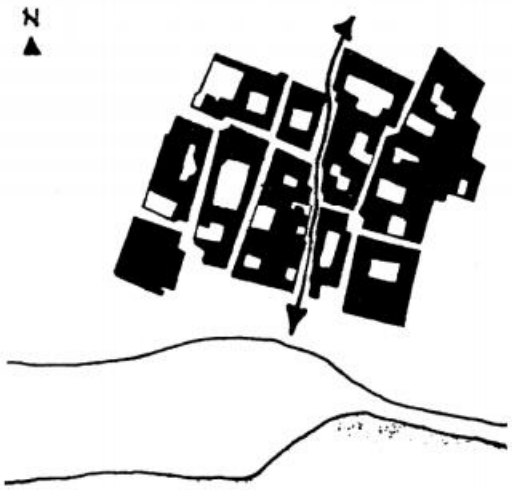


پلان اتاق بادگیر

شکل ۲۰ پلان و برش بادگیر و اتاق بادگیر (دهانهٔ بادگیر به سمت جریان باد غالب). *



شکل ۲۱ دهانهٔ بادگیرها در جهت استفاده از بیشترین میزان وزش باد. *



شکل ۲۲ بخشی از بافت سنتی بندر کنگ در جهت‌گیری به سمت دریا *

«بندر کنگ»

شکل ۲۳ بخشی از بافت سنتی بندر کنگ ـ به منظور استفاده بیشتر از وزش باد، جهت‌گیری عمدهٔ گذرها و همچنین دهانهٔ بادگیرها به سمت دریاست. *

* مأخذ شکلهای ۲۳ـ۱۸: پایان نامهٔ کارشناسی ارشد مهندس آتس‌ـ امیرکبیریان (دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه علم وصنعت ایران)ـ وزارت مسکن و شهرسازی، طرح بهسازی بافت قدیم بنا در کنگ و لنگه.

۵.۷ دفع رطوبت داخل بنا (رطوبت حاصل از تعریق و تعرق)

برای دفع رطوبت داخل بنا از دیوار دوجداره استفاده می‌شود: دیوار حایل متصل به فضای قابل استفاده ساخته می‌شود و بین دیوار اصلی و دیوار حایل تازه احداث شده را خالی می‌گذارند (شکل ۲۴). برای دفع رطوبت حاصل از تعریق (که براثر اختلاف دما بین داخل و خارج به‌وجود می‌آید)، از تهویهٔ فضای کاذب ایجاد شده استفاده می‌شود و هدف از آن همسان کردن دما بر روی دو جدارهٔ دیوار است. برای این منظور ضمن تعبیهٔ روزنه‌ای در دیوار اصلی، روزنه‌هایی در بخش فوقانی و تحتانی جدارهٔ حایل نیز ایجاد می‌کنیم (شکل ۲۵).

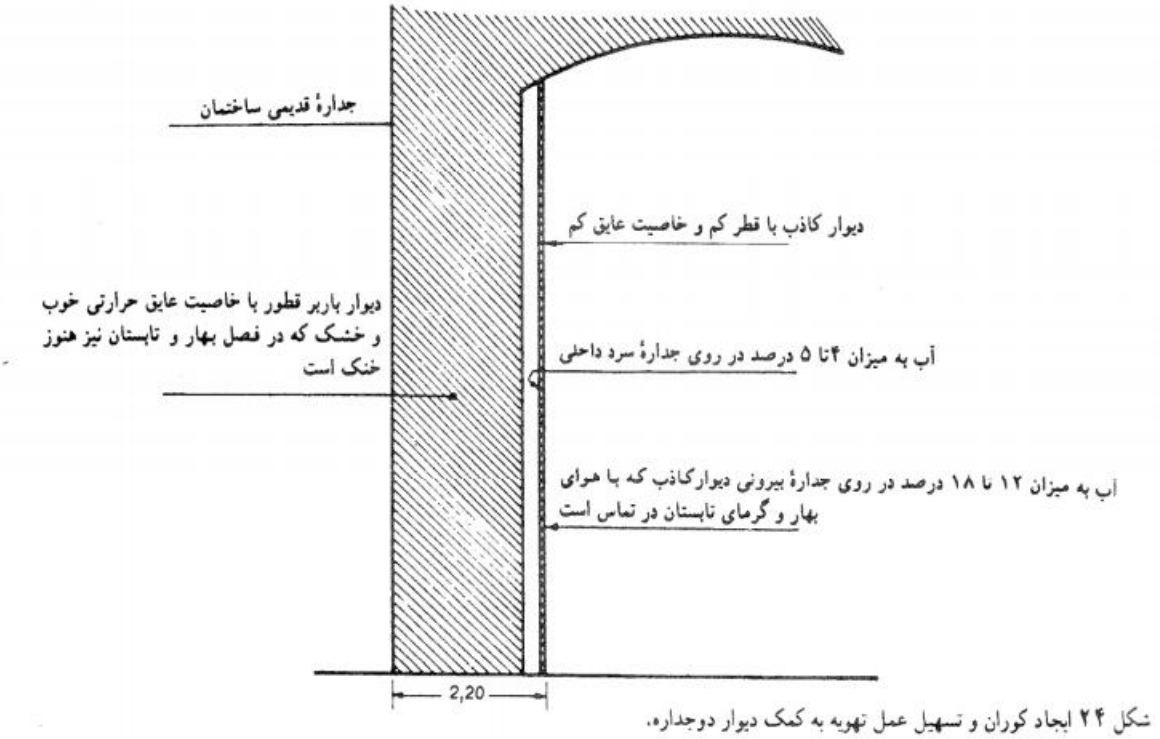
۶.۷ شیوهٔ پیش‌گیری از رطوبت نزولی در سقف بناهای سنتی با پوشش منحنی

بناهای تاریخی و سنتی زیادی با پوشش منحنی در سرزمین ما وجود دارند که عمدتاً نیازمند عایقکاری‌اند، ولی با توجه به شیب زیاد موجود در این پوششها انتخاب روش مناسب برای این عایقکاری مستلزم شناخت کافی از ماهیت این بناهاست. این عایقکاری در گذشته به روش سنتی انجام می‌گرفت که با مصالح اصلی بناها همخوانی داشت.

۱.۶.۷ روش عایقکاری سنتی پوشش منحنی

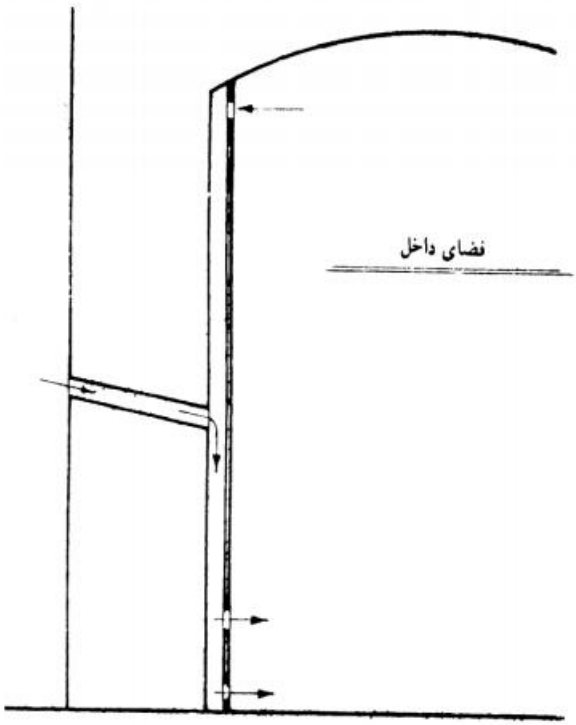
مطلوبیت این روش با توجه به شکل اجرای پوششهای منحنی، در صورتی که همراه با نظارت و مراقبت مستمر باشد، به تجربه ثابت شده است. روش اجرای آن در پوششهای منحنی به شرح زیر است:

پس از اجرای تاق اصلی گنبد، در بخش فوقانی دوغاب تیزگچ در پشت تاق ریخته می‌شود و سپس یک پالانه در روی تاق با استفاده از آجرهای شکسته اجرا می‌شود. این لایهٔ پالانه به منظور یکپارچه کردن و شیب‌بندی درست تاق انجام می‌شود. یک قشر کاهگل به ضخامت حدود پنج سانتیمتر بر روی پالانه و سپس، روی این کاهگل، آجر فرش ختایی با ملات گل اجرا می‌شود. در نهایت یک لایهٔ دوسانتیمتری کاهگلِ نرم کل مجموعهٔ فوق را پوشش می‌دهد (شکلهای ۲۶ و ۲۷).

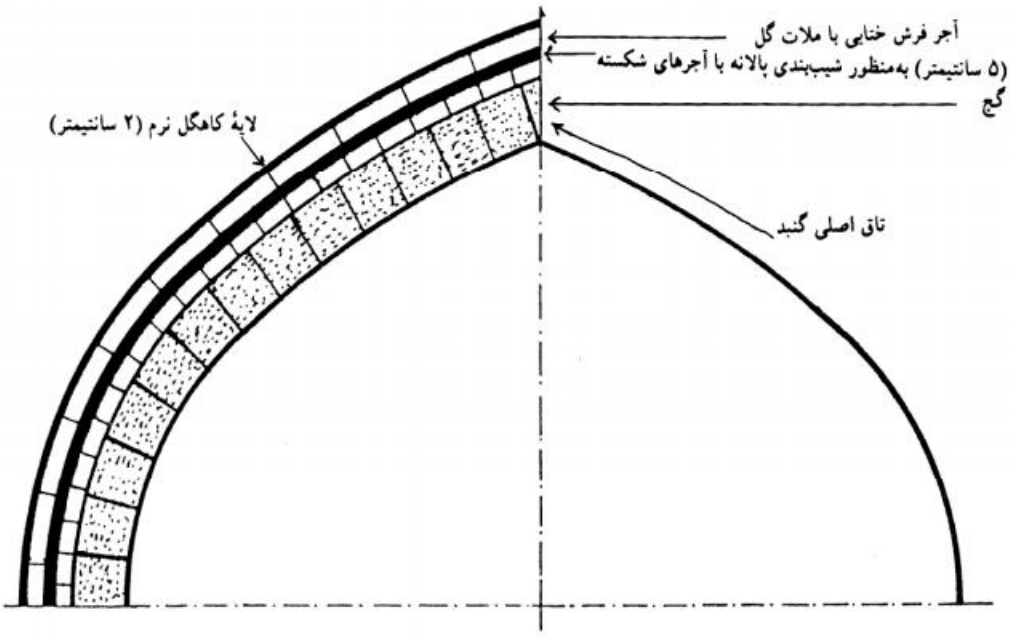


شکل ۲۴ ایجاد کوران و تسهیل عمل تهویه به کمک دیوار دوجداره.

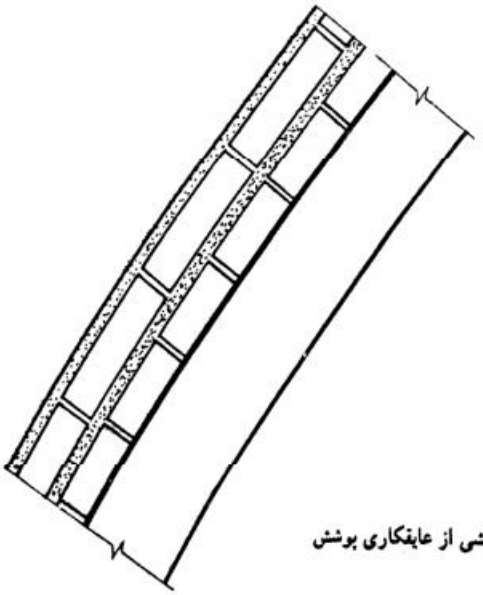
این کاهگل نهایی به‌منظور سیراب کردن آجرها به کار می‌رود. این نوع عایقبندی به‌علت شیب گنبدها تاکنون نتیجهٔ مثبتی داشته است. استفاده از مصالحی از قبیل قیرگونی و انواع لایه‌های عایق متداول، که در سطوح مسطح مورد استفاده واقع می‌شوند، در سطوح منحنی فاقد کارآیی لازم هستند، زیرا در این سطوح گرمای تابستان و تابش خورشید باعث سرازیر شدن و انباشتن قیر در قسمتهای تحتانی گنبد می‌شود و در بخش فوقانی سطوح منحنی، گونی فاقد قیر می‌گردد. طبعاً در چنین شرایطی آب برف و باران از آن بخش امکان نفوذ به پشت عایق را می‌یابد و در قسمتهای پایین‌تر گنبد محبوس می‌گردد و در هوای گرم بخار می‌شود. از آنجایی که بخار حاصله در محفظه‌ای فاقد امکان تنفس و تهویه قرار دارد، به‌داخل تاق نفوذ می‌کند. بدین ترتیب، فضای دم کرده‌ای ایجاد می‌شود که در نهایت شرایط لازم برای پوسیدگی ملات را فراهم می‌آورد. در این شرایط، به‌علت از بین رفتن چسبندگی ملات، بنا در معرض تخریب قرار می‌گیرد.



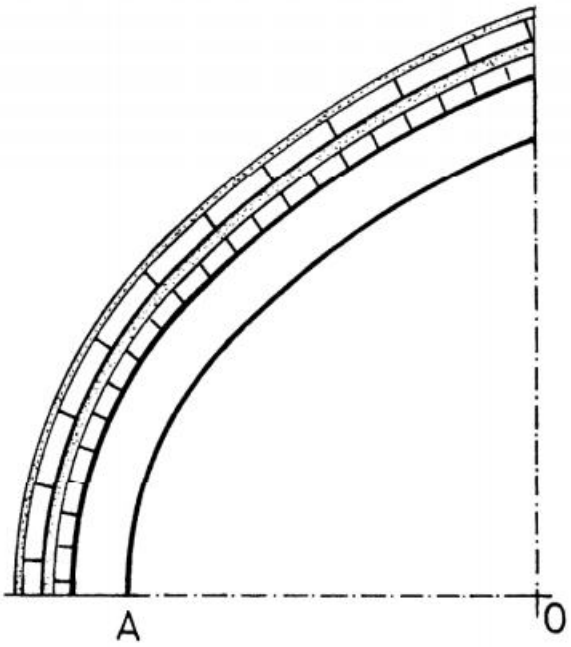
شکل ۲۵ دیوار دو جداره برای دفع رطوبت داخل بنا.



شکل ۲۶ روش عایقکاری سنتی در پوششهای منحنی.



بخشی از عایقکاری پوشش



عایقکاری پوشش

شکل ۲۷ عایقکاری پوشش.

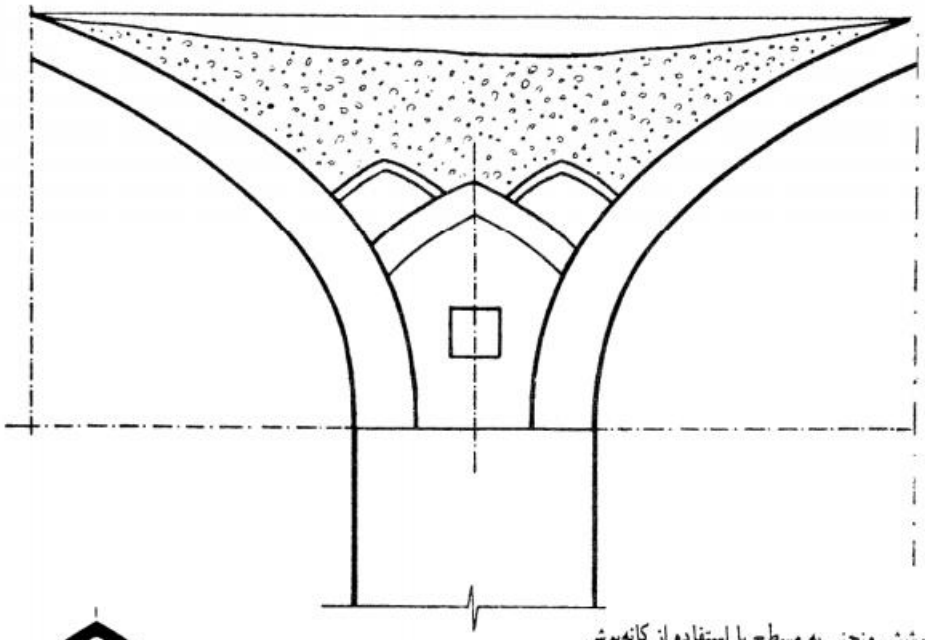
۲.۶.۷ نمونه‌ای از تخریب بنا بر اثر فقدان عایقکاری مناسب پوشش

نمونه‌های زیادی را می‌توان در این مورد ذکر کرد که بارزترین آن تیمچهٔ حاجب‌الدوله در بازار تهران است. در این تیمچه انجام چند لایه قیرگونی در روی تاق اصلی، بدون توجه به طبیعت سنتی بنا باعث تخریب تاق شد. بر اثر گرما و سرازیر شدن قیر، آب در گونی نفوذ کرد و در پاکار تاق جمع شد و در آنجا به علت محبوس بودن و عدم امکان تنفس ملات بین آجرها را پودر کرد و در نهایت باعث نشست تاق تا حدود چند سانتیمتر شد. همین موضوع باعث شکستگی و ریزش تاق مذکور گردید. در نهایت این تاق براساس الگوی قدیمی و با استفاده از مصالح تقویتی جدید مجدداً بازسازی شد. شایان ذکر است که در بناهای سنتی، چنانچه آب برف و باران به‌داخل تاق نفوذ کند، بلافاصله بعد از قطع باران، از همان مسیر نفوذ آب، بر اثر جریان هوا، تنفس و امکان تبخیر فراهم است.

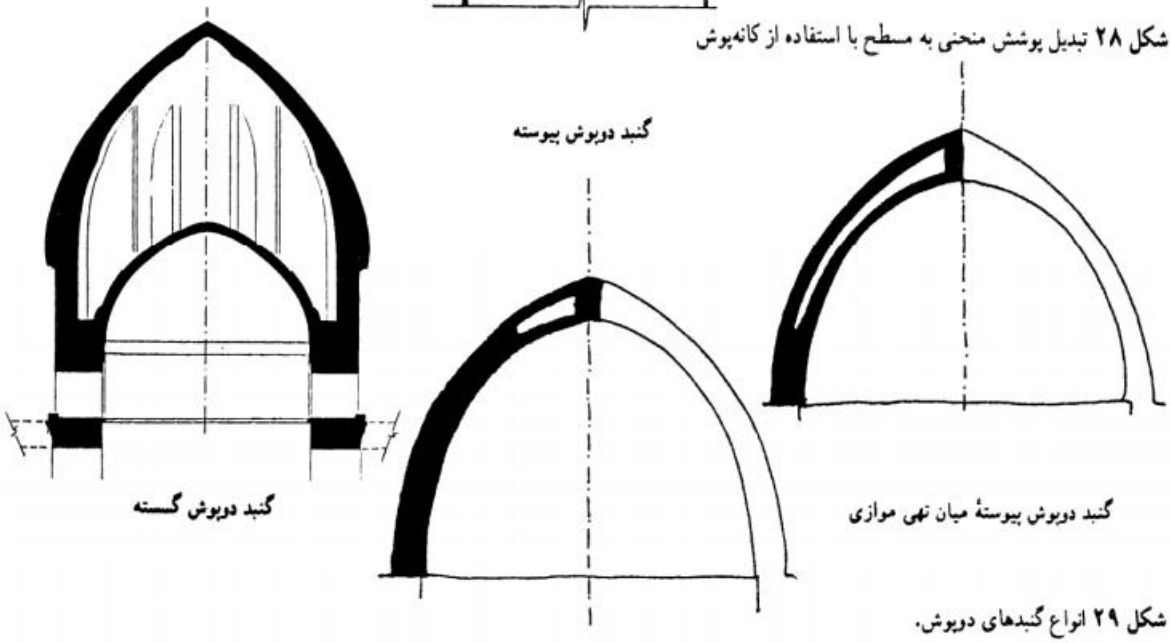
۳.۶.۷ تبدیل پوشش منحنی به مسطح

در بناهای سنتی گاهی پوشش منحنی را به مسطح تبدیل می‌کنند. این کار امکان استفاده از بام را فراهم می‌آورد، و در عین حال پوشش حفاظتی دیگری به‌وجود می‌آورد که امکان تنفس تاق اصلی را فراهم می‌سازد. این عمل با استفاده از کانه‌پوش انجام می‌گیرد (شکل ۲۸).

چنانچه در شکل ۲۸ ملاحظه می‌گردد، از نظر فنی این عمل از رانش تاق اصلی در شکرگاه جلوگیری می‌کند. این محفظه (فاصلهٔ بین کانه‌پوش و تاق) به‌صورت یک سقف کاذب عمل می‌کند و جریان هوا در این کانال، تهویهٔ خوبی برای پوشش محسوب می‌شود. سقف نهایی مسطح شده را می‌توان با قیرگونی یا مصالح جدید عایق کرد. تجربهٔ بناهای سنتی و پوششهای منحنی نشان داده است که انجام تزئینات از قبیل نقاشی، کاربندی، کاشیکاری و گچبری در زیر تاق اصلی ممکن نیست، زیرا عوامل زیر موجب تهدید آن تزئینات می‌شوند: ۱. احتمال رطوبت، ۲. تغییرات جوی مانند گرما



شکل ۲۸ تبدیل پوشش منحنی به مسطح با استفاده از کانه‌پوش



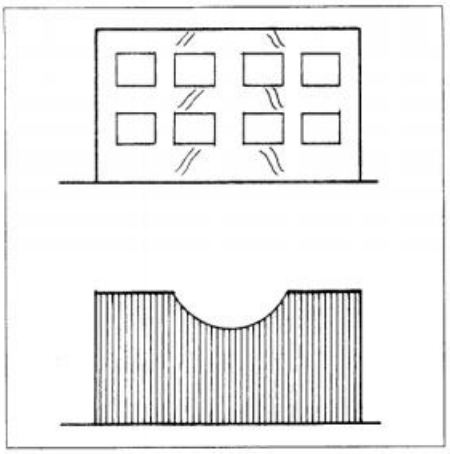
شکل ۲۹ انواع گنبدهای دوپوش.

وسرما، ۳. لرزشهای حاصل از ضربه یا صوت.

۴.۶.۷ گنبدهای دوپوش

در همهٔ انواع گنبدهای دوپوش، گنبد فوقانی نقش یک سقف حفاظتی را ایفا می‌کند و پوشش زیری را در مقابل گرما، سرما، رطوبت و لرزش محفوظ نگه می‌دارد (شکل ۲۹). از طرفی گنبدهای دوپوش به لحاظ فنی مانند خرپا عمل می‌کنند و از نظر ایستایی در خنثی کردن رانشها به همدیگر کمک می‌کنند.

باید تأکید کرد که نفوذ رطوبت در بنای تاریخی، چنانچه به مانعی در تبخیر و تنفس برخورد کند، به عامل مخل تبدیل می‌شود. لذا مصالحی از قبیل قیرگونی، رنگ روغن و اندود سیمان چنانچه بدون مطالعه در این بناها به کار روند، مانع تبخیر این رطوبت از پیها، دیوارها یا سقف بنا می‌شوند و زمینه را برای بروز عارضه و ضایعه مساعد می‌کنند. پس باید به طبیعت بنای قدیمی توجه داشت و ضمن آشنایی با ماهیت آن، شیوهٔ مناسب را برای مرمت و یا مداخلات دیگر برگزید تا مداخلهٔ نابجا باعث بروز ضعف در مقاومت مصالح موجود بناهای سنتی نشود.



