ایکوموس

کمیته علمی بین المللی تحلیل و مرمت سازه های میراث معمارانه

توصیه هائی برای تحلیل، حفاظت و مرمت سازه‌ای میراث معمارانه

مصوب کمیته علمی در نشست پاریس مورخ ۱۳ سپتامبر ۲۰۰۱

و بازبینی شده در می ۲۰۰۳

جورجو کروچی و داوید یومانس

ترجمه باقر آ. شیرازی / بهمن ماه۱۳۸۲

هدف از این سند

سازه های میراث معمارانه، به دلیل همان طبیعت و تاریخ شان (مصالح و ترکیب)، چالش هائی در مسئله تشخیص (diagnosis) و مرمت پیش می آورند که استفاده از کدهای قانونی و استانداردهای متداول در بناهای جدید را برای این سازه هامحدود می سازد.

وجود توصیه ها، هم برای تضمین روشهای معقول تحلیل؛ و نیز برای انجام تعمیرات متناسب با بستر تاریخی، امری مطلوب و ضروری می باشد. توصیه ها برای همه آنهائی که درگیر مسائل مرمت و حفاظت هستند مفید می باشد، ولی به هیچ عنوان نمی تواند جایگزین دانش خاص، حاصل از متون علمی و فرهنگی شوند.

توصیه ها در دو بخش ارائه می شوند: اصول، که در آن مفاهیم حفاظت ارائه شده است؛ و رهنمودها، که در آن قواعد و روشی که طراح می باید دنبال کند مورد بحث قرار گرفته است.

در این سند تنها، بخش اصول است که اعتبار یک سند اصلاح شده/ تصویب شده ایکوموس به شمار می آید.

بخش اول

اصول

۱. معیارهای کلی

۱-۱. حفاظت، تقویت و مرمت میراث معمارانه نیازمند برخوردی چند دانشی است.

۱-۲. ارزش و اصالت میراث معمارانه را نمی توان با معیارهائی ثابت تعیین کرد، زیرا احترام شایسته به هر فرهنگ نیازمند آنست که میراث کالبدی آن در بستر فرهنگی، متعلق به آن دیده شود.

۱-۳. ارزش هر بنای تاریخی نه تنها در تجلی عناصر منفرد آن است، بلکه در تمامیت کلیه اجزاء آن، به عنوان فرآورده ای منحصر به فرد از آن تکنولوژی خاص ساختمانی زمان و مکان آن است. از این رو حذف سازه های داخلی بنا و نگهداری صرف نمای آن پاسخگوی معیارهای حفاظت نمی تواند باشد.

۱-٤. تغییر بالقوه استفاده از بنا باید تمام ضرورتهای ایمنی و حفاظت را مدنظر قرار دهد.

۱-٥. هرگونه مداخله در سازه ای تاریخی، می باید در چهارچوب بستر مرمت و حفاظت کلیت بنا قرار گیرد.

۱-٦. ویژگی سازه های دارای ارزش میراثی، با توجه به پیچیدگی آنها، نیازمند سازماندهی مطالعات و تحلیلهائی است مشابه مراحلی که در طب به کار می رود: سابقه بیماری (anamnesis)، تشخیص (diagnosis)، معالجه (therapy) و کنترلها (controls)، که به ترتیب در ارتباط با بررسی وضع و حالت، شناسائی علل خرابی و فرسایش، انتخاب راه های معالجه و کنترل کارآئی مداخلات می باشد. برای حصول اطمینان از موثر بودن هزینه ها و نیز تاثیر منفی حداقل بر میراث معمارانه غالبا لازمست که با یک روند بازنگرانه این مراحل تکرار شود.

۱-۷. هیچ اقدامی بدون معین کردن نفع و ضرر احتمالی به میراث معمارانه نباید به مرحله اجرا درآید. هرجا که تدابیر فوری پاسداری (safeguard) برای جلوگیری عاجل از فروریختن بنا ضرورت پیدا می کند این اقدامات می باید با حداقل تغییر دائمی در بافت ساختار انجام پذیرد.

۲. تحقیق و تشخیص

۲-۱. معمولا یک گروه چند دانشی، که به اقتضای نوع و مقیاس مسئله انتخاب می شود، می باید که از آغاز کار بررسی محوطه و تهیه برنامه کار مطالعات آن با یکدیگر کار کنند.

۲-۲. معمولا آنچه که در آغاز مورد نیاز است، تحلیل ساده داده ها و اطلاعاتی است که در اختیار می باشد، و تنها پس از این مرحله است که در صورت لزوم دست به فراهم آوردن برنامه جامع الاطراف تری از فعالیتهای متناسب مسئله سازه ای می شود.

۲-۳. یک درک کامل از رفتار سازه ای و ویژگیهای مصالح برای هر پروژه حفاظت و مرمت ضرورت دارد. این دریافت در ارتباط است با وضع اصلی سازه در حالتهای اصلی پیشین آن، با تکنیک هائی که در روشهای ساخت و ساز آن به کار رفته، و در ارتباط با تغییر متعاقب پدیده هائی است که اتفاق افتاده و نهایتا در ارتباط با وضع فعلی آن می باشد.

۲-٤. محوطه های باستانشناسی مسائل خاص خود را عرضه می دارند زیرا که ساختارها هنگامی که اطلاع ما هنوز کامل نباشد باید در حین کاوش تثبیت گردند. واکنشهای ساختاری در برابر یک بنای مکشوفه می تواند با آنها که بیرون از خاک هستند کاملا متفاوت باشد. راه حلهای ساختاری فوری محوطه و مورد نیاز برای تثبیت سازه، چون در حال کاوش است، باید شکل و کاربرد کامل بنا را احترام گذارد.

۲-٥. تشخیص مبتنی بر اطلاعات تاریخی و رویکردها کمی و کیفی است. رویکرد کمی نیازمند آزمایشهای مصالح و سازه ای، و پایش (monitoring) و تحلیل سازه ای است.

۲-٦. پیش از تصمیم گیری در ارتباط با مداخله سازه ای، ابتدا لازم است که عوامل خرابی و فرسایش معین گردد، سپس سطح ایمنی موجود سازه ای ارزیابی شود.

۲-۷. ارزیابی ایمنی، که بدنبال تشخیص می آید، مقطعی است که در آن تصمیم در ارتباط با امکان مداخله تعیین می گردد، و نیاز به نزدیک کردن تحلیل کیفی با کمی دارد.

۲-۸. غالبا کاربرد همان سطوح ایمنی که در طرح بناهای جدید به کار می رود در مورد سازه های تاریخی به تمهیداتی بسیار فراتر نیازمند است. در اینگونه موارد روشهای دیگری، که بطور مناسب توجیه شده باشد ممکن است رویکردهای متفاوتی را برای ایمنی سازه های تاریخی اجازه دهد.

۲-۹. تمام اطلاعات بدست آمده، تشخیص، ارزیابی ایمنی و هرگونه تصمیمی برای مداخله در سازه، باید از طریق یک "گزارش تحلیلی" (explanatory report) ارائه گردد.

۳. *تدابیر درمانی و نظارتها*

۳-۱. درمان باید بیشتر به ریشه عوامل توجه داشته باشد، تا نشانه های بیماری (symptoms).

۳-۲. نگهداری مناسب از بنا می تواند نیاز به مداخله بعدی را محدود و یا به عقب بیاندازد.

۳-۳. ارزیابی ایمنی و درک ارزش و اعتبار تاریخی و فرهنگی ساختار می باید پایه اقدامات حفاظتی و تقویتی گردد.

۳-٤. هیچ عملیاتی را نمی توان بدون اثبات اجتناب ناپذیری آن به اجرا در آورد.

۳-۵. هر مداخله ای در ساختار می باید متناسب با اهداف ایمنی باشد. و برای تضمین ایمنی و بقای ساختار باید آنرا در حداقل لازم و با کمترین احتمال خسارت به ارزشهای میراثی آن نگهداشت.