درس هشتم

انواع ترکها و نشستها در ابنیه

■

ترکها معمولاً بر اثر عوامل متعددی ایجاد می‌شوند که اینک به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

۱. ترک ناشی از نشست طبیعی ساختمان در زمین
۲. ترک براثر نشست زمین در زیر پی‌های ساختمان
۳. ترک ناشی از خشک شدن لایه‌های ساختمان در زمان ساخت بنا و عوامل جوی در طول زمان
۴. ترک ناشی از جابه‌جایی ناگهانی لایه‌های زمین بر اثر عواملی مانند زمین‌لرزه و بادهای شدید
۵. ترک براثر کاهش یا افزایش بار وارد بر پی‌ها
۶. ترک بر اثر وارد آمدن نیروهای رانشی به بنا
۷. ترک ناشی از لرزشهای پیرامون بنا بر اثر عواملی مانند ترافیک، انفجار، حفاری و غیره
۸. ترک بر اثر احداث ساختمان بر روی بقایای بناهای سابق
۹. ترک بر اثر تغییر فشار آبهای زیرزمینی و تغییر میزان رطوبت در بخش زیر پی‌ها
۱۰. ترک براثر تعبیه و فعالیت تأسیسات مدرن در داخل ساختمان قدیمی
۱۱. ترک ناشی از کاهش تدریجی مقاومت و چسبندگی مصالح و ملاتها به علت فرسودگی در طول زمان
۱۲. ترک بر اثر ساخت و ساز جدید (الحاق) بدون توجه به پیوستگی و همبستگی سازه‌ای ساختمانهای قدیمی

۱.۸ ترک ناشی از نشست طبیعی ساختمان در زمین

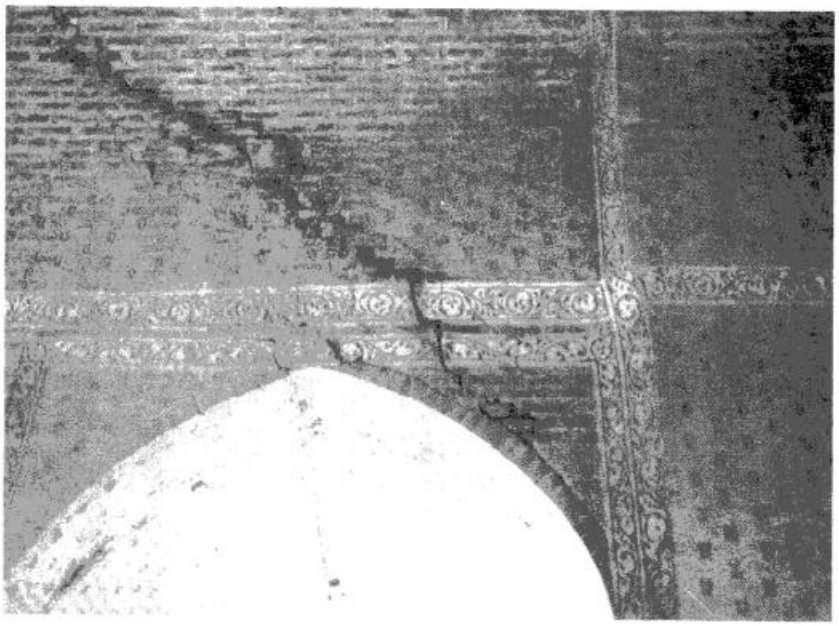
در ابنیهٔ تاریخی و قدیمی، ساخت و ساز فشاری بر قشرها و لایه‌های زمین تحمیل کرده و این عمل تا زمانی ادامه یافته است که تعادلی نسبی بین بار وارده و عکس‌العمل و مقاومت زمین برقرار شده است. با توجه به اینکه دستاوردهای چشمگیر احداث پی در زمان حاضر در گذشته وجود نداشته است، برای تعدیل نشستهای احتمالی آتی و همچنین پیشگیری از تأثیرات منفی آن در کل ساختمان، اجباراً بنا را در مقاطع زمانی مختلف اجرا می‌کردند.

۲.۸ ترک براثر نشست زمین در زیر پی‌های ساختمان

تغییرات حاصل بر اثر فشار آبهای زیرزمینی، که برای مصارف روزانه و صنعتی مورد استفاده واقع می‌شود، یا در مواقعی به‌وجود آمدن رطوبت در زیر پی‌ها (رسیدن‌رطوبت به رس زیر پی و عواقب طبیعی حاصل از آن) موجب ایجاد ترک در بنا می‌شود.

۳.۸ ترک ناشی از خشک شدن لایه‌های ساختمان در زمان ساخت بنا و عوامل جوی در طول زمان

در زمان احداث هربنا رطوبتی طبیعی در ملات و سایر مصالح ساختمان وجود دارد. این رطوبت به مرور زمان از بین می‌رود و موجب ایجاد ترک در بنا می‌شود. از طرف دیگر، بر اثر تغییر عوامل جوی (در فصول مختلف) و تغییرات جوی در گذر زمان (افزایش یا کاهش میزان رطوبت) نیز ترک پدیدار می‌شود. چنانچه می‌دانیم، افزایش دما در فصول گرم (انبساط) و تقلیل دما در فصول سرد (انقباض) موجب تغییرات مدامی است که در زمینه‌سازی و تشدید بروز ترکهای ناشی از عوامل دیگر تأثیر مستقیم دارد و یا خود باعث ایجاد ترک می‌شود.

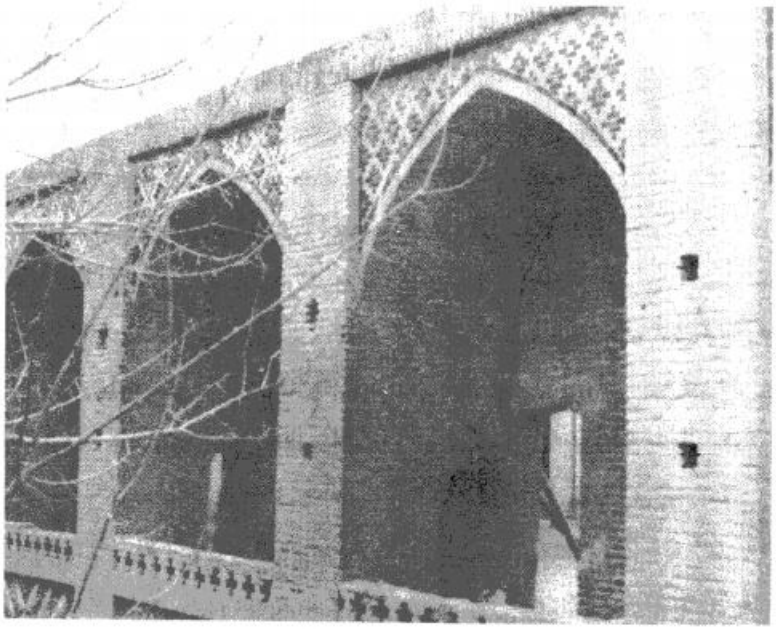


تصویر ۱ ورامین ـ مسجد جامع، ترک براثر نشست پی در شبستان مسجد.

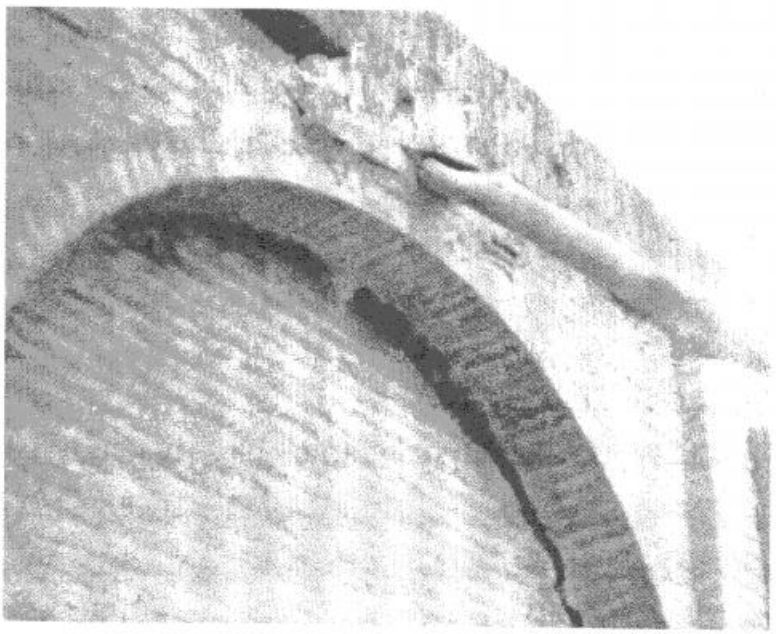
تصویر ۲ ارومیه ـ مسجدجامع، ترک ناشی‌از زمین‌لرزه در زیرگنبد.

۴.۸ ترک ناشی از جابه‌جایی ناگهانی لایه‌های زمین

جابه‌جایی لایه‌های‌زمین براثر عوامل سریعی مانند زمین‌لرزه و بادهای شدید موجب ایجاد ترکهای قابل توجه در بناهای قدیمی می‌شود که گاه نیز به انفصال دوجداره می‌انجامد.



تصویر ۳ ماهان کرمان ــ مقبرهٔ شاه نعمت‌الله ولی، شاه‌نشین صحن محمدشاهی: انفصال دوجداره براثر نیروهای وارد ناشی از زلزله.



تصویر ۴ مقبرهٔ شاه نعمت‌الله ولی، پیش از یافتن علت اصلی آسیب، با استفاده از شمع‌بندی، عمل رفع خطر انجام می‌گیرد.

۵.۸ ترک براثر کاهش یاافزایش بار وارد بر پی‌ها

در ابنیهٔ قدیمی فشاری عمل کردن بیشتر اجزاء و عناصر باربر ساختمان تعادلی را در بارگذاری ایجاد می‌کند. این تعادل تمام نیروهای رانشی و فشاری را خنثی و بار ساختمان را به صورت صحیح از مرکز ثقل پایه‌ها و دیواره‌ها به زمین منتقل می‌کند. هرگونه تغییر در بارگذاری (کم یا زیاد کردن) در این تعادل اختلال ایجاد می‌کند و در نتیجه ساختمان دچار ضایعات و ترکهای شدید می‌شود.

برای مثال، اگر نیروی فشاریِ بار قائم گلدسته‌ها از کناره‌های ایوانها حذف شود (بر اثر تخریب گلدسته یا مناره‌ها)، نیروهای رانشی تاقهای ایوان در پایه‌های جانبی باربر زنده می‌شود و موجب رانش پایه‌ها می‌گردد، مانند سردر ورودی مسجد جامع ورامین.

مثال دیگر را می‌توان در ساختمان کاخ مرمر تهران جستجو کرد که به‌دلیل انتقال باراضافی سقف حفاظتی بر روی دیواره‌های جانبی، فشار زیادی در این دیواره‌ها ایجاد و موجب بروز ترک و خرد شدن لبه‌های سنگ مرمر شده است. نتیجه می‌گیریم که در بناهای قدیمی تغییراتی از قبیل افزودن و یا کم کردن حجمی از بنا باید با مطالعات قبلی و پیش‌بینی‌ها و محاسبات دقیق فنی همراه باشد تا به‌تنشهای بعدی دامن نزند.

۶.۸ ترک بر اثر وارد آمدن نیروهای رانشی به بنا

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، اجزاء بنای قدیمی اکثراً به‌صورت فشاری عمل می‌کنند و تمام نیروهای رانشی توسط نیروهای فشاری خنثی شده به زمین انتقال می‌یابد. چنانچه نیرویی بدون درنظر گرفتن تعادل بنا از جهات مختلف به آن وارد گردد، خود به‌خود تعادل موجود را در ساختمان برهم می‌ریزد و درنتیجه ترکها و جابه‌جایی‌ها ظاهر می‌گردند.

۷.۸ ترک ناشی از لرزشهای پیرامون بنا بر اثر عواملی مانند ترافیک، انفجار، حفاری و غیره

ابنیهٔ قدیمی با توجه به زمان ساخت، در بستر طبیعی زمان و مکان خود به زندگی ادامه می‌دهند و هر عامل خارجی مانند احداث خیابانها و در نتیجه ایجاد ترافیک سنگین همراه با صدا و لرزش، همچنین سایر عوامل نظیر احداث کارخانه‌ها و کارگاهها، انفجارها و عملیات حفاری، در تعادل طبیعی بنا که اجزاء آن به‌صورت فشاری عمل می‌کنند اختلال ایجاد می‌کنند. باید در اطراف ابنیهٔ تاریخی و قدیمی حریمهایی تعیین کرد تا از صدمات احتمالی فوق به بناهای ارزشمند جلوگیری شود.

۸.۸ ترک بر اثر احداث ساختمان بر روی بقایای بناهای سابق

ازآنجایی که پی‌های سازه‌های‌قدیمی، براثر گذشت زمان و فرسایش تدریجی مصالح، مقاومت خود را از دست داده‌اند، تحمل بار ساختمان جدید را ندارند و بارگذاری بلافاصله سبب خرد شدن لایه‌های پی و در نتیجه موجب ناپایداری و ظهور ترک در ساختمان جدید خواهد شد.

۹.۸ ترک بر اثر تغییر فشار آبهای زیرزمینی و تغییر میزان رطوبت در بخش زیر پی‌ها

چنانچه روشن است، بناهای قدیمی در طول سالیان متمادی خود را با طبیعت مکان و فشارهای موجود در قشرهای زیرین پی هماهنگ کرده و به تعادل رسیده‌اند. هرگونه تغییر در این نظام تعادلی دوجانبه (کاهش فشار آب یا افزایش آن) موجب بروز اختلالاتی در پی‌ها و در نتیجه کل ساختمان می‌شود که به‌صورت نشست و ایجاد ترک در ساختمان بروز می‌کند. بنابراین، کنترل و ثابت نگه‌داشتن آبهای زیرزمینی تا حد امکان برای حفاظت بنای تاریخی ضروری است.

۱۰.۸ ترک بر اثر تعبیه و فعالیت تأسیسات مدرن در داخل ساختمان قدیمی

در بناهای قدیمی تأسیسات در خارج از بنا احداث می‌شد و لوله‌کشی برای سرویسها و تأسیسات گرمایشی و سرمایشی در داخل ساختمان وجود نداشت. اما اکنون به‌منظور احیای ابنیهٔ قدیمی این تأسیسات اجباراً به داخل بنا منتقل می‌شوند. در بیشتر این ابنیه، به‌علت اجرای نادرست این تأسیسات و در نتیجه نشت آب ازلوله‌ها ونفوذ آن به‌زیر پی‌ها، نشست و ترک رخ می‌دهد. برای مثال، یکی‌از پایه‌های رواق گونه مدرسهٔ شهید مطهری، که اخیراً به آشپزخانه تغییر کاربری یافته است، بر اثر نفوذ فاضلاب آشپزخانه کاملاً نشست کرده تا اندازه‌ای که در خطر فرو ریختن قرار گرفته است. همچنین، انتقال سرویس بهداشتی به داخل بنای کوشک در باغ هرندی کرمان (که اخیراً به موزه تغییر عملکرد یافته است)، موجب ایجاد رطوبت در بنا شد.

پس باید توجه داشت که مداخله در بنای قدیمی و احداث تأسیسات جدید، مشروط به رعایت اصولی خاص در طراحی با نگرشی ویژه به طبیعت بنای قدیمی است. مثلاً اگر بتوان کانالهایی را در داخل ساختمان پیش‌بینی کرد و عایقکاری و زهکشی لازم را در این کانالها انجام داد، می‌توان کلیهٔ لوله‌های تأسیساتی را در آنها کار گذاشت تا بتوان ضمن کنترل و تعویض اجزاء فرسوده، مانع از عوارض ناشی از نشت آب و غیره شد و نفوذ اتفاقی آب به آن را به چاههای فاضلاب هدایت کرد.

۱۱.۸ ترک ناشی از کاهش تدریجی مقاومت و چسبندگی مصالح و ملاتها به‌علت فرسودگی در طول زمان

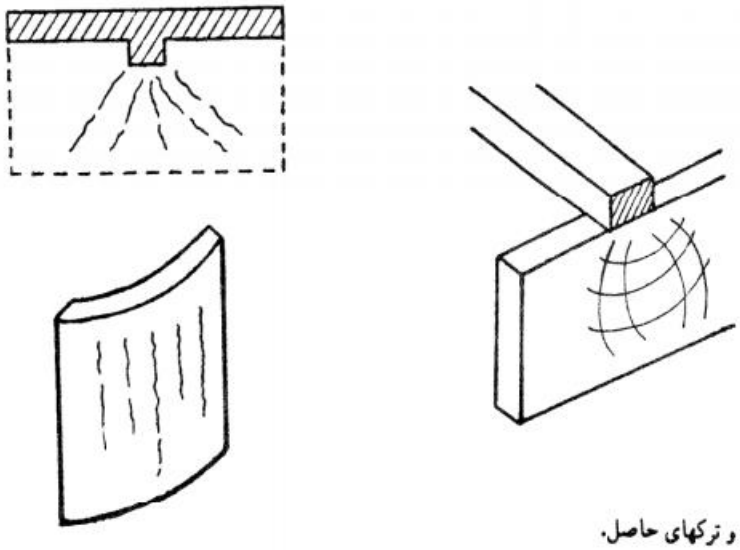
فرسودگی و کهولت ابنیه همراه با عوامل جوی، تأثیرات مستقیم و عوارض منفی برای ساختمانها در پی دارد. میزان تأثیر عوامل جوی از قبیل تغییرات دما و رطوبت بستگی به نوع مصالح مورد استفاده در بنا دارد. اجتماع این دو عامل، مقاومت بنا را در برابر نیروهای وارده تقلیل می‌دهد و بروز ترک یکی از عوارض آن است. بنای قدیمی باید به‌طور مداوم مورد مراقبت قرار گیرد، به‌خصوص پوششهای بنا که مستقیماً در معرض عوامل جوی قرار دارند. برای مثال، سقفی که تزئینات گچی و غیره دارد، با ملات به توفال متصل است و این ملات تمامی بار سقف تزئین شده را به‌صورت معلق نگه می‌دارد. بر اثر اضمحلال این ملات، چسبندگی بین سقف و توفال از بین می‌رود و ضمن بروز ترک و تغییر شکل، سقف ریزش می‌کند.

۱۲.۸ ترک بر اثر ساخت و ساز جدید (الحاق) بدون توجه به پیوستگی و همبستگی سازه‌ای ساختمانهای قدیمی

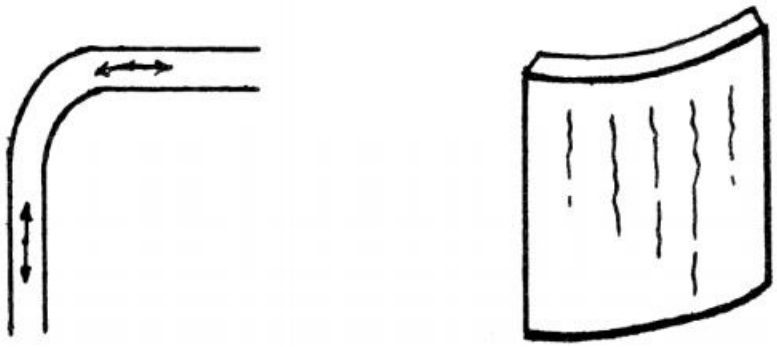
با توجه به اینکه بناهای قدیمی دارای انسجام سازه‌ای و همچنین همبستگی در ترکیب و ساختار خود هستند، هرنوع دخل و تصرف در بنا که بی‌توجه به این اصول سازه‌ای و ترکیبی و بدون مطالعه انجام گیرد، مسلماً ضایعاتی را ایجاد می‌کند که یکی از آنها ایجاد ترک و جابه‌جایی در اسکلت بناست.

۱۳.۸ فشارهای وارده و ترکها

در شکل ۱، ترکهایی که به‌صورت عمود بر صفحهٔ دیوار مشاهده می‌شوند معمولاً معلول فشارهای وارده یا فشار حاصل از تاقیها و یا فشارهای حاصل از فعل و انفعالات خود زمین‌اند. اگر پی مستعد نشست باشد، این فشارها ممکن است باعث چرخش شوند. از طرفی، حتی امکان دارد ترکهای افقی نیز بر اثر این فشارها ایجاد شوند و این درست زمانی اتفاق می‌افتد که دیوار بر اثر استقامت زمین از دو جانب شکم داده و باعث فلج شدن آن بخش خاص و آن برش از دیوار شده باشد.



شکل ۱ فشارهای وارده و ترکهای حاصل.



شکل ۲ ترک در دیوارهای منحنی.

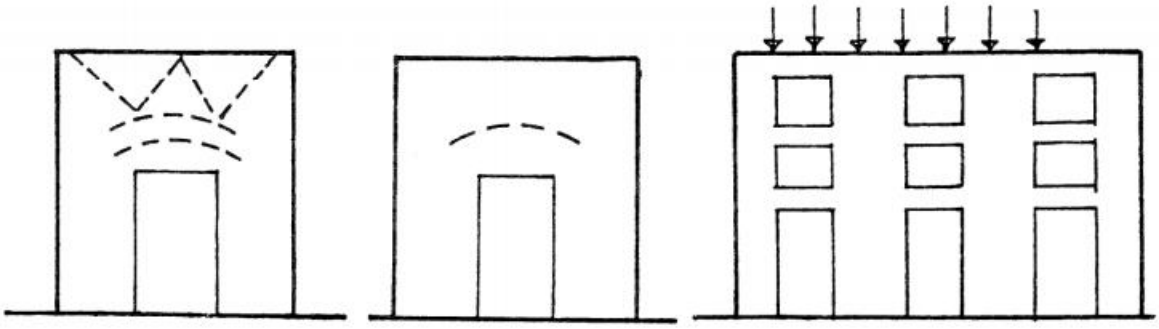
در دیوارهای پشتیبان (پشتبندها)، معمولاً در بخش پُرِ دیوار ترکهای افقی وجود دارند ولی قابل رؤیت نیستند. اگر تغییر فشارهای وارده در طول دیواری همگن نباشند، در نوع انحراف طولی تغییر پدید می‌آید و در نتیجه ترکهای عمودی به‌وجود می‌آیند. نیروها و فشارهای متمرکز، که بر اثر وجود تیرهای سقف حاصل می‌شوند، ممکن است یکی از عوامل ایجاد ترکهای مایل و گاه متمایل به قائم شوند. هرگاه نیروهای متمرکز با مقاومت قابل توجه زمین مواجه شوند، شاهد بروز ترکهای افقی نیز خواهیم بود.

۱.۱۳.۸ ترک در دیوارهای منحنی

در این نوع دیوارها ترکها خیلی بیشتر از دیوارهای صاف هستند زیرا فشارهای عمودی در جداره با تنشهای کششی همراه‌اند (شکل ۲).

۲.۱۳.۸ ترک در نقاط اتصال دیوارها

نقاط اتصال دیوارها در کنج به‌صورت L یا T و . . . به‌صورت فاحشی تحت تأثیر نیروهای متمرکز قرار می‌گیرند. اگر اتصال به‌خوبی انجام نشده باشد، امکان ایجاد ترک و انفصال



شکل ۳ روند ایزواستاتیکی در دیواری با بازشوهای زیاد.

شکل ۴ موقعیت ترک در بالای یکی از سردرها در دیواری با مقاومت کم.

شکل ۵ موقعیت ترک در بالای یکی از سردرها در دیواری با مقاومت بالا.

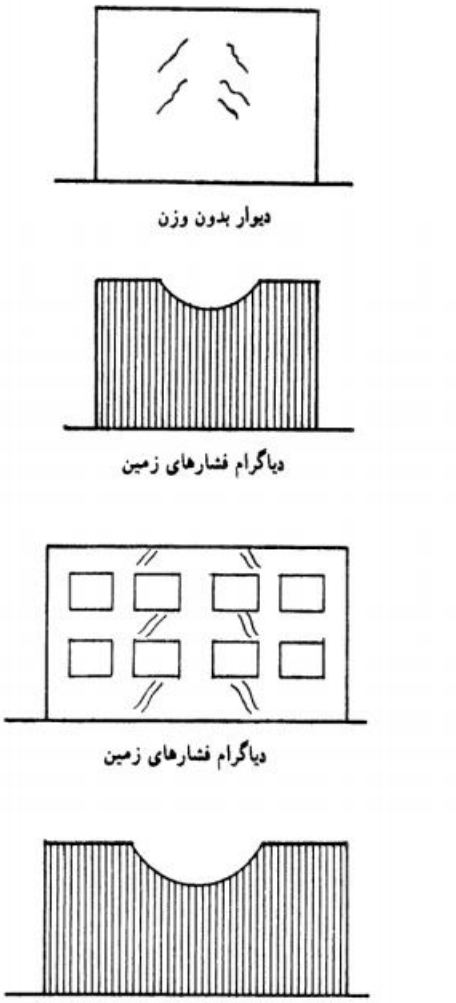
بسیار زیاد است.

نشستهای غیرهمگن لایه‌های مختلف زمین خود از دلایل بروز ترک و یا چرخشهای شدیدند که معمولاً در گوشه‌ها وکنجهای اتصالی بروز می‌کنند.

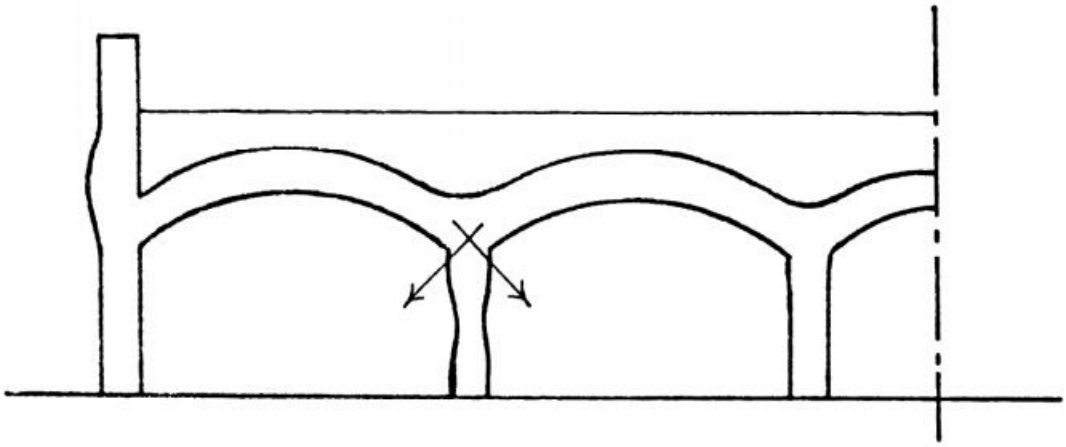
۳.۱۳.۸ ترک در جداره‌ها و دیوارهای پر بازشو (پنجره و در)

وجود بازشوها در دیوار، جز افزایش نیروهای فشاری در بخشهای اطراف و حواشی بازشو، باعث تشکیل و پخش شبکهٔ نیروهای کششی و فشاری خاص می‌شود که معمولاً به انفصال قسمتی فوقانی از دیوار می‌انجامد (شکلهای ۶ـ۳).

در نماهایی که تعداد بازشوها بیشتر باشد بر اثر نشست پیها تعداد ترکها افزایش می‌یابد (شکل ۷) و این ترکها در نقاط ضعف بیشتر مشهودند.



شکل ۶ وضع موجود جداره و بازشوها و دیاگرامهای مربوط به فشار زمین براثر وجود بازشوها و ترکهای حاصله.



شکل ۸ تورم و انفصال در جداره‌ها در نتیجهٔ فشارهای غیرمتعادل در یک قوس.

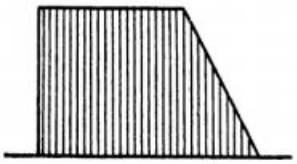
۱۴.۸ سازهٔ بنا و رابطهٔ آن با ترکها

سازهٔ یک بنا در مجموع خیلی پیچیده‌تر از عناصری است که تا به‌حال در مورد آنها صحبت شده است. ایجاد و روند رشد ترکها معمولاً متأثر از مسائل مختلفی است.

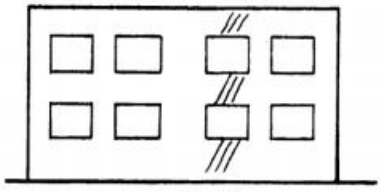
وجود بازشو و خلأ حاصل از محفظهٔ راه پله‌ها به‌نوبهٔ خود در پخش نیروها ومیزان استحکام و انسجام در حجم بنا مؤثر هستند. تنها از طریق مطالعهٔ دقیق این ارتباطات و وابستگی نیارشی در سطح بناست که می‌توان به ریشهٔ ترکها در بنا پی برد.

برای مثال، در شکل ۸، افزایش بار وارده موجب ضعف و ایجاد اختلال در وضع ستون شده است. همچنین، دیوار نهایی با تورم خود ضعف سازه را تشدید کرده است.

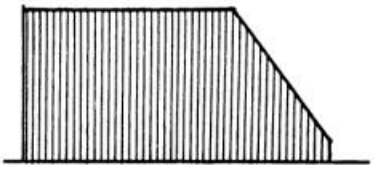
روند ترکها در دیوار بدون روزن یا با روزن (ترکها براثر نشت پی ایجاد شده)



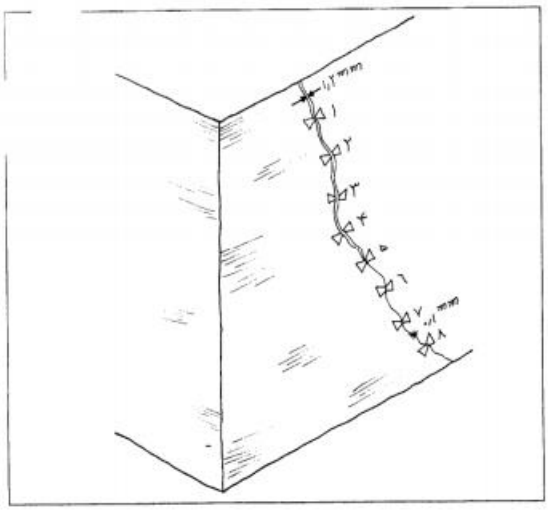
دیاگرام فشارهای زمین



دیاگرام فشارهای زمین



شکل ۷ وضع موجود و دیاگرامهای مربوط به فشارهای زمین.



درس نهم

روشی برای شناسایی ترک و نشست در بنا

■

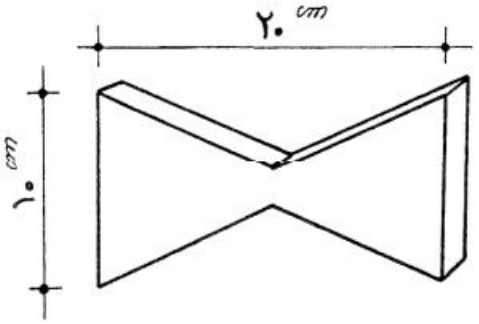
با توجه به انواع ترکها در بحث پیش، لازم است در یک بنای تاریخی به مطالعه و بررسی نوع ترک و عوامل به‌وجود آورندهٔ آن پرداخت، و دریافت که کدام یک از دوازده عامل باعث این ضایعه شده است، چراکه دستیابی به عامل مخل برای درمان ضروری است. قدم اول شناسایی خود ترک و فعال یا غیرفعال بودن آن است. در بررسی اولیهٔ ترک، اگر داخل ترک خاک گرفته و سیاه باشد، می‌توان استنباط کرد که ترک فعال نیست و شاید بر اثر یک حادثه در زمان خاصی به‌وجود آمده و سپس متوقف شده است.

اما این بررسی نمی‌تواند موثق باشد، زیرا انحرافات و تغییر شکلها در بناهای قدیمی بطیء است و امکان کثیف شدن و دود گرفتن ترک حتی در زمان فعالیت آن نیز وجود دارد، بویژه که با آلوده شدن هوای اکثر شهرها، این پدیده بیشتر مشاهده می‌گردد. بنابراین، باید بررسیهای علمی با استفاده از دستگاههای مدرن برای شناسایی دقیقتر آن انجام شود. اما اگر این ابزارهای مدرن به عللی در دسترس نباشد، کارشناس مرمت بنا می‌تواند با علامت‌گذاری بر روی ترکها حرکتهای بعدی آنها را ثبت کند.

۱.۹ روش شاهدگذاری

یکی از این روشها شاهدگذاری است. بر روی ترک علایمی گچی یا شیشه‌ای در داخل و خارج ساختمان قرار داده می‌شود. برای این علامات غالباً از گچ استفاده می‌شود. (انتخاب مصالح شاهد بستگی به عواملی جوی داخل و خارج بنا دارد.) ابعاد شاهد به طول ۲۰ cm، عرض ۱۰ cm و ضخامت ۲ cm است که برای دقت بیشتر، آن را به صورت دم چلچله‌ای می‌سازند (شکل ۱).

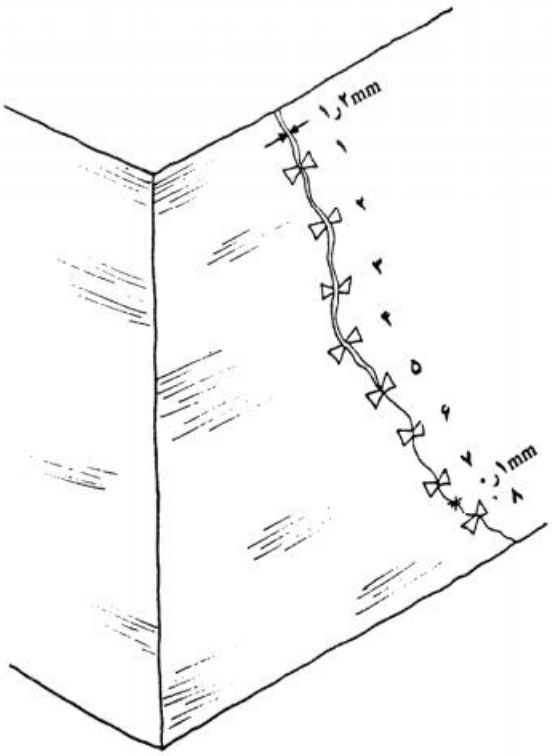
روش اجرای آن به این صورت است که محل ترک را از داخل تمیز و محل شاهد را کمی زبر و مرطوب می‌کنند تا قدرت چسبندگی آن افزایش یابد. تعداد این شاهدها بستگی



شکل ۱ شاهد دم چلچله‌ای.

به نوع ترک و کیفیت نهایی مورد نظر ما دارد (شکل ۲). در کنار کار جدولی تهیه و هرماه یک بار، براساس شمارهٔ شاهد، تغییرات آن در جدول ضبط می‌شود (جدول ۱). سپس براساس این جدول منحنی پیشرفت ترک را ترسیم می‌کنیم (شکل ۳). پس از مدتی می‌توان بررسی کرد که ترک فعال (در حال پیشروی) است یا غیرفعال (متوقف). آن‌گاه توجه می‌کنیم که در صورت فعال بودن، چه عواملی در آن دخیل هستند. سپس به اقتضای نیاز مرمتی بنا، اقدامات و راه‌حلهای متناسب را بر می‌گزینیم.

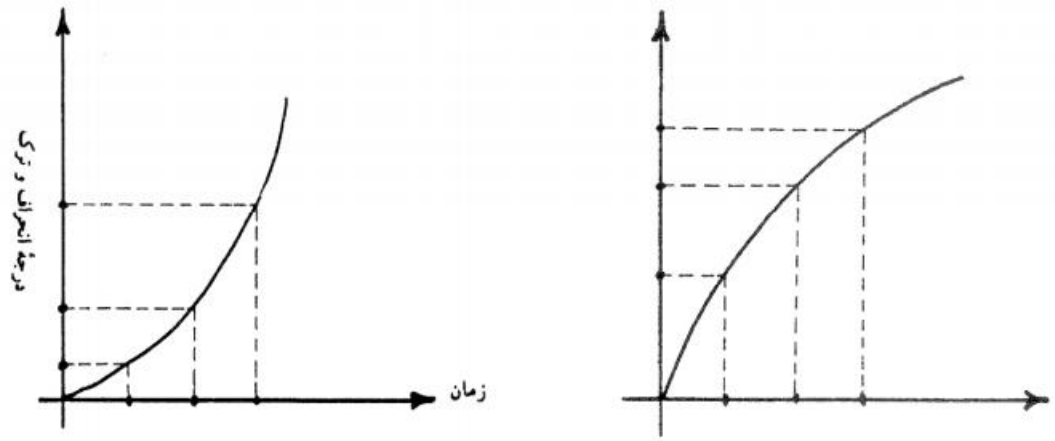
در بررسی منحنی پیشرفت ترک، ملاحظه می‌کنیم که ترک از بخش فوقانی ساختمان‌رو به پایین است و شدت آن هرماه بیشتر شده و سریعاً بخشهای تحتانی را نیز تحت تأثیر قرار داده است. این بررسی نشانگر وجود ضایعه براثر رانش در بخشهای فوقانی بناست. اما اگر در همان ماه اول، تمام شاهدها گواه پیشروی ترک باشند، نتیجه می‌گیریم که پی نشست کرده است.



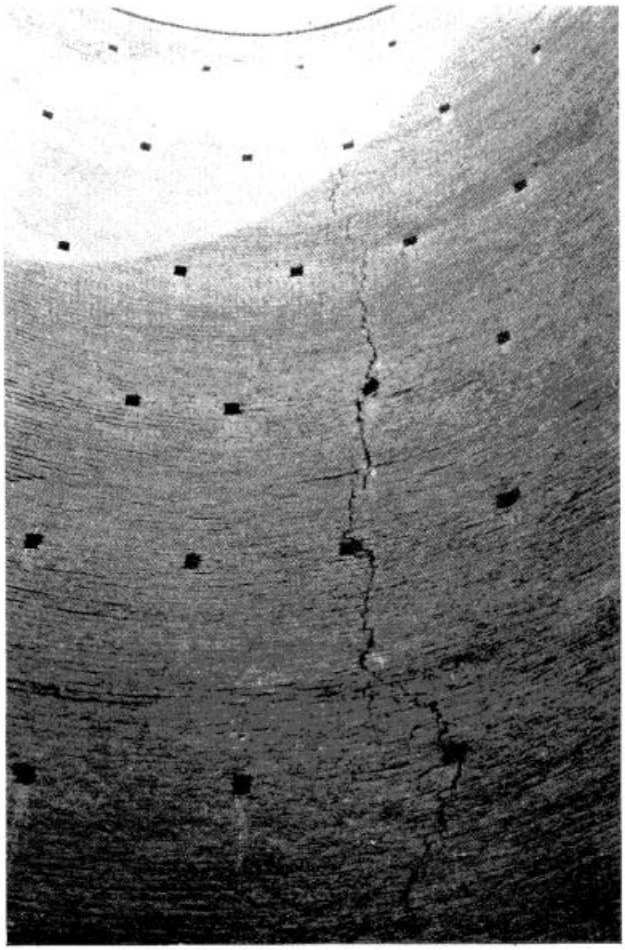
شکل ۲ روش شاهدگذاری.

جدول ۱ شاهدگذاری

شمارهٔ شاهد	تاریخ بازدید	مقدار ترک	تاریخ بازدید	مقدار ترک	تاریخ بازدید	مقدار ترک	تاریخ بازدید	مقدار ترک
	۷۳/۲/۱	mm	۷۳/۲/۱	mm	۷۳/۲/۱	mm	۷۳/۲/۱	mm
۱	×	۰٫۲	×	۰٫۳	×	۰٫۵	×	۱٫۲
۲	—	—	×	۰٫۲	×	۰٫۳	×	۰٫۸
۳	—	—	—	—	×	۰٫۲	×	۰٫۷
۴	—	—	—	—	×	۰٫۱	×	۰٫۶
۵	—	—	—	—	—	—	×	۰٫۵
۶	—	—	—	—	—	—	×	۰٫۴
۷	—	—	—	—	—	—	×	۰٫۳
۸	—	—	—	—	—	—	×	۰٫۲
۹	—	—	—	—	—	—	×	۰٫۱
۱۰	—	—	—	—	—	—	—	—
۱۱	—	—	—	—	—	—	—	—
۱۲	—	—	—	—	—	—	—	—
۱۳	—	—	—	—	—	—	—	—



شکل ۳ منحنی تغییرات ترک.



تصویر ۱ شهر ری ـ برج طغرل، ترک عمودی بر بدنه.

درس نهم

زلزله و بناهای تاریخی

شناخت زلزله

زلزله پدیده‌ای است همانند سایر حوادث طبیعی و با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی ایران هر آینه بایستی در انتظار این حادثه طبیعی بود، لذا ضرورت شناخت و پیش بینی راه‌کارهای مناسب برای به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از آن در اماکن، ابنیه و ساختمان های قدیمی و تاریخی امری ضروری است.

بدیهی است چنانچه سازه در بنایی قدرت انتقال بارهای وارده را نداشته باشد به طور طبیعی ساختمان آسیب خواهد دید و امکان تخریب نیز فراهم می‌شود و این مصداق در مورد زلزله نیز برای ساختمان‌ها جاری است بدین مفهوم که عدم پیش بینی روش‌های فنّی مناسب برای خنثی کردن نیروهای حاصل از زلزله، عوارض و عواقب جبران ناپذیر مالی و جانی در پی خواهد داشت.

سطح داخلی زمین به طور تقریبی متشکل از بیست صفحه زمین[1] ساختی شناور و مجزا بر روی لایه‌های نرم‌تر درون زمین می‌باشد. این صفحات به دلیل جریان‌هایی در هسته مایع داخلی زمین پیوسته در حال حرکت نسبت به یکدیگر هستند و بنابراین انرژی الاستیکی در امتداد لبه‌های این صفحات ذخیره و گاه با یک حرکت سریع و ناگهانی آزاد و موجب ایجاد ارتعاشات کوتاه و قوی در سطح زمین می‌گردد، این حرکت همان زلزله است.

محل و مکانی از پوسته زمین که انرژی در آن آزاد می‌شود کانون زلزله و نقطه مقابل کانون در سطح زمین را مرکز زلزله می‌نامند. این ارتعاشات به طور سریع و در تمامی جهات انتشار می‌یابند ولی با افزایش فاصله از کانون، ضعیف‌تر می‌شوند.[2]

در بسیاری از مواقع زمین لرزه‌ها با پیش لرزه و پس لرزه همراه است که برخی از آنها قابل مقایسه با خود زمین لرزه است. تفسیر پیش لرزه‌ها مشکل است لذا استفاده از آنها برای پیش بینی یک زلزله بزرگ چندان مفید نمی‌باشد ولی پس لرزه‌ها می‌توانند بسیار خطرناک باشند زیرا بر روی ساختمان‌های نیمه خراب عمل خواهند کرد.

۱.۹ شدّت و بزرگی زلزله

بزرگی زمین لرزه برحسب درجه در مقیاس ریشتر بیان می‌شود که این عدد نمایانگر انرژی آزاد شده زمین لرزه است و شدت زلزله با درجات مرکالی از ۱ تا ۱۲ محاسبه می‌شود.

خسارات زلزله با شدت و بزرگی در یک نقطه به چندین عامل به شرح زیر بستگی دارد:

۱- فاصله از مرکز زلزله

۲- شرایط سطح زمین در محل

۳- فرکانس و مقدار ونوع موج‌های زلزله

۴- شرایط ساختمان (یعنی آیا ساختمان خوب بنا شده، خوب نگهداری شده و آیا بازسازی‌های بعدی اصولی بوده یا خیر)

تأثیرات ثانویه زمین لرزه از قبیل رانش زمین و خرابی و شکست در جاده‌ها و فروریختن لبه‌ها و سیل‌ها و جاری شدن سیلاب‌ها و جابه‌جایی در سطح زمین و تغییرات در سطح آب‌های زیرزمینی همگی می‌تواند خطر آفرین باشد.

در مورد حفاظت از میراث فرهنگی، مؤسسات، مسئولین و عموم مردم باید بدانند که در حال زندگی در بین دو زلزله هستند و وقوع آن حتمی است فقط زمان آن مبهم است.

۱- tectonic

۲- Conservation of Historic Buildings Bernard M. Feilden ۱۹۸۷

سوابق امر و مطالعات مبتنی بر شواهد بر این امر دلالت دارد که میزان و شدت آن را می‌توان در مناطق مختلف بر اساس دوره زلزله‌های پیشین تا حدودی پیش گویی کرد.

به طور کلی سه عامل عمده را بایستی در راستای حفاظت مورد نظر داشته باشیم

۱- وقوع حادثه در نقطه‌ای مشخص

۲- میزان آسیب پذیری

۳- خسارات احتمالی منشکل از خطر منطقه و آسیب پذیری ساختمان‌ها

پس ضرورت محاسبه خطرات احتمالی و خسارات ناشی از زلزله در سطح کشور الزامی است بدین معنی که نواحی خاص کشور که دربردارنده آثار غنی تاریخی، فرهنگی و با ارزش هستند بایستی شناسایی شده و موازین فوق در مورد آنها مطالعه و پیش‌بینی گردد.

به این نتیجه می‌رسیم که چارهٔ بخشی از واقعه را قبل از وقوع باید کرد لذا پیش‌بینی و انجام اقدامات قبل از زلزله به شرح زیر قابل دسته بندی است:

۱- تهیه فهرست دقیق از تمام ذخائر فرهنگی (مستندات شامل: عکس و نقشه و ...).

۲- آموزش عمومی در ارتباط با میراث تاریخی فرهنگی و معماری بومی و انتشار رهنمودهایی برای سازندگان ابنیه.

۳- تعیین و استقرار گروه‌های محلی برای حمایت از اموال فرهنگی.

۴- بیمه اموال منقول.

اگر چه برآورد شتاب زلزله و تناوب بازگشت آن یک امر ضروری است ولی باید آگاه بود که معمولاً پژوهشگران امر زلزله، به دلایل ایمنی به برآوردهای بالایی می‌رسند و این ممکن است باعث انجام مداخلات غیرضروری در بناهای تاریخی شود.

بازتاب این نگرش محتاطانه برای مقاوم‌سازی بناهای تاریخی و مداخلات مقاوم سازی بیش از درجه تخریب زلزله، ممکن است به تخریب و ایجاد تغییرات اساسی در اثر می‌انجامد. لذا ضمن تاکید بر امر پیش‌بینی، اولویت‌بندی بر اساس توان آثار، امکانات مالی و اقتصادی امری اجتناب ناپذیر است.

مناطق زلزله‌خیز منطبق بر لبه‌های صفحات زمین ساختی می‌باشند. نقشه‌های مربوط به اطلاعات زلزله و گسل‌ها در اکثر کشورها تهیه گردیده‌اند و متناوباً به روز می‌شوند و این یک ضرورت برای کلیه کشورها و مناطق جهان است. تهیه نقشه‌های مربوط به استقرار شواهد و آثار تاریخی فرهنگی به صورت مدوّن با توجه به اطلاعات پهنه بندی زلزله ضروری است.

پهنه‌بندی مناطق مختلف از جهت آسیب پذیری زلزله را می توان به سه بخش: ۱- پرخطر ۲- خطرناک ۳- نسبتاً خطرناک تقسیم کرد.

این تقسیم بندی را می‌توان در پهنه ایران به انجام رساند و بدیهی است تعیین استقرار آثار در این نواحی تکلیف مداخله را نسبت به میزان خطر معیّن خواهد کرد.

اطلاعات مدوّن فوق بایستی در اختیار پژوهشگران و محققان امر قرار گیرد تا پیش‌بینی‌ها و تمهیدات لازم جهت مقاوم سازی این بناها با توجه به تقسیم بندی فوق و با توجه به امکانات مالی و اقتصادی کشور و با علم به میزان پایداری آنها به لحاظ نوع سازه سنّتی و تاریخی در برابر این خطرات انجام دهند.

۹. ۲ آسیب‌پذیری ساختمان‌های تاریخی

با تطبیق نقشه‌های زمین شناختی زلزله و محل استقرار ابنیه با ارزش لازم است میزان آسیب‌پذیری هر کدام از ابنیه تاریخی شناسایی گردد. بدیهی است هر بنای تاریخی یک نمونه موردی منحصر به فرد می‌باشد

و از توانمندی بالقوه ویژه‌ای برخودار است لذا یک نسخه واحد برای کلیه ابنیه تاریخی اشتباهی محض است.

توجّه به موارد زیر در هر بنای تاریخی ضروری است:

۱- مشکلاتی که ناشی از شکل طراحی بنا تاریخی است ۲- مصالح و فنّ ساخت بنا ۳- مشکلات و آسیب هایی که در اثر عدم نگهداری درست و زوال تدریجی به وجود می‌آیند.

با استفاده از مدل سازی هر بنا و با برآوردهای مختلف از شدت زلزله در همان منطقه و به کمک کامپیوتر می‌توان پیش فرضی از میزان نسبی خسارات ناشی از هر یک از انواع زلزله با ریشترهای مختلف به دست آورد.

۹. ۳ اقدامات فنّی برای تحقّق اهداف فوق به شرح زیر می‌باشد

۱- انجام مطالعات زمین شناختی برای تعیین ویژگی لایه های زمین.

۲- انجام مطالعات مربوط به سوابق زلزله در زمان و دوره‌های بازگشت.

۳- مطالعه آسیب‌پذیری آثار و ابنیه در مقابل زلزله با شدت‌های مختلف.

۴- تهیه نقشه‌های ابنیه و بافت شهری در ارتباط با درجات تخریب.

۵- ارزیابی و تعیین خطرات ناشی از زلزله در ارتباط با زیرساخت‌ها و تهیه طرح جامع مربوطه برای مقابله با زلزله.

۶- تهیه نقشه‌های استحکام بخشی در ارتباط با میزان شدت زلزله و منطقه با توجه به توانمندی‌های مالی و اقتصادی موجود ضمن اولویت بندی.

چنانچه در پیش ذکر شد هر بنای تاریخی دارای شاخصه‌های ویژه خود است لذا دستیابی به یک آیین نامه واحد مانند بناهای جدید که دارای سازه‌های معیّن و از پیش طراحی شده هستند مقدور نیست؛ بلکه این صورت مسأله مستلزم آن است که قبلاً برای بناهای تاریخی یک طبقه بندی کلی از نظر نوع ساخت و مصالح و نوع طراحی انجام گیرد. سپس با انطباق این اطلاعات و اطلاعات مربوط به پهنه‌بندی و نوع استقرار بناها، درصدی از شناخت نسبت به مقاومت و میزان آسیب‌پذیری در هر رده معیّن گردد.

این شناخت ما را به تدوین یک آیین نامه و دستورالعملی کلّی برای آثار مختلف هدایت می‌کند.

با عنایت به دستورالعمل کلی فوق الذکر و ویژگی‌های هر بنای تاریخی عملیات لازم جهت تهیه برنامه‌های ایمن سازی در مقابل زلزله به شرح زیر می‌باشد.

۱- برآورد میزان آسیب‌پذیری هر بنا با توجه به احتمال وقوع زلزله با شدت‌های مختلف و تفاوت دوره‌های بازگشتی.

۲- تعیین مدل ساختاری تک‌تک بناهای تاریخی و تحلیل ویژگی‌های این مدل ساختاری و انطباق آن با فرم‌های بررسی شده در مقوله زلزله.

۳- ارزیابی این واکنش‌های ساختاری در برابر زلزله با شدت‌های مختلف.

۴- تشخیص نوع و درجه خسارات احتمالی وارده در اثر شدت لرزه های متفاوت پیش بینی شده.

۵- برآورد میزان خسارات جانی، مالی و زیربنایی و ریزش‌های احتمالی ساختمان.

۶- تعیین روش‌های استحکام بخشی سازه‌های مختلف سنّتی و برآورد هزینه و تعیین روش‌های نگهداری و حداقل میزان مداخله در هر یک از آثار نامبرده.

۷- تهیه فهرستی از برآورد تقریبی هزینه‌ها با توجه به تناوب بازگشت زلزله در مناطق مختلف.

۸- تهیه طرح مدیریتی برای نوع مداخله قابل اجرا، جهت مقاوم‌سازی در برابر زلزله و تعیین منابع مالی قابل وثوق.

از تجربیات حاصل از حوادث زلزله در نقاط مختلف جهان، موارد زیر را می‌توان استنتاج کرد.

در کشور ما بناهای زیادی از گذشته‌های دور باقی مانده‌اند که هر کدام زلزله‌های متعددی را پشت سر نهاده‌اند. شدت و نوع زلزله‌های حادث درگذشته قبلاً مشخص شده است لذا ضروری است که کارشناسان امر ضمن مراجعه به هر کدام از آثار فوق، آسیب‌های وارد بر آنها در اثر زلزله را بررسی نموده و نتایج این بررسی‌ها را مدوّن نمایند. طبیعتاً با این بررسی‌ها می‌توان بخشی از راه‌حل‌های مورد انتظار برای مقاوم‌سازی بناها را پوشش داد.

نتیجه این بررسی‌ها می‌تواند نقاط قوت و ضعف موجود در سازه و مصالح و گونه معماری هر بنا را شناسایی نموده و سپس راه کارهای مورد انتظار را ارایه نماید. در نتیجه می‌بایست نمونه‌هایی از ابنیه‌ای که در مناطق زلزله خیز موجود می‌باشند مورد ارزیابی و تحقیق قرار دهیم تا بتوانیم با تکیه به نمونه‌های موردی و آسیب‌های وارده به نتایج عملی و اجرایی مطلوب منطبق بر محیط طبیعی و تاریخی با استفاده از روش‌های علمی که بخش عمده‌ای از آن می‌تواند منطبق باشد استفاده کنیم.

از نمونه‌های قابل بررسی بر توانمندی خود بناها در کشور می‌توان گنبد سلطانیه، بافت تاریخی روستای ماسوله، بازار لار و امامزاده پلنگ آباد کرج و ارگ بم را برشمرد.

مثلا در زلزله سال ۱۱۸۱ه.ش مطابق سال ۱۸۰۳ م در سلطانیه، شرح آسیب‌های عمده در گنبد به شکل زیر بوده است:

۱- ریختن مناره در حدّ ۲/۳ و باقی ماندن ۱/۳ از آن.

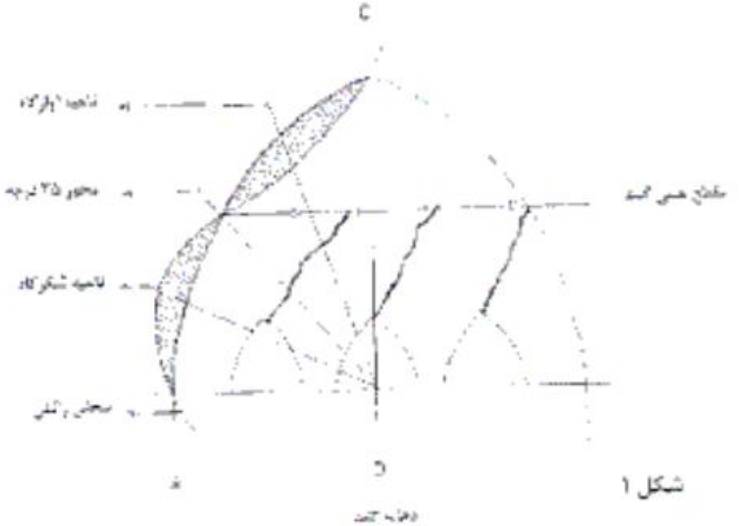
۲- نوع خط شکست در کلیه مناره‌ها به یک شکل بوده است.

در مسجد جامع بروجرد نیز در زلزله سال ۱۳۸۴ه-ش نوع شکست مناره شبیه مناره های گنبد سلطانیه بوده است.

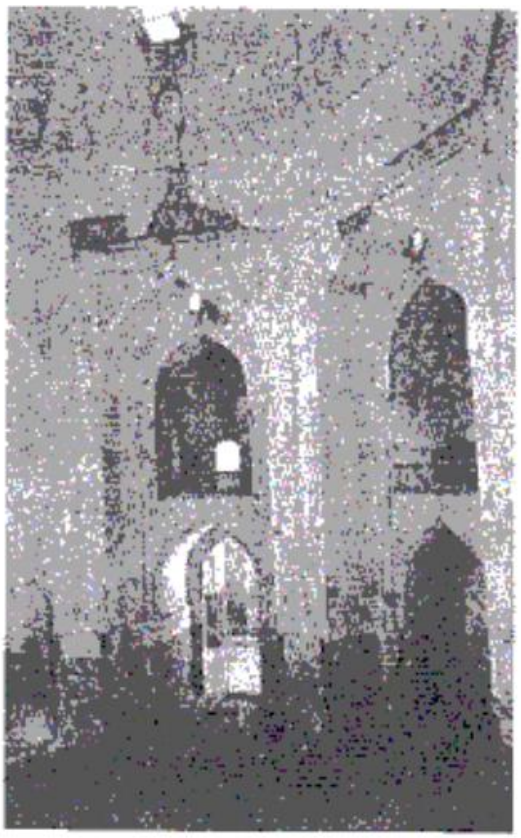
۳- ایجاد ترک در گنبد سلطانیه در مکان‌هایی مانند بازشوها که نقاط ضعف سازه به شمار می‌رود. شکاف‌هایی ایجاد شده که این ترک‌ها از بالای روزنه شروع و در راستای بردار تنشی حاصل از نیروی دینامیکی زلزله تا مقطع خنثی گنبد ادامه می‌یابد. (شکل ۱)

۴- ایجاد ترک در تاق‌های تبدیل کننده گنبد.

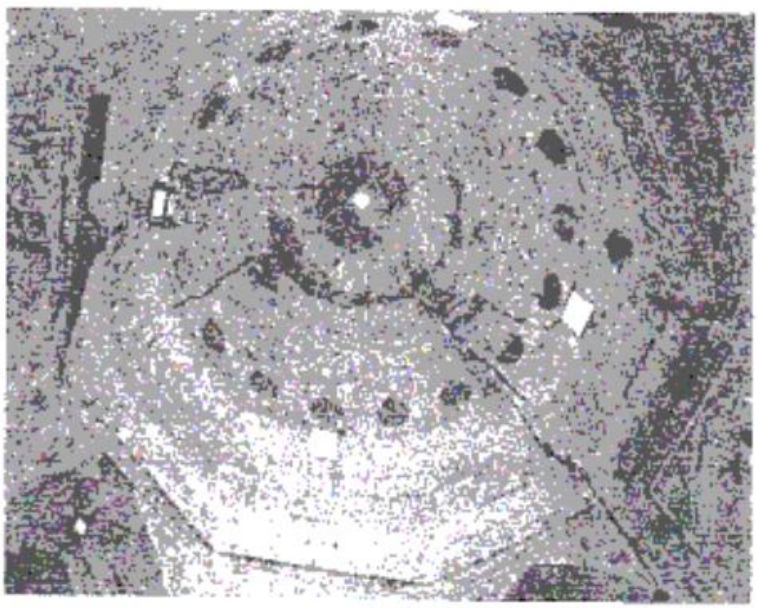
۵- آسیب در تزیینات بدنه گنبد.



شکل ۱



تصویر ۱ شکست گنبد سلطانیه در بخش ورودی تربت خانه، زلزله سال ۱۱۸۱ ه. ش
مأخذ: مرکز اسناد سلطانیه سازمان میراث فرهنگی



تصویر ۲ ترکهای حاصل از زلزله سال ۱۱۸۱ ه. ش، گنبد سلطانیه
مأخذ: همان

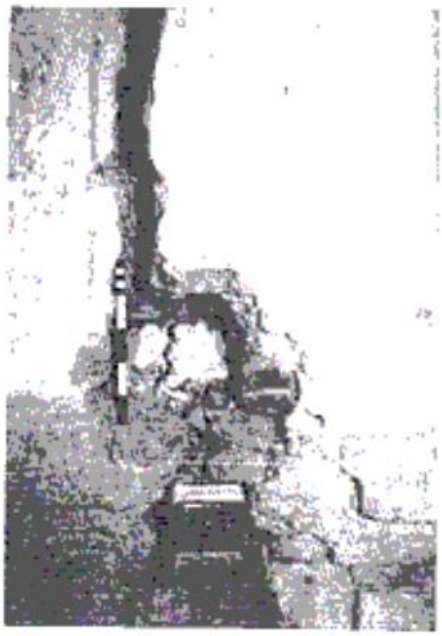
با توجه به موارد فوق چنین استنباط می‌شود که تقویت طوقهٔ گنبد و دوخت و دوز و تقویت نعل درگاه ها در سر روزنه ها و تاق ها ضروری است.

خوش‌بختانه گنبد سلطانیه در پی‌ها، به جز یک گوشه ضعیف، در بقیه نقاط از استحکام کافی برخوردار است،که با توجه به برش‌های تهیه شده و گمانه‌های زمین شناختی و پی شناسی عوامل زیر را می‌توان در مقاومت پی در طی زمان سپری شده از احداث بنا مؤثر دانست:

۱- زمین موجود[۲] مهر شده می‌باشد یعنی یکپارچه است و قدرت تحمل فشار بار را دارا می‌باشد و با توجه به شناخت به عمل آمده از نوع خاک اگر شکست و یا حفره‌ای عمیق در آن ایجاد شود این عمل باعث ضعف در یکپارچگی زمین می‌گردد و به همین دلیل عمق پی از پنجاه سانتی‌متر بیشتر نیست.

۲- با توجه به وجود تربت خانه قبلی،که بیش از تاریخ احداث گنبدخانه در عمق حدود دو متری ایجاد شده و همین امر باعث ایجاد شکست در یکپارچگی زمین گردیده است و در نتیجه در زمان ساخت گنبد رانشی به طرف تربت خانه پیدا شده است. این رانش در حدود ۱۳cm است و چنین به نظر می‌رسد که سازندگان گنبد در حین اجرا متوجه این تغییر کانون شده‌اند وسعی کرده‌اند انحراف حاصل را با افزایش ارتفاع تربت خانه به عنوان پشت بند جبران نمایند.

اتفاقاً زلزله نیز بیشترین آسیب را به این نقطه (اتصال تربت خانه با گنبد) وارد آورده که در زلزله سال ۱۱۸۱ ه‍.ش ترکی با ضخامت حدود شش سانتی‌متر ایجاد کرده است. همچنین در زلزله رودبار در سال ۱۳۶۸ در همین نقطه ریزش مقداری از گچبری و تزیینات آن مشاهده شده است. (تصویر ۳)



تصویر ۳۱)

مأخذ: مرکز اسناد سلطانیه سازمان میراث فرهنگی

۲- مهر شده، اصطلاحی است که برای زمین زیر پی به کار می رود به مفهوم یکپارچگی است.

بافت تاریخی روستای ماسوله

ابنیه موجود در روستای ماسوله دارای ویژگی‌هایی از معماری بومی هستند که بر بستر سنگی بنا نهاده شده‌اند. لذا پی این بناها با توجه به بستر صخره‌ای در مقابل زلزله از پایداری مطلوبی برخوردار است.

از سوی دیگر بافت ماسوله در شیب تندی مستقر است و برای استحکام بخشی بناها تمهیداتی به شرح زیر در نظر گرفته شده است. در اکثر خانه‌ها در فاصله ۱/۲ از نمای جلو و ۲/۲ از پشت بنای متصل به کوه.

روستای آوج

در کل روستای آوج پس از زلزله سال ۱۳۸۲ ه.ش تنها دو خانه باقی مانده بود که پس از بررسی و تحلیل آنها نتایج زیر حاصل شد:

۱- در یکی از خانه ها نعل درگاه به طور یکپارچه رابط بین دو دیوار خارجی بنا شده بود در حالی که در سایر خانه‌ها نعل درگاه فقط بر سر در روزنه‌ها اجرا شده بود و این یکپارچگی نعل درگاه در ارتفاع ۲/۲۰ متر یک نوع کلاف کمربندی در ساختمان محسوب می‌شد و باعث جلوگیری از رانش دیوار و سقف شده بود.

از تیرچوبی حمال استفاده شده و شیب سقف را نیز به سمت کوه متمایل کرده‌اند، این اقدام با اهداف زیر انجام شده است:

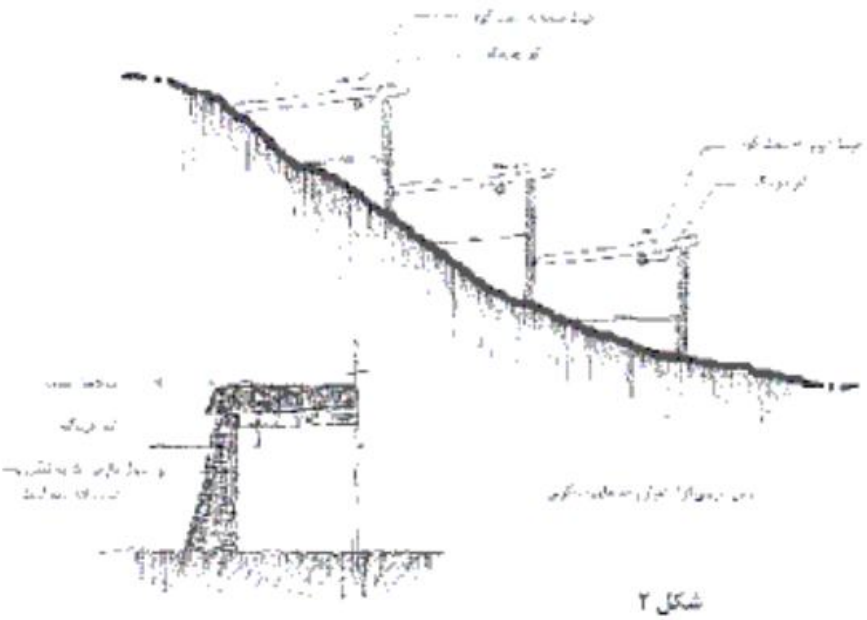
۱- پیشگیری از برنگاه شدن پشت بام‌ها.

۲- ایجاد مقاومت بیشتر با اتصال متمایل ساختمان به کوه و صخره

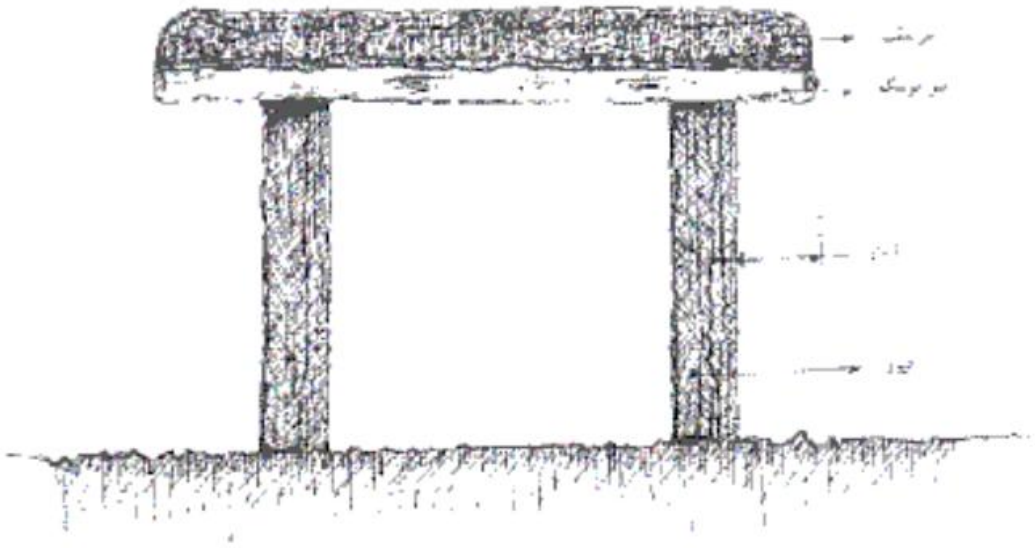
۳- استفاده از تیر حمّال موسوم به جرینگ در ۱/۲ از جلوی بنا، برای ایجاد تعادل بین دو قسمت از سقف و انتقال بار ساختمان به دیوارها. (شکل ۲)

در زلزله، بنای با سر در ممتد و یکپارچه فقط آسیب جزیی دیده بود اما آنجا که نعل درگاه فقط در سر در به کار رفته بود، تخریب بیشتری متحمّل شده بود.

۲- در خانه‌ای دیگر تیرهای مربوط به پوشش سقف از هر جانب به اندازه یک متر کنسول شده بود و پس از حرکت جانبی دیواره‌ها این کنسول مانع از ریزش سقف از روی پایه پس از برگشت آن به حالت اوّل گردیده است. (شکل ۳)



شکل ۲



شکل ۴

۹. ۴ مقاوم سازی سازه های منحنی و مسطح

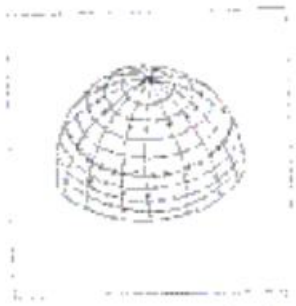
۹. ۴. ۱ بررسی رفتار سازه ای در پوشش های منحنی

می‌دانیم که اگر یک تاق تحت فشار بارهای عمودی یا افقی واقع شود نیروهایی در امتداد قوس به پایه‌ها منتقل می‌گردد. اگر نیرویی عمودی بر تیزهٔ آن واقع شود بهترین شکل را برای انتقال نیرو ایجاد می‌کند.

اگر پا تاق‌ها از حالت تعادل و ایستایی خارج نگردند و قوس با توجه به دهانه، محاسبه و اجرا شده باشد مقاطع مختلف قوس، یکپارچه عمل نموده و در مقابل نیروهای وارده مقاومت کرده و عمل انتقال متعادل نیرو به پاتاق و دیوارهای جانبی انجام می‌شود.

چنانچه قبلاً تشریح شد گنبد را می‌توان مفهوم گسترش یافته‌ای از قوس‌ها پنداشت. در این سازه‌ها نیروها به صفحه منتقل می‌گردند و معمولاً لنگر خمشی در آنها محدود است لذا به هنگام ورود بار به پوشش گنبدی با آگاهی از اینکه مجموعه گنبد از گسترش چندین قوس به دور یک محور دایره‌ای شکل می‌گیرد و دایره در انتهای خود بسته است این ترکیب و تکرار باعث ایجاد پیوند و پشت بندی عناصر است. چون در انتها تمام قوس‌ها به هم متصل گشته و بسته و مهار می‌گردند و این عمل موجب یک مقاومت بالفعل گشته و مهار نیروهای کششی و رانشی را سبب می‌گردد به عنوان مثال اگر فشاری به یک نقطه از کره‌ای وارد گردد بلافاصله در جهات مختلف به برآیندهای زیادی تقسیم خواهد شد و به تبع آن از فشار به یک نقطه کاسته می‌شود و این موضوع کمک می‌کند تا ضخامت گنبدها خیلی کمتر از ضخامت قوس‌هایی گردد که در عرض دهانه ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این موضوع در ساخت گنبدها دارای مزیت بالایی است به این مفهوم که با درک آن توانسته‌اند از مصالحی که قابلیت کششی ندارند و تحت فشار عمل می‌کنند به خوبی استفاده کنند. (شکل ۴)



ضخامت گنبدها در مقایسه با پوسته ها کمتر است و بار وارده از طریق نیروهای فشاری منتقل می‌شود.

انواع تنش‌های عمقی روی گنبد

رفتار طاقی در گنبد

شکل ۴. مأخذ: اثر شماره ۳۳ و ۳۴ ص ۲۲۹

رفتارهای غشایی گنبدها:

با علم به اینکه گنبد بنا به تعریف قبلی متشکل از یک مدار بسته است. در این مدار بسته بارهای عمودی توسط نصف النهارهایی از تیزه گنبد به پاکار منتقل می‌شود. نصف‌النهارهای فوق فقط وظیفه انتقال بار به پایه را دارند لذا توسط مدارهای افقی که در مقاطع دایره‌ای عمل می‌کنند به طور ضمنی باعث پیشگیری از فعال شدن نیروهای رانشی موجود در نصف النهارها می‌گردند که این طرز رفتار نصف النهار و مدارها یک شکل بسته و متعادل در پوسته گنبدی ایجاد می‌نماید و همچنین تمام قطاع هم در کل به صورت قرینه عمل می‌نمایند که همین قرینگی رمز وجود تعادل در گنبدها می‌باشد.

از سوی دیگر مدارها نیز همانند کمربندی در هر مقطع از گنبد عمل می‌کنند و نصف النهارها توسط مدارها محافظت می‌گردند تا از لغزش و جابه‌جایی و در نتیجه از تنش‌های حلقه‌ای جلوگیری کنند لذا گنبد جهت تحمل بارهای وارده تغییر شکل نمی‌دهد و سازه ای پایدار و استوار باقی می‌ماند.

در اجرای گنبدها با توجه به بردار انتقال نیرو، بارها باید به صورت عمود از قوس به پایه وارد گردد تا کمترین رانش را در پایه ایجاد کند. لذا خیز گنبد با توجه به پشت بندها از نظر عمل بار وارده به پوسته گنبد قابل بررسی می‌باشد یعنی هر چه خیز گنبد بیشتر گردد انتقال بار از نصف النهار به پایه که به صورت فشاری عمل می‌کند آسان‌تر انجام می‌شود و نیروهای رانشی آن کمتر خواهد بود و با توجه به منحنی رانشی گنبد که در اثر بارگذاری در قسمت بالای برش خنثی به طرف داخل و در قسمت پایین به طرف خارج پرش دارد. (شکل ۵)

تغییر گنبد با خیز کم و زیاد تحت بار وزن

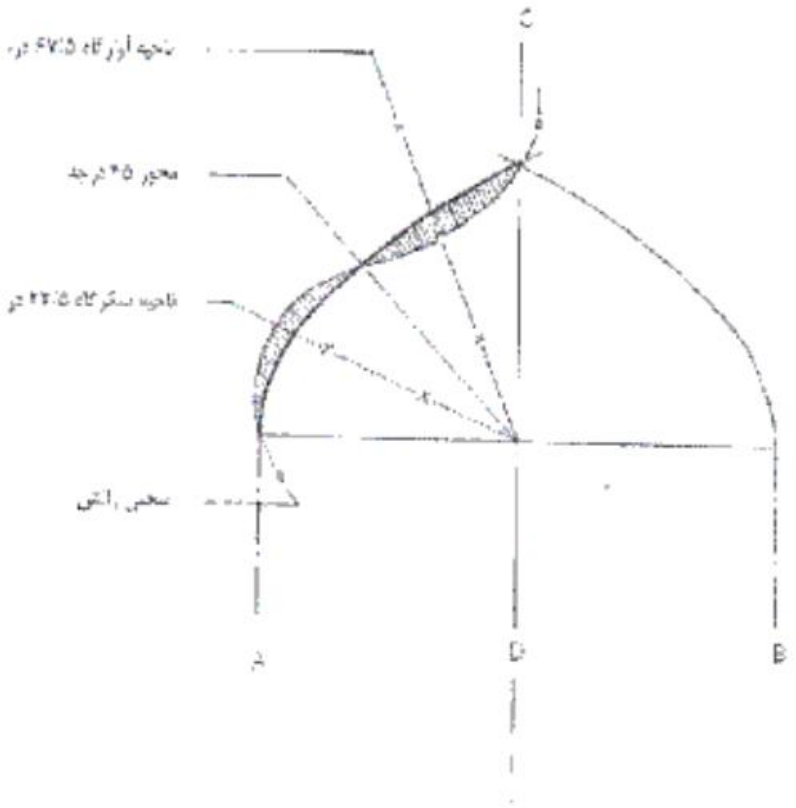
مکانیزم برش در گنبد تحت اثر باد

خطوط اصلی تنش در گنبد تحت اثر باد

شکل ۵. مأخذ: همان

در بارگذاری در قوس گنبدها و در مقاطع مختلف آن منحنی رانش مطابق شکل زیر عمل می‌کند (شکل ۶). یعنی در زاویه ۲۲/۵ درجه نسبت به محور افقی، رانش به سمت بیرون است و به همین دلیل در گذشته سعی کرده‌اند با شگردهای مختلف مانند استفاده از کلاف‌های آجری و یا برگردن پشت این بخش از قوس با مصالح بنایی و یا استفاده از کانه پوش و نهادن پای قوس کانه در مقطع ۲۲/۵ این نیروی رانشی را خنثی نمایند و با ایجاد تعادل و ایستایی لازم در این بخش از جهش آن به بیرون ممانعت می‌کنند.

به تبع این مقاوم سازی زاویه ۶۷/۵ درجه نیز که میل و گرایش به داخل داشته نیز مقاوم می‌گردد. همان گونه که در برش بالا ملاحظه می‌گردد منحنی رانش در یک مقطع خاص که موسوم به مقطع خنثی گنبد است که در آن هیچ گونه نیرویی اعم از رانشی و کششی به طرف داخل و خارج مشاهده نمی‌گردد. که با ترسیم شعاع در زاویه ۴۵ درجه می‌توان این خط افقی را در مقطع گنبد پیدا نمود که در روش ترسیم منحنی گنبد توسط معماران سنّتی این مقطع مبنای کار قلمداد می‌گردد.



شکل ۶ نحوه‌ی عمل نیروها به تأثیر زلزله در گنبد ها

- درز انبساط و خاصیت گنبدهای آجری

تنش های خمشی در گنبدها

در گنبدهای آجری به دلیل فشاری عمل نمودن سازه، از مصالح کششی کمتر استفاده شده است ولی سعی شده تا در مقطع گنبد با تنظیم طبره قوس، تنش‌های موجود خنثی و تعادل ایجاد گردد. پس در بارگذاری در مقاطع گنبد با توجه به ضخامت‌های تعیین شده، لبه‌های داخلی به صورت فشاری عمل می‌کنند و در نتیجه در این مقطع نیروهای کششی و رانشی خنثی می‌گردند.

در اثر تجربه گذشتگان در مورد شناخت عکس العمل‌های بارگذاری در گنبدهای آجری این نتیجه حاصل شده که منحنی گنبد را به منحنی رانش نزدیک نمایند. به همین دلیل گنبدهای آجری اغلب از ترکیب چند منحنی با سهمی به دست آمده‌اند در این نوع طراحی، مقاطع مختلف گنبد با توجه به نیروهای وارده و تنش‌های حاصله تعیین می‌گردد و در نهایت این نتیجه به دست می‌آید که:

۱- طراحی گنبد با توجه به بارگذاری و تنش‌ها تعیین می‌شود و ضخامت (طبره) با توجه به دهانه و افزار انتخاب و در مقاطع مختلف سبک‌تر می‌گردند و این سبک شدن با توجه به نیروهای درونی عشاء در مقاطع مختلف صورت می‌گیرد.

۲- با اندکی دقت در روند تکاملی گنبدهای ایرانی این نوع محاسبه ایستایی و مقاوم‌سازی در گنبدها شامل گنبدهای یک پوسته، دو پوسته پیوسته، دوپوسته موازی و دو پوسته منفصل، دقیقاً بر محاسبه ایستایی گنبد منطبق است. به همین جهت ضخامت پوسته‌های خارجی و داخلی به یکدیگر کمک می‌کنند و از نظر مصرف مصالح تقریباً گنبد دو پوسته منفصل با گنبد یک پوسته تفاوت فاحشی ندارند و مانند یک تیر زنبوری عمل می‌کنند.

گنبدهای ایرانی به دلیل ماهیت سازه‌ای در مقابل نیروهای رانشی مقاومت خوبی از خود نشان داده‌اند و با توجه به تجربه حاصل از تحلیل‌های علمی در مورد آنها موارد ذیل توصیه می‌گردد:

۱- گنبد باید دارای ضخامت مناسب باشد به طوری که قادر به ایجاد رفتار خمشی قابل توجهی نشود.

۲- منحنی گنبد باید به طرز صحیحی طراحی گردد تا از مقاومت و استحکام مناسبی برخوردار گردد.

۳- گنبد باید دارای تکیه‌گاه‌های مناسب باشد که در آن صورت خمش وارده بر سطح پوسته به حداقل خواهد رسید.

سه شرط فوق الذکر برای ایجاد عملکرد فنّی گنبد با هر شکل و تحت هر نوع بارگذاری لازم و ضروری است.

هرگاه به دلیل ملاحظات زیبایی‌شناسی یا سایر ملاحظات معماری این سه شرط در طراحی رعایت نگردد مسلماً تأثیر نیروهای وارده بر گنبد افزایش یافته و سازه از مقاومت کمتری برخوردار می‌شود.

۹. ۵ بررسی گنبدها در مقابل زلزله و نیروهای خارجی

با توجه به بررسی‌های تاریخی در مورد گنبدهای آجری در ایران مشخص شده است که مقاومت و ایستایی گنبد از نظر طراحی معماری همواره مورد نظر بوده است و به همین دلیل معماری ایران را فنّ و هنر نام نهاده‌اند. البته انجام مطالعات مدوّن علمی در مورد سازه های سنّتی ایران لازم و در این ارتباط توجه به موارد زیر ضروری است:

۱- شناخت قوانین زیربنایی در ارتباط با تنش و کرنش حاکم بر مصالح سنّتی[۱].

۲- در نظر داشتن کل سازه همانند یک مجموعه واحد از عناصر شامل پی، پایه، تاق، دیوارها، پوشش‌ها و پلان که رفتار خاص هر کدام به یک زنجیره به هم پیوسته قابل تشریح است.

۳- تجزیه تحلیل عناصر سازه‌ای و تبدیل آنها به بخش‌های کوچک‌تر و ایجاد معادلات حاکم بر رفتار هر عنصر به یک فرمول جبری از تغییرات با توجه به مکان نیروها به عنوان روشی علمی و قابل اجرا.

۴- در محاسبات فنّی، هر عنصری در فرمول‌های مختلف محاسباتی واقع می‌شود و با ترکیب نمودن آنها راه‌حل نهایی کل بنا حاصل می‌گردد.

۵- استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای به عنوان روشی جهت مدل سازی برای محاسبه نیروها در گنبدها قابل توصیه است.

۹. ۶ تجزیه تحلیل دینامیکی سازه‌های سنّتی

کلیّهٔ سازه‌ها تا حد معیّنی دارای خاصیت ارتجاعی هستند یا به عبارتی خاصیت شکل پذیری دانسته و در اثر بارگذاری برگشت‌پذیر به حالت اوّلیه می‌باشند. این نوسان فقط تابع جرم و سختی سازه است. بنابراین نوسان سازه و یا مدت زمان رفت و برگشت آن تحت بار دینامیکی، معیار مناسبی برای تشخیص صلبیت یک سازه است، به‌طوری‌که اگر جرم زیاد شود مدت رفت و برگشت زیاد گردیده و سازه، صلب تلقی می‌گردد و از آنجایی که سازه در مقابل نیروهای حاصل از زلزله با زمین حرکت می‌کند لذا سازه نرم، ایستاتر و مقاوم‌تر است.

با آنکه اکثر نیروهای دینامیکی از جمله زلزله دارای استهلاک هستند ولی در حالت ارتعاش آزاد و نوسان کامل یک سازه، مودهایی در اثر زلزله حادث می‌گردند.

با توجّه به بررسی نمونه‌های فراوان از بناهای سنّتی در کشور ایران که زلزله‌های زیادی را پشت سر نهاده‌اند و اکنون پابرجا هستند راه‌حل‌هایی تجربی حاصل می‌شود که بهتر است توسط مهندسین محاسب به راه‌حل‌های علمی تبدیل شوند اما به طور کلی به مواردی در زیر اشاره می‌شود که بنیان روش‌های استحکام بخشی بناهای سنّتی در مقابل زلزله تلقی می‌گردند:

۱- ایجاد تعادل در جسم بناها (قرینه سازی نسبت به محورها).

۲- سبک کردن وزن بنا در ارتفاع.

۳-تقویت چسبندگی مصالح و ایجاد یکپارچگی در عناصر بنا.

۴- مقاوم بودن زمین (بستر) و پی بنا.

۵- ایجاد کلاف‌های آجر و قیدبندی دیوارها و کلاف‌های افقی.

۶- ایجاد پشت‌بندها و تکیه‌گاه‌ها در طراحی معماری.

۷- استفاده از مصالح مقاوم‌تر در نقاطی که در معرض تنش‌های کششی واقع هستند مانند استفاده از الوارهای چوبی در شکرگاه گنبدها.

۸- استفاده از طراحی در سازه با انتقال بار به پایه‌ها و استفاده از ترکین و رگ‌چین و ... .

تجربه و مروری بر عوارض زلزله در بناهای گنبدی نشان می‌دهد که زلزله در مکان روزنه‌ها تأثیر به سزا داشته است و شاهد و گواه آن ایجاد ترک در تیزه روزنه‌ها تا ارتفاع مقطع خنثی گنبد که با جهت زلزله ادامه یافته و در آنجا به صفر رسیده است و این امر نمایانگر آن است که ایجاد روزنه در نقاط بحرانی سازه

۱- جزوه «روشهای نوین در آنالیز و کنترل سازه های سنّتی»، دکتر مهراد محمد حجازی – دانشگاه هنر دانشکده بردیس

باعث ضعف آن می‌گردد. همانگونه که قبلاً اشاره شد در تمام بخش‌های بنا، اعم از طرح معماری و انتخاب ضخامت عناصر باربر از پای کار تا تیزه و کاهش تدریجی ضخامت و سبک نمودن آنها امری ضروری است.

به همین دلیل با گذشت زمان استفاده از انواع گنبدهای دو پوسته همواره در سازه‌های سنّتی، معمول و متداول شده است و در همین راستا از خشخاشی‌ها در گنبدهای دو پوسته گسسته برای مقابله با نیروهای دینامیکی و زلزله استفاده شده است و استفاده از انواع گوشه سازی برای انتقال بارهای پوسته گنبد به ساقه معمول بوده است. افزایش ضخامت در محل انتقال نیرو از گنبد به گوشه و پرنمودن پشت طبره نیز از سایر شگردهاست.

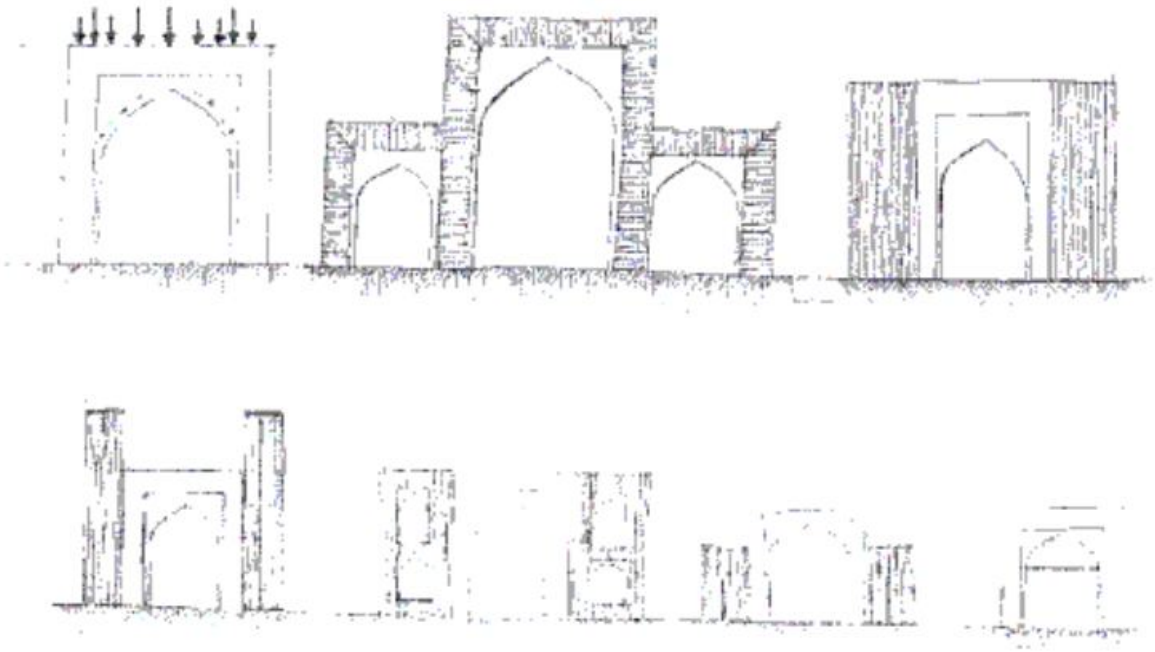
۹. ۷ آسیب ناشی از زلزله در قوس و تاق:

با توجه به بررسی تاق‌های آجری و خشتی در معماری ایرانی در طول تاریخ و تأثیرات زلزله بر می‌توان اذعان کرد که آنها در برابر نیروهای کششی دارای ضعف هایی می‌باشند لذا در مقاطع مربوط به مفصل‌ها و انتقال بار از تاق به پایه لازم است که راه‌حل‌هایی در شکل سازه‌ای اندیشیده شود.

قوس و تاق‌های آجری و خشتی تنها تحت تأثیر نیروهای فشاری عمل می‌کنند و هرگونه فشار جانبی و کششی قطعاً باید به کمک نیروی فشاری جنبی خنثی و یا کم اثر گردد و به همین دلیل در معماری سنّتی ایران طراحی در معماری با طراحی پشت بندها و سایر عناصر ایستایی هماهنگ گردیده است.

مثال بارز آن ایوان‌های موجود به ویژه در دوره صفوی است که دهانه مرکزی به کمک دهانه‌های جانبی با کاهش ارتفاع تاق‌های جانبی بار کششی به صفر می‌رسد که در قاب مربع یا مستطیل مستتر و خنثی می‌گردد. (شکل ۷)

فشارهای جانبی که معمولاً بر روی پایه‌های قوس و تاق وارد می‌گردند با بار قایم ترکیب شده و این ترکیب نبایستی در هیچ کدام از مقاطع افقی، در تمام



شکل ۷

ارتفاع پایه تا سطح بی، کنش کنشی ایجاد کند و تمام مقطع بار بایستی به طور کامل در مرکز ثقل پایه کنترل شده و متعادل گردد.

از نمونه‌های بارز دیگر که در تاق‌ها و قوس‌ها در معماری سنّتی ایران به انجام رسیدهمی‌توان به اصلاح ایوان‌های دوره ایلخانی، در زمان صفویه با استفاده از نیم تاق پشت ایوان و تکیه دادن لبه مرتفع نیم گنبد به پشت قوس انتهایی ایوان اشاره کرد که باعث خنثی شدن رانش قوس و اسپر به خارج بنا می‌شود در نتیجه رانش تاق‌های ایوان به سمت اسپر را خنثی نموده‌اند.

برای خنثی کردن همین نیروهای رانشی در پاتاق‌ها یا وارد کردن بار قایم اضافی، برآیند نیروها را به صفر رسانده‌اند، مانند طراحی منارهای جانبی در سر در اصلی مساجد از جمله مسجد جامع ورامین و مسجد جامع یزد ...

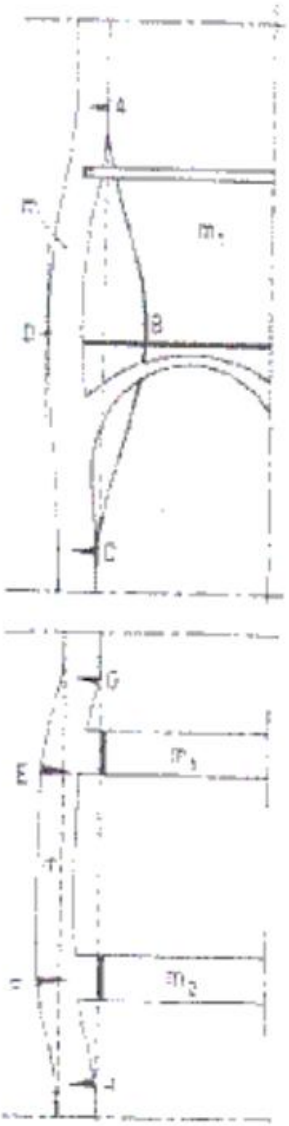
چنانچه می‌دانیم در معماری سنّتی ایران منارها عمدتاً به عنوان شاخص در بیرون از پلان بنا مستقر شده‌اند که به دلیل همین نیازهای سازه‌ای این مناره‌ها وارد ترکیب معماری با اهداف سازه‌ای شده است. ولی در زمان حاضر با فنون جدید و امکانات به دست آمده می‌توان بناهای سنّتی را با توجه به قوانین حفاظتی مرمّت، استحکام بخشی نمود. در معماری تاریخی ایران سازه و معماری همواره به صورت یکپارچه مورد استفاده بوده است و حتی از طراحی معماری در جهت رفع ضعف‌های سازه‌ای کمک گرفته شده است و این می‌تواند رهنمودی برای طراحان در زمان معاصر باشد.

امروز به این نکته باید توجه کرد که ایجاد یکپارچگی در طراحی و ایستایی یک بنا می‌تواند تعیین کننده باشد و از تکیه صرف بر عوامل و عناصر مجرد برای استحکام بخشی بناها خودداری کرد.

تغییرات شکلی معمولاً در اثر فشارهای زیاد جانبی بر روی پایه ها پدیدار می‌گردند که باعث دور شدن سرتاق‌ها و سرپایه‌ها از یکدیگر می‌شوند تا جایی که تاق ایستایی خود را از دست داده و فرو ریخته ولی پایه علیرغم ظهور انحراف پا برجا مانده است و نمونه بارز آن سر در امامزاده پلنگ آباد است. البتّه این اتفاق گاه در اثر نشست کامل پایه است که به علّت لهیدگی یا چرخش یا نشست زمین و غیره حادث می‌شود.

مصالح مورد استفاده در بناهای تاریخی در اثر فرسودگی ملات‌ها تحت تأثیر هوازدگی، به تدریج هبدراته شده و قدرت چسبندگی را از دست می‌دهند و این اتفاق بالاخص در بناهای سنّتی ایران که عمدتاً با ملات گچ ساخته شده‌اند قابل ملاحظه است. در نتیجه این اتفاق، قوس‌ها و تاق‌ها در انتقال نیروها به پایه دچار ضعف می‌شوند. با توجّه به تعادل در معماری سنّتی که عاملی خود ایستا در مقابل زلزله می‌باشد و در اثر تغییر بارهای وارده یا تغییر سازه‌ای امکان بروز نیروهای تنشی در سازه تاق‌ها و قوس‌ها و پایه‌ها ایجاد می‌شود.

حتی در اثر فشار سازه‌ای به پایه‌ها در طبقات پایین‌تر نیز امکان کمانش وجود دارد. (شکل ۸)

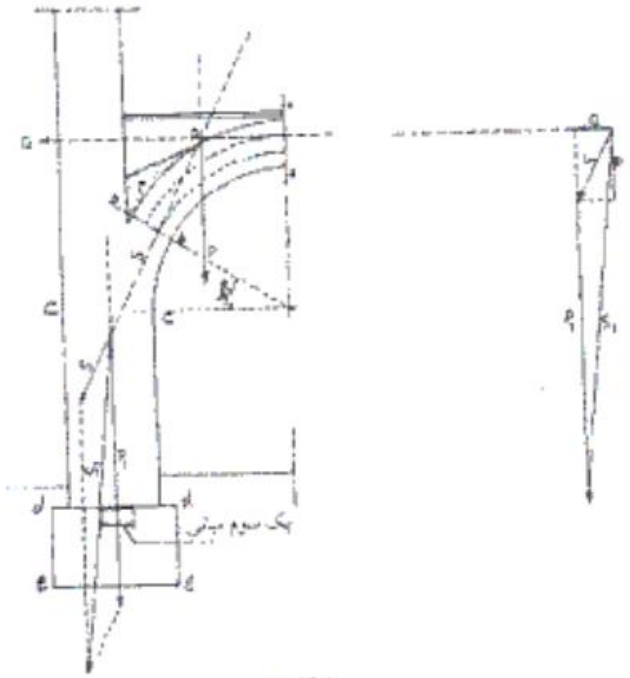


شکل ۸ تغییر شکل دیوار m بر اثر فشار جانبی ناق.
شکاف در دیوارهای عرضی m_1 و m_2 روی خط ABC پیش می رود(البته اگر پیوند آن ها با دیوار m استوار باشد)
اگر پیوند گسسته شده یا بد ساخته شده باشد، شکاف روی خط قایم AC پیش می رود.

مأخذ: جوزپ چینی، پایدار کردن سازه های آجری – فن‌های مداخله

هر چه سازه دیوار با پشت بندهای آن ضعیف‌تر باشد گستردگی کمانه بیشتر خواهد شد و تغییر شکل در دیوار در راستای قایم یک منحنی سینوسی است که نسبت به مرکز فشار قرینه نبوده و بخش فوقانی آن باد کردگی بیشتری نسبت به قسمت پائین دارد و این موضوع در دیوارهای بلند بیشتر نمود پیدا است. لذا تقویت این نقاط به نحوی که مداخله باعث خنثی شدن این تنش‌ها گردد ضروری است و این امر ممکن است در بناهای جدید نیز اتفاق بیفتد.

با توجه به مطالب مذکور پایه‌هایی، ایستا می‌باشند که بار وارده در ۱/۲ مقطع پایه به زمین منتقل شود لذا برآیند حاصل از دو نیروی قایم و رانش باید به گونه‌ای محاسبه شود که از مرکز ثقل (۱/۲) سطح پایه) خارج نگردد و این یک ضابطه محاسباتی در مقاطع پایه‌ها می‌باشد که در این حالت نیروی فشاری روی پایه در بخش بیرونی بیشتر از درونی پایه خواهد بود. (شکل ۹)

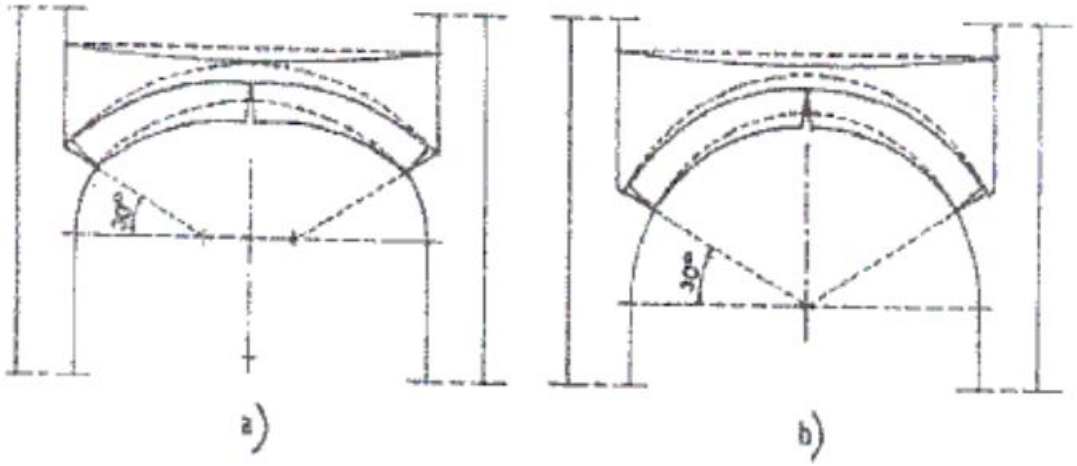


شکل ۹
مأخذ: همان

۹. ۸ پیشنهاداتی در راستای استحکام بخشی در قوس و تاق

اکثر بناها در مرحله ساخت در مقابل بارهای وارده محاسبه شده‌اند و به صورت تجربی قابلیت ایستایی دارند ولی به مرور زمان اگر بنایی رو به ویرانی می‌روند، بررسی‌ها نشان می‌دهد که این آسیب‌ها را باید در پیکره پایه قوس و تاق جستجو کنیم و عواملی را که در طول زمان به آن افزوده شده و موجب ضعیف شدن سازه گردیده را باید شناسایی کرد. اگر مصالح یک تاق با پایه سست شوند و یا ناهمگن در ترکیب مورد استفاده قرار گرفته باشند، طبعاً حالت چسبندگی و قدرت جلوگیری از کنش‌ها را از دست می‌دهند و در چنین شرایطی سفتی، مقاومت و پیوستگی سست شده و همانند خاک به آسانی قابل خرد شدن می‌شوند و همین امر در آجرهای نامرغوب و خوب پخته نشده در گذر زمان نیز قابل مشاهده خواهد بود هم چنین گچ که با آجر پیوستگی دارد هیدراته شده و باعث گسستگی سازه قوس و تاق می‌گردد. در شرایط مذکور عناصر سازه‌ای تحمل بار وارده را که در هنگام ساخت از قدرت کامل برخوردار بوده از دست می‌دهد زیرا مقاومت ملات به صفر می‌رسد و سازه ناپایدار می‌گردد و در اثر کوچک‌ترین حرکت، تغییر شکل‌ها و شکاف‌ها پدیدار می‌گردند.

اما ممکن است دیوار و تاق و قوس از نظر پایداری سازه‌ای در شرایط خوبی باشند. در این حالت تغییر شکل و شکاف بر اثر نشست شدن شالوده در یکی از پایه ها بوجود می‌آید.



شکل ۱۰
مأخذ: همان

۹. ۸. ۱ مکان‌هایی که در آن‌ها امکان اختلال بیشتر است به شرح زیر می‌باشد

در قوس و تاق‌های آسیب‌پذیر که در اجرای اوّلیه به سهو و اشتباه اجرا شده‌اند شکاف‌ها معمولاً در تیزه قوس و در کُنال‌ها (خاک انداز) ظاهر می‌شوند. کُنال‌ها (خاک انداز) بخشی از کمانه قوس هستند که بین زاویه صفر تا ۳۰ قرار دارند. (شکل ۱۰)

در تاق‌ها و قوس‌های جناغی که در ایران با توجه به منحنی رانش اجرا شده‌اند در اثر بارهای وارده غیرموزون و نامتعادل تغییر شکل می‌دهد. شکاف در تیزه و به طرف خارج (کلکن شده) و در شانه (اوارگاد) به طرف داخل و در شکرگاه به بیرون جاکیده می‌شود که به همین ترتیب در اثر نیروهای فشاری زیاد، تاق یا قوس فرو می‌ریزد. (رجوع کنید به بخش نمونه هایی از پوشش های معماری سنّتی ایران در همین کتاب)

۹. ۸. ۲ مقاوم سازی قوس و تاق

همانگونه که ذکر گردید اکثر بناها در روز اوّل در مقابل بارها و تنش‌ها مقاوم اجرا گردیده‌اند و به مرور زمان در اثر فرسودگی مصالح ضعف ایجاد می‌شود که باید این نقاط ضعف را دقیقاً شناسایی و در درجه اوّل با روش‌های سنّتی رایج در این گونه بناها بررسی و تقویت گردند اما در بیشتر موارد امکان کار با مصالح سنّتی فراهم نمی‌شود لذا در این مواقع باید از تکنولوژی مدرن برای رفع ضعف‌ها استفاده نمود.

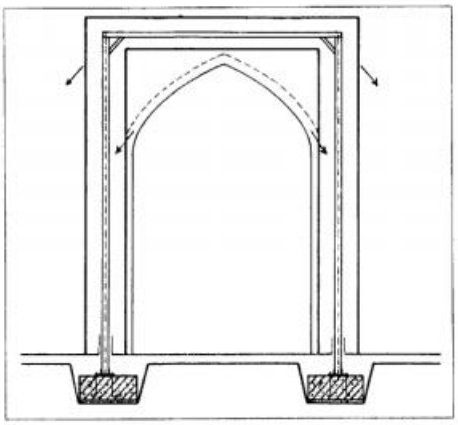
به عنوان مثال اگر پایه‌ای در اثر نیروی رانشی تاق از حالت تعادل خارج شده و ضعف پیدا کرده است بایستی در همان نقطه از مهارها و کلاف‌ها و یا شناژهای لازم برای تقویت بنا بهره جست و در بعضی از مواقع این اتفاق در اثر عدم آشنایی با بناهای سنّتی و تاریخی و دخالت‌هایی‌مورد و غیراصولی حادث می‌گردد مانند بریدن کش‌های شبستان‌ها که مهار پایه‌ها و دیوارهای جانبی را دچار ضعف و آسیب می‌گرداند.

این مهارها در باکار و کنال قوس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در بعضی مواقع به مرور زمان بار وارده و پرکننده بر روی تاق‌ها به حد اشباع می‌رسد که باعث گسیختگی می‌شود در این مواقع معمولاً با حذف بارهای اضافه شده بر روی تاق‌ها و سبک کردن تدریجی آن و ایجاد کانه پوش اهداف مورد نظر برآورده می‌گردند.

طبیعی است که قبل از برداشتن بارهای اضافهٔ فوق‌الذکر، اجرای داربست نگهدارنده و حفاظتی و اعمال احتیاط لازم ضروری است. طبق تجربه به دست آمده در بناهای سنّتی ایران معمولاً برای اجرای کنال پوش تا ۱/۲ پشت قوس را به صورت پر می‌سازند و مابقی را با کانه پوش اجرا می‌کنند. از جمله جزییات اجرایی می‌توان به خالی کردن پشت تاق و تمیز نمودن بند آجرها و زنده نمودن با دوغاب تیزگچ و اجرا دیوارک‌های کانه پوش اشاره کرد. (ر- ک به بخش تبدیل پوشش‌های منحنی به سطوح مسطح در همین کتاب)

انجمن مهندسی ایران



درس دهم

روشهای مهار قوسها و گنبدها در بناهای سنتی

■

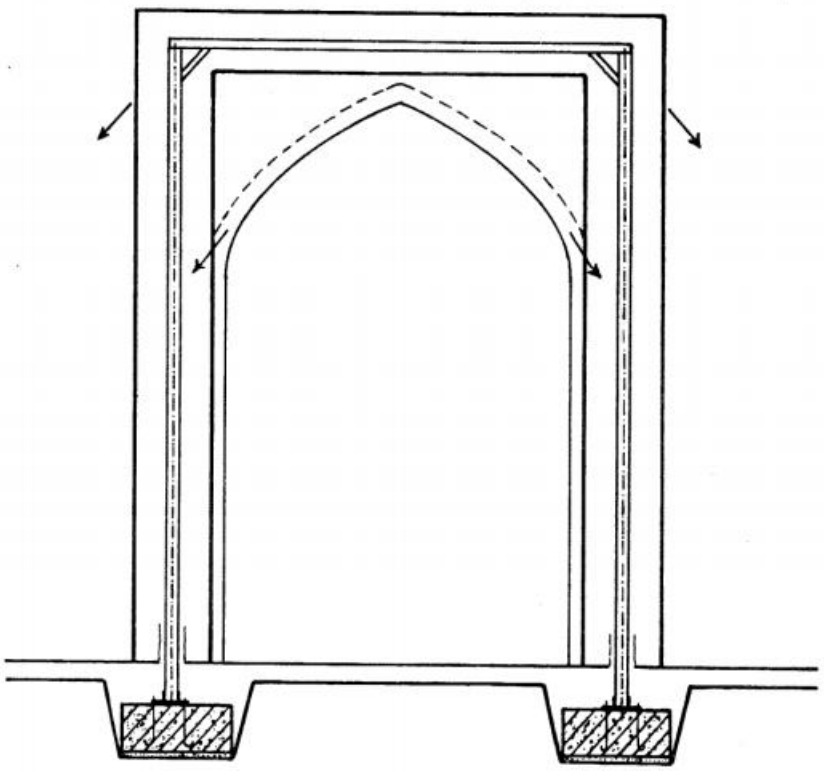
در بناهای تاریخی و سنتی براثر نیروهای رانشی و یا نشستها، زلزله و ... شکستهایی در بنا ایجاد می‌شود. همان طور که درپیش ذکر شد، این شکستها دارای علل گوناگون هستند که پس از بررسی و شناسایی عوامل مخل - یعنی همان مهمترین بخش که تشخیص دلایل بروز عارضه است - به طراحی واجرای درمان ضایعه می‌پردازیم. در نتیجهٔ این عمل، باید همبستگی اولیه به بنا بازگردد و کلیهٔ نیروهایی که در نظام تعادلی سازهٔ بنا سهیم بوده‌اند، مجدداً احیا شوند. اقدام مرمتی سازه‌ای و یکپارچه از ابزارهای نیل به این هدف است.

برای برقراری انسجام دوباره در بخشهای مختلف بنا، که ازهم گسسته شده‌اند، به تکنیکها، فنون و مصالحی نیاز است تا بتوانیم به روشهای مرمتی فنی و علمی این گسستگی و انفصال را خنثی کنیم و ارتباط مجدد بین اجزاء را تحکیم بخشیم. ابزارو مصالحی که امروزه به عنوان عناصر کششی در ساختمان کاربرد دارند و می‌توانند نیروهای رانشی را خنثی کنند عبارت‌اند از : چوب، آهن، بتون آرمه، کابل، میل مهار و غیره که هریک از جنبه‌هایی خصوصیات مثبت و یا منفی دارند.

۱.۱۰ مصالح مورد استفاده برای خنثی کردن نیروهای رانشی

۱.۱.۱۰ چوب

استفاده از چوب از لحاظ سرعت عمل و اجرا، سهولت دسترسی و هماهنگی با مصالح سنتی (ضریب انبساط نزدیک به ضرایب انبساط این مصالح) مناسب است، اما به دلیل امکان پوسیدگی و ضعف اتصالات، همچنین آسیب پذیری آن در مقابل موریانه، مناسب نیست.



شکل ۱ آهن‌کشی در تاقها و سقفها.

۲.۱.۱۰ آهن

استفاده از آهن به دلیل ظرافت ابعاد و قدرت اتصال در مفاصل مناسب است، اما انبساط و انقباض شدید آن در مقابل گرما و سرما (ضریب انبساط متفاوت با مصالح سنتی)، ضعف آن محسوب می‌شود.

۳.۱.۱۰ بتون آرمه

این مصالح از لحاظ نوع ونحوهٔ اتصالات و چگونگی انبساط و انقباض دارای امتیاز است، اما به دلیل اشغال حجم زیاد و تأثیری منفی که درست به همین دلیل در بنای قدیمی می‌گذارد در بسیاری موارد قابل استفاده نیست.

۴.۱.۱۰ کابل

از این ابزار برای بستن و نگهداری موقت استفاده می‌شود و به دلیل امکان سرعت عمل و همچنین امکان جابه‌جایی سریع دارای امتیازاتی است. اما در دراز مدت به دلیل انبساط و انقباض بسیار خود صدمات جبران ناپذیری بر بنا وارد می‌آورد.

۵.۱.۱۰ میل مهار

میل مهارهای ویژه‌ای با درجهٔ انبساط و انقباض بسیار کم، در بناهایی که دارای ظرافت و تزئینات خاص باشند، برای خنثی کردن نیروهای رانشی مورد استفاده واقع می‌شود.

۲.۱۰ روشهای گوناگون مهار نیروهای رانشی

اکنون شیوه‌های گوناگون برای دفع رانشها، کلاف سطوح جانبی و مهار عناصر بنا را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم:

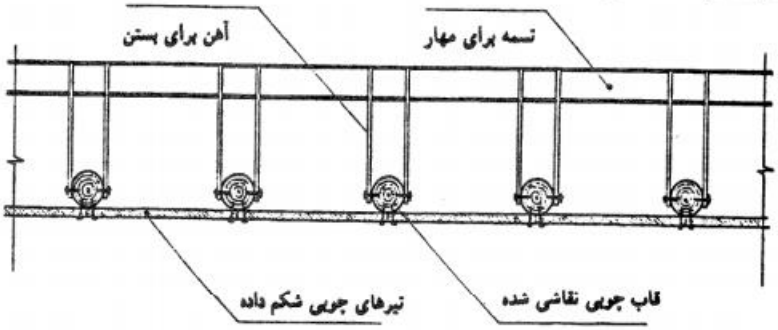
۱.۲.۱۰ آهن کشی

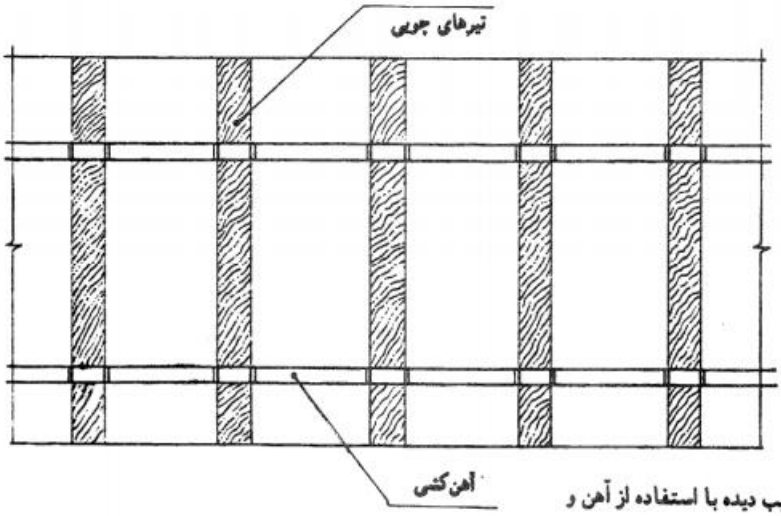
از این روش در قسمتهایی از بنا که به‌صورت خطی و مستقیم عمل می‌کند و نیاز به مهار نیروهای رانشی دارد، استفاده می‌شود، مانند سردر ایوانها و تاق شبستانها (شکلهای ۱ و ۲).

تصویر ۱ ارومیه ـ مسجد جامع، آهن‌کشی، جاسازی در دیوار بر پایهٔ عمودی.

تصویر ۲ ارومیه ـ مسجد جامع، آهن‌کشی، پی‌سازی و صفحه‌گذاری پایهٔ عمودی.

تصویر ۳ ارومیه ـ مسجد جامع، آهن‌کشی، پایه‌های کمکی عمودی در روی بام بر روی پایه‌های اصلی بنا.





شکل ۲ تقویت پوششهای چوبی سقف آسیب دیده با استفاده از آهن و تسمه‌های مهار.

در سقفهای چوبی که به صورت کشویی اجرا شده‌اند و در بخش زیرین آنها نقاشی وجود دارد و یا کشویی چوبی دارای ارزش نگهداری است، طبق شکل ۲ تسمه‌های فلزی تیرچوبی را به آهن جدید مورد استفاده می‌بندند و کل سقف به‌صورت معلق با نیروهای جدید ستون آهنی عمل می‌کنند.

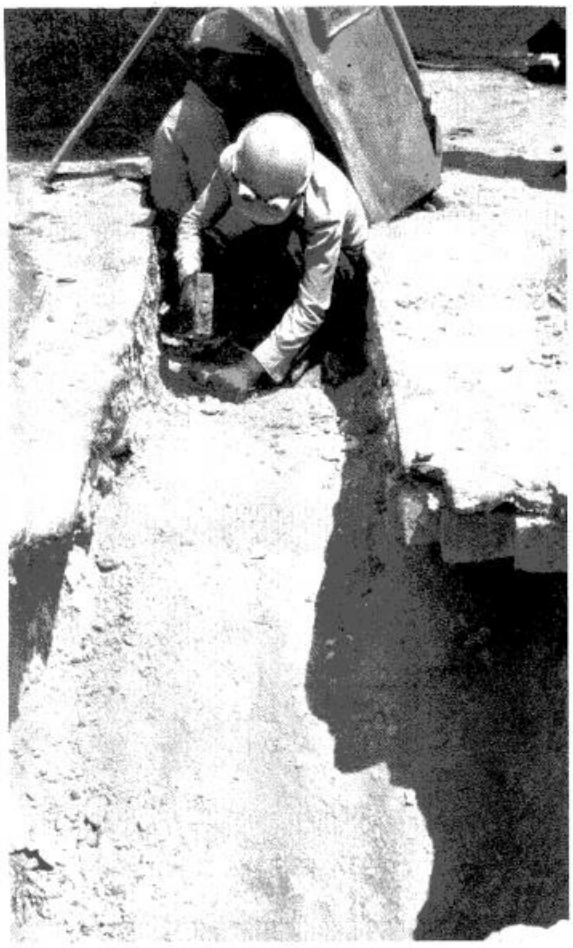
مراحل مختلف آهن کشی: برای رفع نیروهای رانشی در یک ایوان عمل آهن کشی (با استفاده از بتون، چوب و آهن) انجام می‌گیرد که مراحل اجرایی آن به شرح زیراست:

۱. پیش از هرگونه اقدامی، عملیات احتیاطی، حفاظتی و شمع بندی و رفع خطر در بنا پیشبینی و انجام می‌شود.

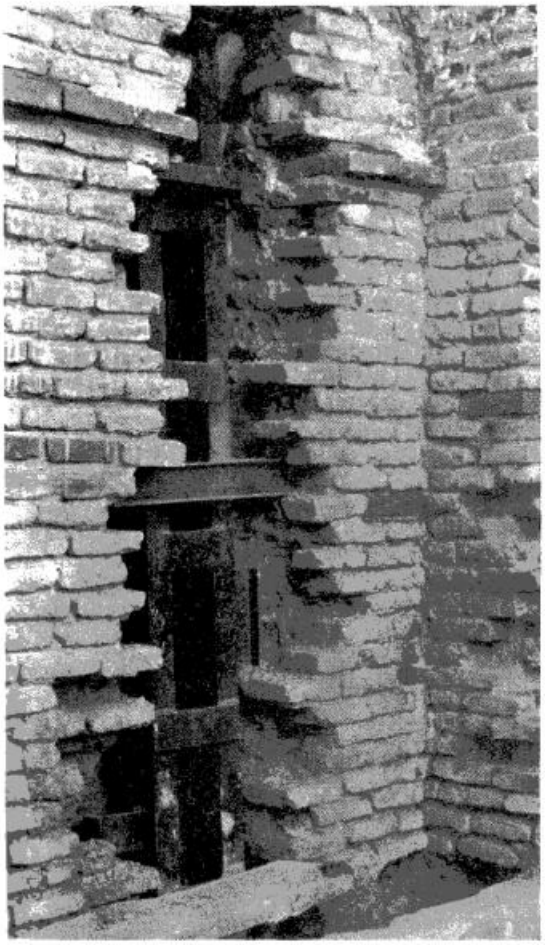
۲. پی کنی و جاسازی مصالح فوق باید زیر نظر متخصصان مرمت انجام شود، به نحوی که صدمه‌ای به لایه‌های احتمالی تاریخی و یا پی اصلی بنا وارد نشود.

۳. چون این مصالح کششی باید حتی المقدور در بنا گم یا مخفی شوند (آهن گم)، لازم است قبلاً محل کارگذاری مصالح فوق کاملاً بررسی و مصالح به کار رفتهٔ قبلی ضمن جابه‌جایی شماره گذاری و با دقت کامل برداشته شوند، به گونه‌ای که پس از انجام عملیات عیناً به جای اصلی خود بازگردانده ونصب شوند.

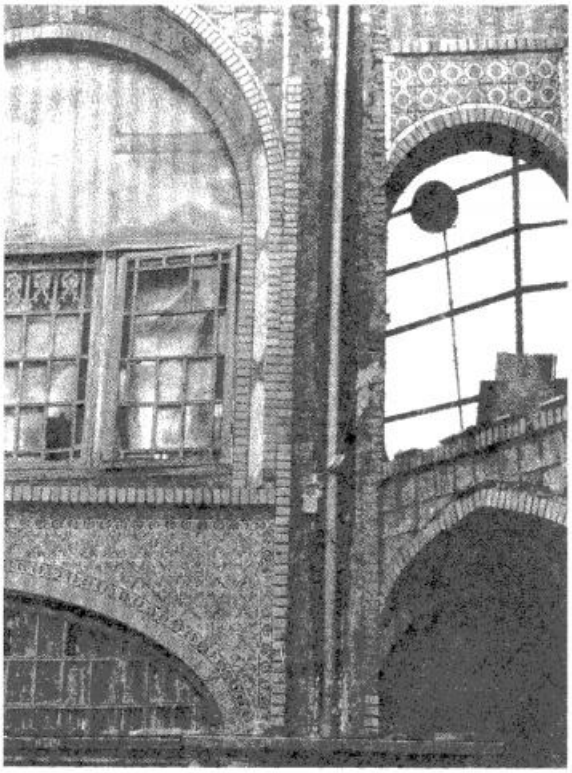
۴. پس از جاسازی لازم در پی و دیوار وسقف، مصالح مورد نظربا دقت لازم کارگذاری می‌شود و پس از اطمینان از صحت کار، نماسازی براساس برداشت اولیه مجدداً انجام می‌شود، به نحوی که پس از انجام اقدامات فوق تغییر قابل توجهی در ظاهر بنا رخ ندهد.



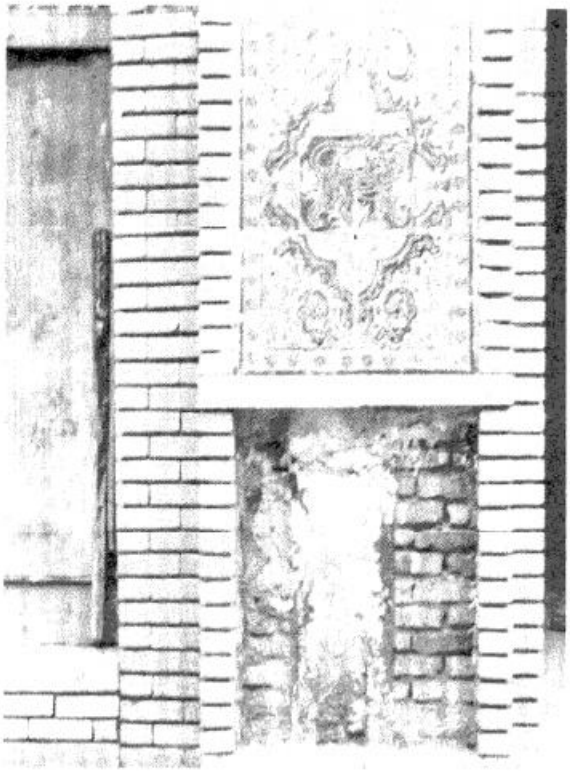
تصویر ۴ ارومیه ـ مسجد جامع، آهن‌کشی، پایه‌های کمکی عمودی در روی بام بر روی پایه‌های اصلی بنا.



تصویر ۵ ارومیه ـ مسجد جامع، آهن‌کشی در دیوار شبستان.



تصویر ۶ کرمانشاه ـ تکیهٔ معاون الملک، آهن‌کشی.

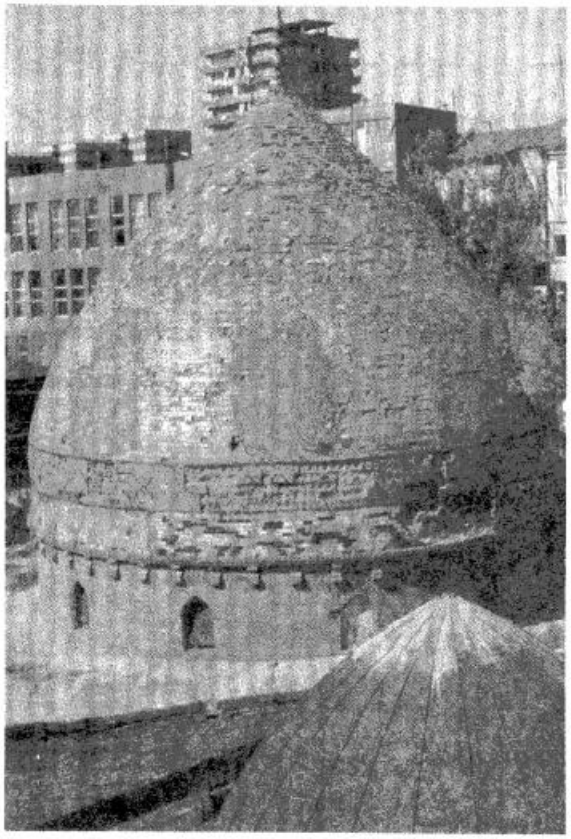


تصویر ۷ کرمانشاه ـ تکیهٔ معاون‌الملک، آهن‌کشی.

۲.۲.۱۰ کلاف کشی

دربخشهایی ازبنا که نیروهای رانشی به صورت جانبی در پیرامون عنصری از بنا عمل می‌کنند، نیروهای رانشی را خنثی می‌کنند، مانند کلاف کشی اطراف گنبدها.

نحوهٔ اجرای شیوهٔ کلاف کشی: در ابنیهٔ تاریخی و سنتی با توجه به مصالح و فرم بنا، که بیشتر به صورت گنبدی و منحنی است، رانشهایی‌بوجود می‌آید. به‌علت نبودن مصالح کششی و ضعفی که در چوب موجود است، اجباراً از خود مصالح به صورت وزنی برای خنثی کردن نیروهای رانشی استفاده شده است. حتی در گنبدها، به این ترتیب ازاین روش استفاده شده است که در پیرامون گنبد در هر تقسیم بندی از ۴ به ۸ و ۱۶ و... در پشت قوس کلافهای آجری کاملاً منسجم احداث می‌شد که این امر به علت وزنی که به پوشش قوس وارد می‌آورد باعث تعادل در قوسهای باربرگنبد می‌شد. اما به مرور زمان و با ضعف مصالح و ملات و کهولت بنا، این چسبندگی و انسجام کاهش می‌یابد و



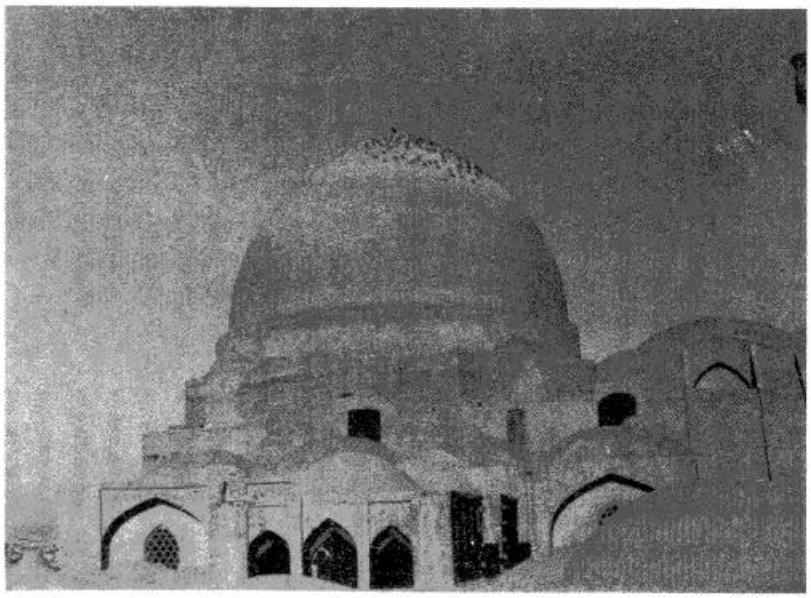
تصویر ۸ ایروان ـ مسجد جامع، کلاف‌کشی فلزی گنبد.

تصویر ۹ ایروان ـ مسجد جامع، کلاف‌کشی فلزی گنبد (جزئیات).
تهران، قره کلیسای خوی.

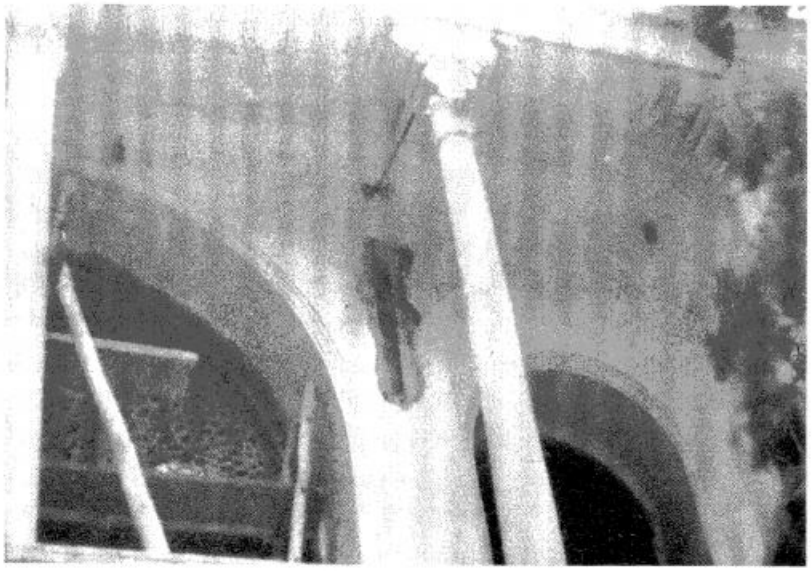
نیروهای رانشی درجهت معکوس این ضعف وارد عمل می‌شوند و رانشهای شدیدی در گنبدها وقوسها ایجاد می‌کنند.

درحال حاضر که مصالح کششی در دسترس قرار دارند، در مواقع لزوم در بناهایی که دچار ضعف شده‌اند، می‌توان در داخل کلاف آجری، کلاف فلزی یا بتونی با محاسبات دقیق احداث کرد. این کلاف کاملاً در داخل مصالح به صورت گم کارگذاری می‌شود، مگر در مواقعی که این امکان وجود نداشته باشد و آن را به صورت هویدا (اکسپوز) باقی بگذارند.

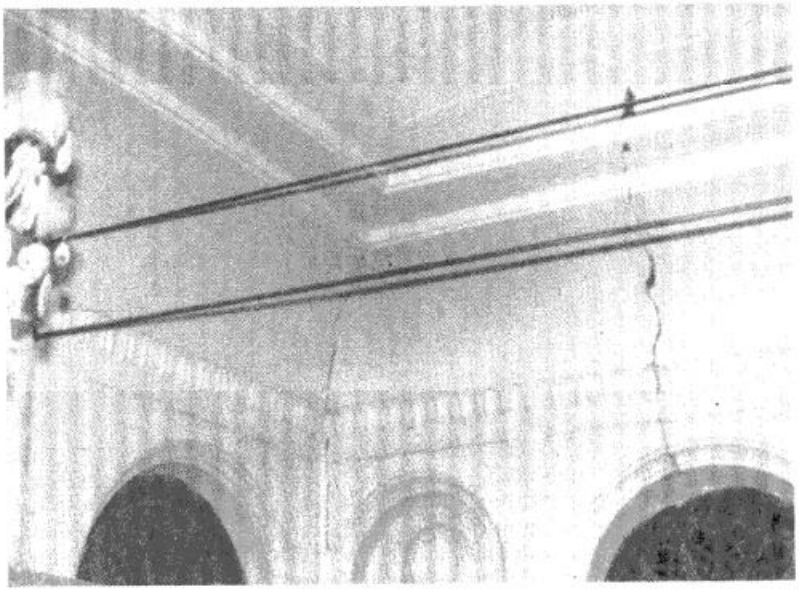
کلافهایی که در اطراف گنبدها برای گرفتن رانشهای گنبد احداث می‌شود لازم است در نقاطی که امکان دارد، در داخل پایه‌ها تا اندازه‌ای به صورت میخ عمل کند تا کلاف قدرت بیشتری برای خنثی کردن نیروهای گنبد داشته باشد. نمونه‌های بسیاری را از این نوع کلاف‌کشی می‌توان ارائه کرد، نظیر مسجد جامع ارومیه، مسجد حاج رجبعلی در



تصویر ۱۰ اصفهان ـ مسجد جامع، کلاف سنتی آجری.



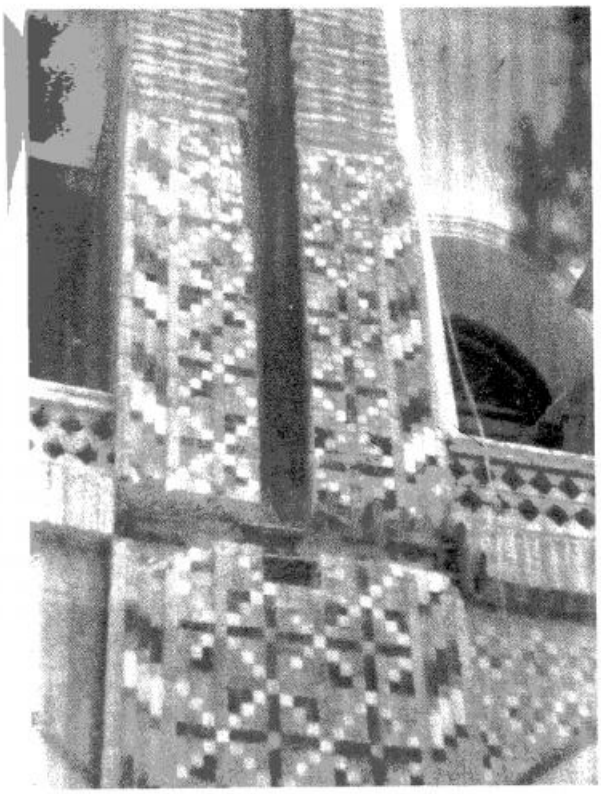
تصویر ۱۱ ماهان ـ مقبرهٔ شاه نعمت‌الله ولی، استفاده ازمیل مهار (به کمک آهن برای تقویت سطح اتکای میل مهار)؛ ایجاد انسجام در سازهٔ بنا، ارتباط استاتیکی بین ستون و جداره‌ها.



تصویر ۱۲ رفع عارضه به‌وسیلهٔ میل مهار.

۳.۲.۱۰ مهارکردن

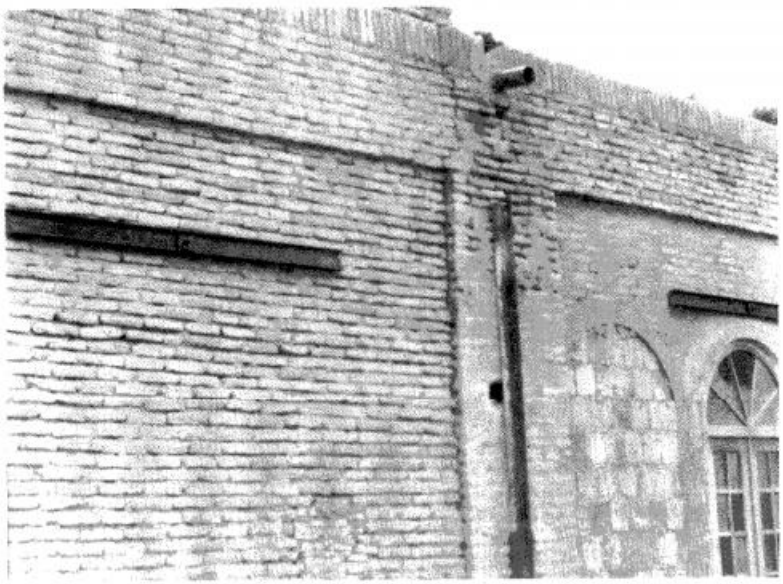
این روش در ساختمانهایی کاربرد دارد که مصالح اصلی بنا نیروی ایستایی خود را از دست داده‌اند و لازم باشد که در وضعیت خود به صورت معلق یا کششی تثبیت گردند. با توجه به اینکه انقباض و انبساط در میل مهار، خود موجب آسیب می‌گردند، بهتر است این عمل با استفاده از آهن پیش تنیده که دارای کمترین میزان انقباض و انبساط است صورت گیرد. به منظور تقویت سطح اتکای میل مهارنیز از آهن در جداره‌ها استفاده می‌شود.



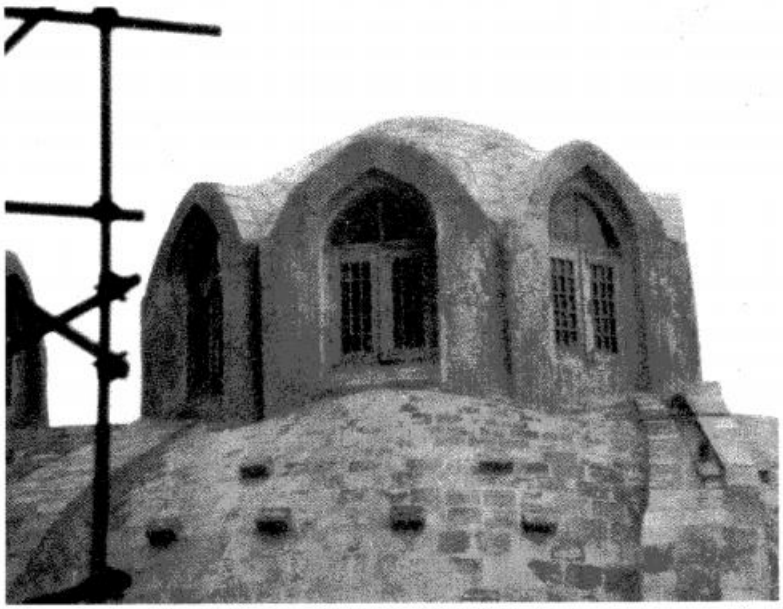
تصویر ۱۳ کلاف آهن برای تقویت سطح اتکای میل مهار در ستون باربر و همچنین در سقف طبقهٔ زیرین.

۴.۲.۱۰ دوخت و دوز

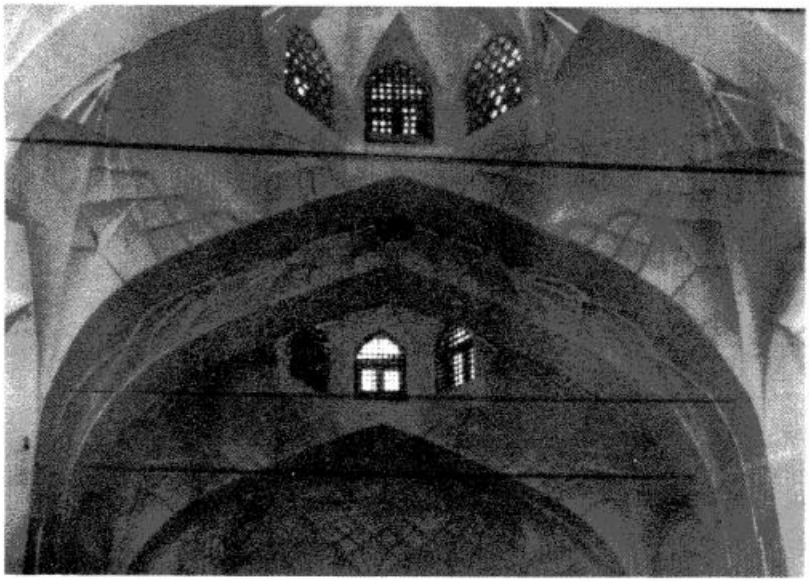
در قسمتهایی از بنا که زمانی به علت رانش ترک خورده‌اند ولی کار اساسی خنثی کردن نیروها در آنها انجام و بنا تثبیت شده است، به طور موضعی با توجه به نوع مصالح و شیوهٔ ساخت به دوخت و دوز و ترسیم ترکها می‌پردازیم.



تصویر ۱۴ کلاف آهنی برای تقویت سطح اتکا. می‌توان در مکانهایی که خارج از دید است، گذاشت که میل مهار پیش تنیده در دید باقی بماند (به‌صورت اکسپوز).



تصویر ۱۵ ماهان ـ مقبرهٔ شاه نعمت‌الله ولی، یکی از نورگیرهای پوشش سقف، نحوهٔ اتصال میل مهارها به کمک کلاف آهنی و پیچ و مهره.



تصویر ۱۶ ماهان ـ مقبرهٔ شاه نعمت‌الله ولی، میل مهارهای کار گذاشته شده در سال ۱۳۴۲.

انجمن مهندسی ایران

درس یازدهم

حریمها و ضوابط حفاظتی بناهای ارزشمند

فرهنگی - تاریخی

■

۱.۱۱ تعریف حریم

هر اثری، با توجه به زمان ومکان ساخت، از دسترسیها و مفصلهایی حیاتی برخودار بوده و ضمن استقرار در بافت طبیعی، شهری و روستایی با محیط و بستر طبیعی خود انس و الفت یافته و به گونه‌ای ارتباط برقرار کرده است. این همزیستی تاریخی – طبیعی با الحاقات حاشیه‌ای بناها نیز هماهنگی کامل داشته، همسو با جریان تاریخ و فرهنگ و اعتقادات بوده و فن مورد استفاده در آن نیز با جغرافیای طبیعی مکان همخوانی داشته است. امروزه تغییرشیوهٔ زندگی، کاربرد مصالح و پیدایش روشهای گوناگون طراحی و اجرا (ضمن خدشه‌دار کردن وحدت جغرافیایی) نوعی انقطاع در تسلسل تاریخی بافتهای شهری و روستایی پدید آورده است. طبعاً این تغییر و مداخلات شتابزده‌اند و سرعتشان مهار نمی‌شود و در نتیجه شریان حیات طبیعی و عادی بافتهای شهری و روستایی و طبیعت را مورد تهاجم قرار داده و ماحصل تجارب چندین قرن حیات هنری، فرهنگی، اقتصادی اقوام و ملل را خدشه‌دار کرده است. بی‌تردید تغییر و تحول جزو ذات همهٔ امور است، ولی هدایت و کنترل تغییر ضرورت اجتناب ناپذیر زمان حال است. این ارتباط و این هدایت همانند هدایت جریان برق با فشار قوی است که به مبدل نیاز دارد تا بتواند جریان قوی را تضعیف و در حد قابل تحمل و استفاده وارد مدار زندگی روزمره کند.

چنانچه شاهد بوده‌ایم، تحولات مختلف تاریخی سبب جدا شدن بناها از بافت طبیعی، روستایی و شهری خود شده‌اند. به هر تقدیر، چه این انفصال رخ داده باشد و چه بنا در همان وضعیت به حیات خود ادامه دهد، پیش‌بینی حریم و ضوابط ویژهٔ حفاظتی ضروری است تا بتواند این بناها را از ضایعات و صدمات احتمالی مصون دارد. به دلیل تعدد آثار وابنیهٔ موجود با شرایط متفاوت می‌توان با یک بررسی کلی خطوط مشترکی را برای حفاظت ابنیه با عنوان ضوابط حریمی ترسیم کرد.

این ضوابط با توجه به نوع اثر به شرح زیر قابل بررسی است: ابنیه‌ای که در داخل بافتهای شهری هم اکنون به زندگی خود ادامه می‌دهند، مانند مساجد، حسینیه‌ها، تکایا، بازارچه‌ها، کاروانسراها، آب انبارها، امامزاده‌ها وغیره. در کلیهٔ این موارد و موارد مشابه، مطالعات تاریخی و تصویری و باستان شناسی و تطبیقی و تشبیهی وبرداشت فیزیکی و ارزشیابی بنا از لحاظ تاریخی – هنری، ضمن توجه به نیازهای روز از قبیل تأسیسات شهری وغیره ضروری است.

۱.۱.۱۱ حریم فنی بنا

رعایت اصول زیر در مورد حریم فنی بنا ضروری است:

۱. ممانعت از ایجاد پی‌های بزرگ که در تشدید رانش پی‌ها مؤثر است.

۲. ممانعت از احداث کارگاهها وکارخانه‌هایی که دود و صدا ایجاد می‌کنند و موجب پراکندگی مواد شیمیایی مضر می‌شوند.

۳. ممانعت از احداث بزرگراهها وجاده‌های سریع السیر که ایجاد صدا و لرزش می‌کنند.

۴. ممانعت از حفر چاههای آب عمیق و نیمه عمیق که باعث تغییر سطح آبهای زیرزمین (کاهش یا افزایش) می‌شوند.

۵. ممانعت از کاشتن درخت در حاشیهٔ بنا.

۶. ممانعت از حفر چاههای فاضلاب و کانالهای آبرسانی درکنار بنا.

۷. جلوگیری از تخریب بناهای وابسته به ابنیهٔ ارزشمند و تاریخی (مانند ساباط ها و پشت‌بندها که در حفظ تعادل و جلوگیری از رانش آنها مؤثر هستند).

۸. با توجه به کثرت و تنوع کیفی و فنی انواع بناهای تاریخی موجود درکشور، تشخیص فاصلهٔ فیزیکی این حریم بستگی به نوع اثر، مصالح به کار رفته، ارتفاع، ابعاد مجموعه و وضعیت طبیعی محوطه و مطالعهٔ زمین شناسی دارد و در نهایت، نظر فنی کارشناسان

متخصص امر مرمت در هرکدام از موارد ضروری است.

۲.۱.۱۱ حریم منظری ابنیه

طبق مطالعات به عمل آمده در مورد ابنیهٔ تاریخی، چنین استنباط می‌شود که کلیهٔ ابنیهٔ تاریخی از لحاظ منظر وچشم انداز با فضاهای معماری ـ شهرسازی اطراف ومناظر طبیعی از قبیل کوهها، دره‌ها، رودخانه‌ها، جنگلها و ... نوعی رابطهٔ سنجیده دارند ـ یعنی نوعی اشراف و محرمیت با فضاهای اطراف در آنها دیده می‌شود. حفظ این ارزشهای ارتباطی محیطی، طبیعی وانسانی ضروری است و دراین راستا رعایت مقررات زیر ضرورت دارد:

۱. ممانعت از احداث بناهای مرتفعی که باعث اختلال در هماهنگی محیط می‌شوند و دید و چشم انداز موجود را تحت الشعاع قرار می‌دهند.

۲. ممانعت از افزایش یا کاهش تراکم موجود، زیرا افزایش تراکم لاجرم احداث تأسیسات جدید شهری را به دنبال خواهد داشت که آن بخش از بافت شهری ظرفیت پذیرش آنها را ندارد. کاهش تراکم نیز موجب رکود اقتصادی و حیاتی مجموعه یا بنا می‌شود.

۳. ممانعت از به کار بردن مصالح ناموزون و ناهماهنگ در کنار بنا(همانند استفاده از سنگ پلاک که در بافتهای خشت و گلی مورد استفاده قرار می‌گیرد). شایان ذکر است که در مواردی استثنایی، پس از مطالعات و پژوهشهای اولیه در امر طراحی و اجرا و به دلایل منطقی، استفاده از فن و مصالح جدید قابل توجیه است.

۴. ساماندهی، تقویت و حفظ محیط طبیعی بنا.

۵. ساماندهی و ایجاد فضای سبز در حریم ابنیه با در نظر داشتن ضوابط فنی و باستانشناختی.

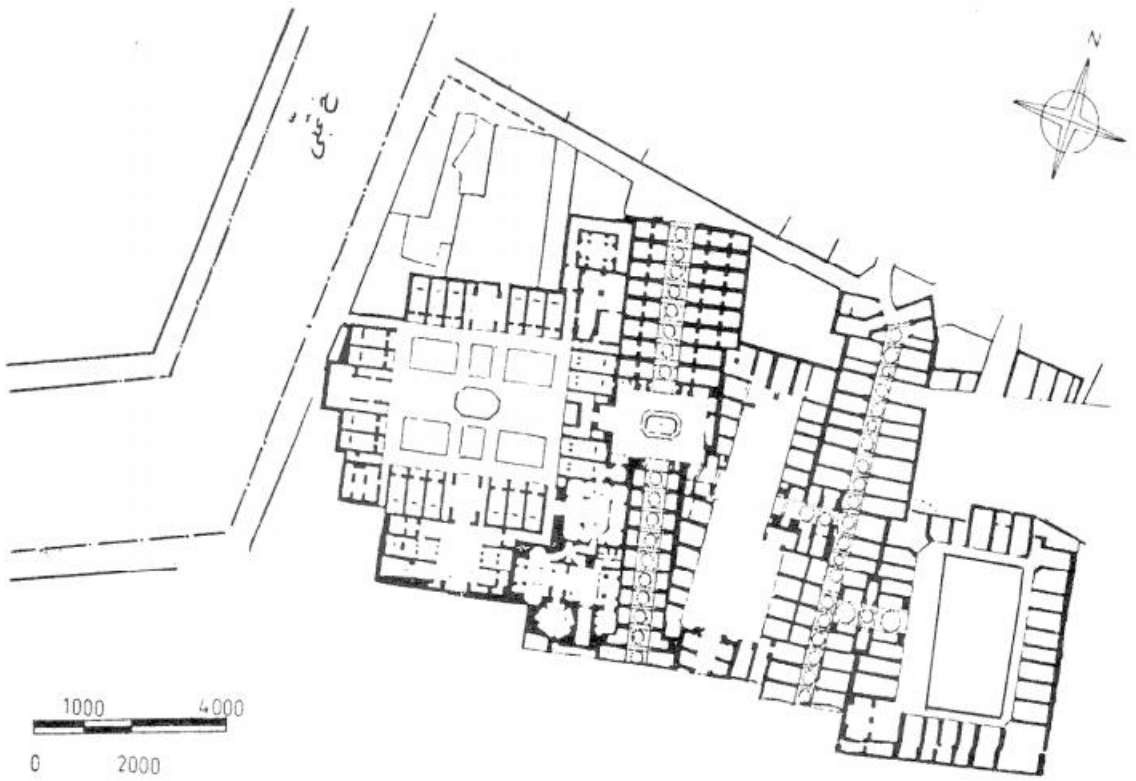
تصویر ۱ ورامین ـ برج علاءالدین، مرمت جامع، محوطه‌سازی و احیا (عملکردی).

۳.۱.۱۱ حریم کیفی ابنیه

منظور از حریم کیفی، ایجاد شرایط مناسب ومساعد برای ادامهٔ حیات کیفی و کمی ابنیه در ترکیب موزون عناصر است. براساس مطالعات به عمل آمده در مورد مجموعه‌های شهری، چنین استنباط می‌شود که ویژگی عمدهٔ معماری ـ شهرسازی شهرهای تاریخی ارتباط پیوستهٔ عناصر و دانه‌هاست، تاحدی که حتی گاه دانه‌ای از عناصر مجموعه نقش پشتبند را ایفا می‌کند. ارزش واقعی هر کدام از بُناها نیز بسته به ارزش زنجیره‌ای مجموعه است، مانند مجموعهٔ ابراهیم خان کرمان شامل بازار، مدرسه، حمام، آب انبار و... (شکلهای ۱ و۲) یا مجموعهٔ وکیل کرمان شامل مسجد، کاروانسرا، حمام، بازارچه (شکلهای ۳و۴). دراین زمینه رعایت ضوابط زیر ضروری است:

۱. ممانعت از تخریب طبیعی و تعمدی ابنیه‌ای که به مرور زمان و با استمراری فرهنگی شکل گرفته و به حریم بنا ملحق شده‌اند.

شکل ۱ وضعیت فعلی مجموعهٔ ابراهیم‌خان کرمان.
خیابان تجلی بافت پیوسته‌ای را که در نقشهٔ زیر مشاهده می‌گردد از هم گسسته و حرکت سواره را وارد محور اصلی پیادهٔ شهری کرده است.

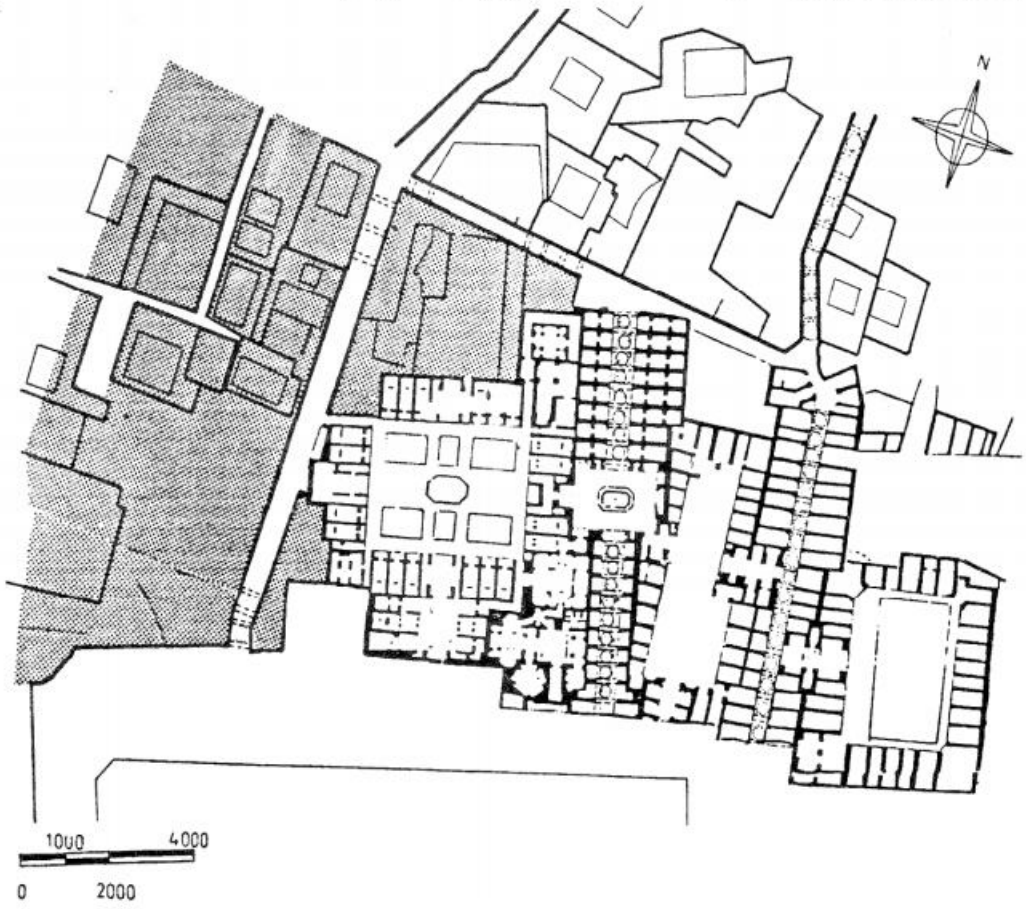


۲. بازسازی مجدد و احیای بناهایی که در حریم بنا براثر استمراری فرهنگی ایجاد شده‌اند.

۳. با توجه به اینکه یکی از ارزشهای کیفی ابنیهٔ تاریخی کشور ما ترکیب مجموعه و زندگی هر بنا با الحاقات و ابنیهٔ وابسته بدان و در اطراف آن است (با استناد به بخش الف، بند ۳) و با توجه به ویژگی خاص معماری اسلامی ایرانی (درونگرایی) ضروری است که در حفظ این انسجام کیفی محیط و این ترکیب سعی تمام بشود تا از یادمان سازی پرهیز گردد. برای این کار باید به موارد زیر توجه داشت:

- جلوگیری از تعریض و میدان سازی در مقابل بنای تاریخی؛
- جلوگیری از عریان سازی بنا از ملحقات تاریخی و دانه‌های ترکیبی اطراف آن؛
- تلاش در حفظ ترکیب دانه‌های تشکیل دهندهٔ بافت شهری که درکنار بنای تاریخی مستقرند.

شکل ۲ بازسازی تصوری ابنیه، فضاهای باز، ساباط وگذرهای قدیمی در محدودهٔ مجموعهٔ ابراهیم‌خان کرمان (عطف به عکس هوایی سال ۱۳۳۵، پیش از گسسته شدن بافت).



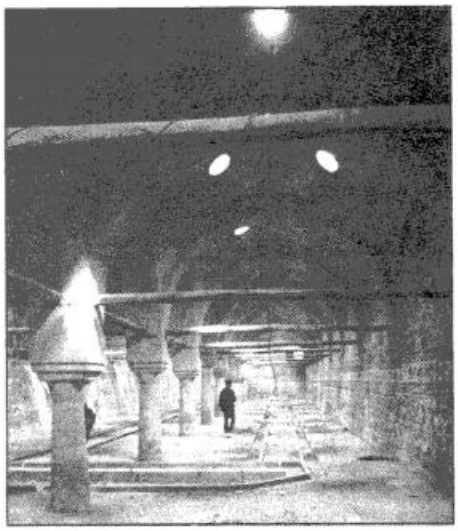
شکل ۳ کرمان، وضعیت کنونی مجموعهٔ وکیل و مدرسهٔ (خانهٔ) سردار نصرت.*

ضمن مقایسهٔ پلانیمتری فوق با شکل ۴، مشاهده می‌گردد که خطوط اصلی تشکیل دهندهٔ بافت شهری به‌تدریج از بین می‌روند و عناصر و تک بناها به‌صورت محصور باقی می‌مانند. طبعاً ضروری است که به مرمت مجموعه‌های شهری فوق پرداخته شود. با چنین دیدگاهی وضع مجموعه‌ها پیش از تخریب و گسستگی مورد بررسی قرار می‌گیرد و مرمت شهری موظف است توجه ویژه‌ای به وضع سابق کند.

* مأخذ: دکتر اصغر محمد مرادی، « طرح محور فرهنگی تاریخی کرمان »، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۷۲.

شکل ۴ بازسازی تصوری مجموعهٔ وکیل و خانهٔ سردار نصرت (با عطف به عکس هوایی سال ۱۳۳۵). *
ساباطهای موجود بین خانهٔ سردار نصرت و کاروانسرای وکیل، ضمن ایجاد گذر مطلوب و متناسب با اقلیم، نقش نیارشی را در ارتباط با دو بنا ایفا می‌کرده است. همچنین ویژگی پیوسته و در هم تنیدهٔ بافت قابل ملاحظه است.
* مأخذ: همان.

انجمن معماری ایران



درس دوازدهم

احیا به‌عنوان مهمترین اصل در نگهداری ابنیه

فرهنگی ـ تاریخی

تغییر ذات هستی است. نیازهای زندگی نیز مشمول این دگرگونی است. ما وارث بنایی تاریخی به عنوان یک سند و یک اثر هنری هستیم که مکان تاریخی و محیط طبیعی و همچنین کالبد آن از لحاظ ویژگی معماری و اجتماعی برای ما ارزشمند است. در چنین شرایطی، تعمیر و تحکیم و مرمت جامع ودر نهایت بازگرداندن حیات تازه به بنا امری ضروری است، به سه دلیل:

۱. اگر درآن بنا کمتر زندگی شود، در نتیجهٔ عدم مراقبت کافی در معرض خطر عوامل فرساینده قرار می‌گیرد.

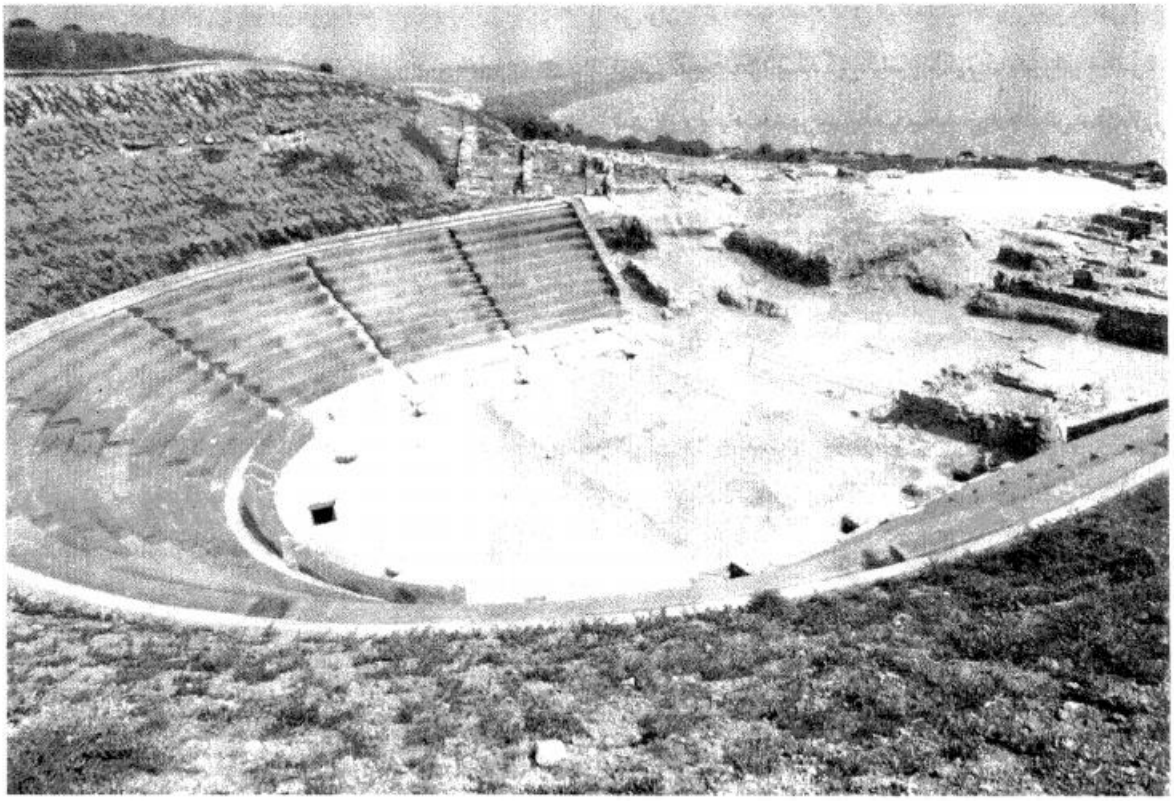
۲. با استفادهٔ بهینه، ضمن حفظ ارزش فرهنگی، تاریخی و هنری بنا، از آن استفادهٔ اقتصادی نیز شده است.

۳. رعایت اصل احیا منوط به حفظ ویژگی معماری وسندیت تاریخی بنا از قبیل فضای خالی و پر، ارتفاع و کلیهٔ روابط فضایی و تاریخی آن است.

با توجه به این واقعیت که بنای تاریخی دارای کالبدی است خاص، کالبدی که از پیش دارای یک طرح مشخص بوده و به ما انتقال یافته است، مداخلات زیاد درآن امکانپذیر نیست. عملکرد جدید را نیز باید سنجیده وهماهنگ با فضا انتخاب کرد و به‌این ترتیب از تواناییهای بنا و یا بافت شهری سود برد.

دراین زمینه ذکر چند نمونه تغییر کاربری پس از احیا ضروری به نظر می‌رسد: خانهٔ رسولیان در یزد که کاربری دانشکدهٔ معماری یافته است؛ توحید خانهٔ اصفهان که به دانشکدهٔ معماری پردیس تبدیل شده است؛ حمام وزیر در محلهٔ جمالهٔ اصفهان که کاربری کانون پرورش فکری کودکان ونوجوانان یافته است.

برای احیای یک بنای تاریخی یا یک بافت شهری با ارزش به منظور بهره برداری ازآن لازم است به موارد زیر توجه کنیم: فضاهای تدارکاتی از قبیل خدمات لازم برای



تصویر ۱ جنوب ایتالیا ـ تئاتر یونانی إراکلئا، مرمت استحفاظی ضمن استفادهٔ موقت از بنا در فصول خاص.

تضمین حیات عملکردی بنا یا بافت شهری فراهم گردد. به این منظور باید:

الف) فضاهایی در دل بنا، مجموعه و یا بافت شهری ایجاد و احداث شود. از این طریق می‌توان کمبودهای عملکردی بنا را جبران کرد. تأمین این فضاها مشروط به رعایت کامل مسائل حفاظتی، تاریخی، هنری و منوط به مطالعات پژوهشی وتحقیقی مدون است. بی تردید پس از مطالعه و شناسایی دقیق عملکرد کلیهٔ فضاهای موجود، انتخاب فوق انجام می‌گیرد.

ب) فضاهایی در خارج از بنا و در حواشی آن یا در خارج از بافت شهری و یا مجموعهٔ با ارزش ایجاد شود. این اقدام از دو جهت قابل بررسی است : رفع نیازهای مقطعی؛ و تزریق حیات تازه به بنا، مجموعه و یا بافت شهری .

۱.۱۲ نیازهای قابل پیشبینی ابنیه

باتوجه به زمان تاریخی بنا و یا مجموعه و بافت شهری، در مقابل اثری احداث شده هستیم که در زمان و مکانی ویژه و به منظور نیازی خاص طراحی و ساخته شده است. مجموعه‌ای از ارزشهای تاریخی، هنری و مضامین اعتقادی پیش روی ماست که دخل و تصرف در آن منوط و مشروط به رعایت موارد زیر است:

الف) ارزش بنا از نظر آموزشی: گذشتهٔ اثر به مثابهٔ یادواره یا انتقال تجربه؛ چه‌بسا بتوان برای استخراج شیوه و روشی در ساخت و ساز، آن را مورد ارزیابی قرارداد. پس دقت کافی در این زمینه ضروری است.

ب) کاربری گذشتهٔ بنا ممکن است با توجه به نیازهای امروزی زندگی و پیشرفت سریع در تمامی زمینه‌ها تکرار ناپذیر باشد، ولی باید در انتخاب کاربری جدید به تناسب آن با بنا توجه کرد.

اقداماتی را که در بنا، مجموعه و یا بافت شهری انجام می‌شود می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

الف) رفع نیازهای روزمرهٔ خدماتی، از قبیل آب، برق، تلفن و غیره: برای مثال، بنایی که در گذشته احداث شده، از نظر آبرسانی تابع شرایط خاص زمان خود بوده است که امروز با توجه به امکانات جدید ضرورت پرداختن به آن به‌عنوان یک طرح احساس می‌شود، و یا سایر تأسیسات از قبیل دفع آبهای زاید سطحی، و آبهای زیرزمینی و لوله‌های گاز، برق، تلفن و حتی پست برق و غیره همه از ضروریات اجتناب ناپذیر است که مستلزم طرحی ویژه وگاه نوعی طراحی متفاوت با بافت جدید شهری و یا بناهای مدرن است.

پس ضرورت دارد که طرحهای ویژه‌ای برای موارد فوق مورد مطالعه، طراحی و اجرا قرار گیرد.

ب) رفع نیازهای فرهنگی و اجتماعی و . . . : در این زمینه ممکن است بتوان با اختصاص عملکردی فرهنگی به بنا واستفادهٔ مطلوب از آن بنایی را زنده کرد. بدین ترتیب می‌توان با توجه به تعداد قابل توجه ابنیهٔ قدیمی این عمل را به نوعی تقویت خود بسندگی کشور تلقی کرد. برای مجموعهٔ شهری و یا بافت شهری، مطلب پیچیده‌تر وجالبتر است، زیرا رفع نیازهای محلهٔ قدیمی از قبیل خدمات شهری جزو بدیهیات است.

گذشته از نیازهای کارکردی از قبیل پست برق، اطفای حریق، مراکز بهداشتی، مراکز دفع زباله، محل بازی کودکان و . . .، که خود براساس مطالعات و آمار و ارقام انجام می‌شود، لازم است به مسئلهٔ تزریق حیات از طریق روشهای جدید توجه کنیم. بدین معنی که فضاهایی در بافت شناسایی و عملکردهایی ویژه که در زندگی بخشیدن به بافت مؤثرند انتخاب شود، مانند ایجاد خوابگاههای دانشجویی یا مراکز فرهنگی در دل بافت قدیم.

ایجاد گشایشهای تنفسی در فضاهای متروکه و مخروبه، ایجاد گشایشهای محله‌ای و . . . در عین حال باید با توجه به مسائل زیست محیطی و طبیعی انجام گیرد. برای مثال، باید مظهر قناتها و یا باغها و فضاهای ویژهٔ طبیعی، که

حیات و شکل گیری مجموعه‌ها بی ارتباط با آنها نبوده است، مورد مطالعه و بررسی واقع شوند. به طور قطع، با تقویت و احیای آنها می‌توان هویت بافت را تقویت کرد و در احیای ویژگی واقعی آن تلاش کرد. احیای فیزیکی بافت نیز مسئله‌ای درونی است و نه بیرونی، و راه‌حلها والگوها باید از خود بافت قدیم الهام گیرند. ضمن توجه به مسائل تولید، عرضه و روابط فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی - که به نوبهٔ خود نقش اساسی در احیای ابنیه، مجموعه‌ها و بافتهای شهری دارند- این الهام و الگو برداری باید با توجه به موارد زیر انجام گیرد:

۱. سنن مذهبی و مردمی در بافت قدیم
۲. انواع صنایع بومی
۳. شناخت روش تولید و عرضه
۴. حرایم و اشراف در ابنیه و بافت قدیم
۵. روابط بین فضاهای پر و خالی در بنا، مجموعه و بافت شهری
۶. گونه شناسی بنا، مجموعه و یا بافت شهری
۷. گونه شناسی معماری موجود
۸. ارتفاع ساخت وساز موجود
۹. مصالح مورد استفاده
۱۰. رنگ
۱۱. تکنیکهای به کاربرده شده
۱۲. مناظر طبیعی و چشم اندازها

در نهایت، در اتخاذ سیاستهای مرمت شهری باید به ایمن سازی مجموعه و بافت قدیمی شهری در مقابل عوامل سریع تخریب مثل زلزله توجه کرد.

۲.۱۲ تک بناهای قدیمی حائز ارزش فرهنگی، تاریخی و هنری:

۱.۲.۱۲ ابنیهٔ ویژه (تک بناهای خاص)

این بناها از لحاظ ویژگی تاریخی، هنری، فرهنگی منحصر به فردند و جنبهٔ باستانی یافته‌اند. حفاظت و مرمت این ابنیه مستلزم شیوه‌های ویژه‌ای است که با نظارت کارشناسان خبرهٔ متخصص امر مرمت صورت می‌گیرد.

۲.۲.۱۲ ابنیهٔ قدیمی سازگارتر با عملکردهای روز

این بناها منحصر به فرد نیستند و در عین حال ارزشهای تاریخی، مذهبی و هنری دارند، حاوی پیام ودارای الگوی خاصی در معماری هستند، مانند مساجد، کاروانسراها، خانه‌های قدیمی، آب انبارها، یخچالها، حمامها، بازارها، بازارچه ها و .... این نوع ابنیه که در شهرهای قدیمی به صورت پراکنده و به تعداد بسیار وگاهی به صورت متمرکز وجود دارند، سرمایه‌ای ملی محسوب می شوند و سندی حاکی از شیوهٔ زندگی، ساخت و ساز، مصالح، تیپولوژی (گونه شناسی) معماری، فرهنگ مردمی، تولید، عرضه، اتراق و ... هستند. درعین حال، می‌توان بخش عمده‌ای از نیازهای روز شهری وروستایی ومحله‌ای را از طریق احیا و به کارگیری آنها برطرف کرد؛ این امر نوعی کمک به اقتصاد در راستای سیاستهای خود بسندگی است. در مورد این بناها ومجموعه‌ها روش کلی و آزادانه‌تری برای مداخله وجود دارد، بدین مفهوم که با حفظ الگوهای کلی ضمن مرمت و افزودن تأسیسات مورد نیاز و طراحی در فضاهای ضایع پیرامون بنا، به منظور تأمین خدمات مورد نیاز اقدام کرد. این ابنیه دربیشتر نقاط دنیا جزو سرمایه‌های ملی محسوب می‌شوند و به دلیل ویژگیهای تاریخی،طبیعی وزیستی مورد طراحی و استفاده واقع می‌گردند و سهم بسزایی در زندگی شهری و روستایی دارند.

احیای خانه‌ها، گذرهای قدیمی و مجموعه‌های

ارزشمند، ویژگی خاصی به فضای زیستی قدیمی می‌بخشند تا جایی که در بسیاری از نقاط جهان، این مکانها ومحلات قدیمی جزو مطلوبترین و آرامترین و انسانی‌ترین فضاهای شهری محسوب می‌شوند و زندگی در آنها نوعی امتیاز به شمار می‌رود. با اولویت دادن به این فضاهای قدیمی، که پیش از این فاقد حیات بوده‌اند، زندگی تازه ودوباره به آنها بازگردانده می‌شود و با شگردهای ویژهٔ طراحی و اجرا، ضمن حفظ اصالت، بهترین نوع بازدهی بر ایشان میسر می‌شود.

بازسازی با هدف احیای ابنیهٔ تاریخی و قدیمی دارای مقررات ویژه‌ای است:

الف) زمانی که بازسازی برای کمک به حفظ بنا صورت گیرد، مانند بازسازی پوشش گنبدی یک بنا که فرو ریخته است، این اقدام ضمن تضمین بقای بنا، در ایجاد تعادل متقابل بین نیروهای موجود مؤثر واقع می‌شود. با اتمام کار نیز زمینهٔ مناسب برای عملکرد بنا ایجاد می‌شود. این بازسازی به شرطی قابل اجراست که تمامی مسائل مربوط به ایستایی، هماهنگی و مسائل مربوط به تاریخ بنا قبلاً مورد مطالعه قرار گرفته باشد.

در بازسازی می‌توان به روش تاریخی - سنتی عمل کرد یا موقتاً مرمت استحفاظی را انجام داد تا زمانی که براساس مطالعات مدون نظریه پردازان، الگوی متناسب طراحی و دربارهٔ آن داوری شود و پس از انتخاب مناسبترین و بهترین طرح، مرحلهٔ اجرا شروع گردد.(بی‌تردید این مداخله امری هنری تلقی می‌شود؛ در نتیجه، نظریات گوناگونی برای اتخاذ روش موجود است. به هر حال، می‌توان آخرین دستاوردهای تکنولوژیکی و فنی زمان را با روحیهٔ ابداعگرایانه به کارگرفت.)

ب) زمانی که بنایی از لحاظ عملکرد و کاربری مدنظر است و بخشهایی از آن از بین رفته و استفادهٔ بهینه مستلزم بازسازی آن بخشهاست، بخشهای مفقوده با دقت مورد مطالعه و طراحی قرار می‌گیرند، با این پیش‌فرض که فضاهای مفقوده در طرح جدید و در بازسازی باید مورد توجه قرار گیرند.

پ) در بازسازی مجموعه‌ها و محورهای قدیم شهری مانند بازارها آنچه بیش از عناصر واحد(تک بناها) دارای اهمیت و ارزش است، جامعیت و به هم پیوستگی و تسلسل و تنوع شیوهٔ اتصال بخشها و . . . است و ویژگی این مجموعه‌ها درست در همین مفهوم جامع نهفته است. لذا هنگام مرمت آنها شیوهٔ کلی شهرسازی و معماری از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. به همین دلیل می‌توان اقدام به طراحی و اجرای فضاهای گمشده و ضایع با شیوهٔ اصلی و مصالح و تراکم و ارتباطات پر و خالی کرد. ضمن اینکه باید کلیهٔ نیازهای تأسیساتی و خدماتی نیز تأمین شوند.

فهرست منابع

1. Baglioni, A. & G. Guarnerio. *La Ristrutturazione Edilizia* , Ulrico Hoepli Editore, S.P.A, 1982.
2. Croci, Giorgio. *Intuizione e Calcolo Mella Progetattazione delle Strutture* . Tipografia piloda, Roma, Dicembre 1977.
3. Giuliani, Cairoli,F. *Archeologia Documentazione Grafica* . de Luca Editore, 1976.
4. Massari, Giovann. *L'umidita nei Monumenti* , Facolta di Architettura, universita di Roma (ICCROM), Aprile 1969.
5. Torraga, G. *Comportamento Generale dei Materiali da Construzioni verso l'ambiente*. ICCROM, 1997.

انجمن مرمت ایران

Twelve Lessons on Restoration

Ministry of Housing and Urban Development
National Land and Housing Organization

Mohammad Hassan Mohebali, Asghar Mohammad Moradi,
with collaboration of Atssa Amirkabirian