۳-٦. طرح (design) هر مداخله ای می باید مبتنی بر درکی کامل از انواع کنش هائی (نیروها، شتابها، تغییر شکلها و غیره) که موجب خرابی یا فرسایش شده است؛ و آنهائی که در آینده عمل خواهد کرد باشد.

۳-۷. گزینش بین تکنیکهای سنتی و نو، بر حسب مورد به مورد معین گردد و رجحان به آنهائی داده شود که کمترین تجاوز را به ارزشها وارده آورده و سازگارترین با آنها باشد.

۳-۸. گاه مشکل ارزیابی سطوح مختلف ایمنی و نیز مزایای مداخلات مناسب، هر دو ممکن است که "یک روش مشاهده ای" (observational method) را به ذهن متبادر کند، یعنی اینکه برخوردی افزایشی پیش گرفت، بدینسان که از یک سطح حداقلی مداخله را شروع کرد که با اتخاذ اقدامات احتمالی تکمیلی و یا اصلاحی بعدی همراه باشد.

۳-۹. هرجا که میسر باشد، باید اقدامات انجام یافته "بازگشت پذیر" بوده تا امکان حذف و جایگزین کردن آن با اقدامات مناسب تری که با دستیابی به دانش جدید کسب می گردد وجود داشته باشد، مداخلات نمی باید مداخلات بعدی را به مخاطره اندازد.

۳-۱۰. موادی که در کار مرمت مورد استفاده قرار می گیرد (به ویژه مواد جدید) و سازگاری آنها با مواد موجود باید کاملا مورد توجه قرار گیرد. این سازگاری، باید اثرات دراز مدت را نیز مدنظر قرار دهد، به نحوی که از اثرات نامطلوب پرهیز گردد.

۳-۱۱. کیفیت های ممیزه ساختار و محیط آن که از شکل اصلی اش نشات می گیرند و تغییرات مهم بعدی مرتبط به آن نمی باید از بین برود.

۳-۱۲. هر مداخله ای می باید تا آنجا که ممکن است، فکر اصلی و تکنیک های ساختمانی، ارزش تاریخی ساختار و شواهد تاریخی را که بنا عرضه می دارد پاس دارد.

۳-۱۳. مداخله در ساختار، باید حاصل برنامه منسجمی باشد که قدر و اهمیت شایسته را به وجوه مختلف معماری، سازه، کارکرد و تاسیسات آن بدهد.

۳-۱٤. تا آنجا که ممکن است از حذف هرگونه ماده و ویژگیهای تاریخی مشخصه ساختار باید خودداری کرد.

۳-۱۵. تعمیر، همیشه بر تعویض رجحان دارد.

۳-۱٦. هنگامی که نواقص یا تغییرات موجود در ساختار، بخشی از تاریخ آن گشته است، مشروط بر اینکه الزامات ایمنی را به مخاطره نیندازد، می باید نگهداشته شود.

۳-۱۷. عمل پیاده کردن و سوار کردن (بخشی از ساختار یا همه آن) تنها زمانی می باید صورت گیرد که طبیعت مصالح و ساختار آنرا ایجاب کند و یا هنگامی که حفاظت از طرق دیگر مخرب تر باشد.

۳-۱۸. اقداماتی که نظارت بر آن به هنگام اجرا غیرممکن باشد، نمی باید اجازه داده شود.

هـر پیشـنهادی بـرای مداخلـه در یـک سـاختار بـاید با جدول زمانبـندی شـده نظارت و پایشی (monitoring) همراه باشد، که حتی الامکان از آن در حین اجرای کار استفاده گردد.

۱۹-۳. تمـام فعالیـتهای نظـارت و پـایش، می باید مستند شود وبه عنوان بخشی از تاریخ ساختار، نگهداری شود.

بخش دوم
رهنمودها

۱. *معیارهای کلی*

بـرای انجـام مطالعات میراث معماری ترکیبی از دانش فرهنگی و علمـی و تجـربه، اجتناب ناپذیر است. تنها در این بستر است کـه این رهنمودها می تواند برای حفاظت بهتر، تقویت و مرمت بـناها یـاری رسـاند. هـدف از انجـام تمـام مطالعات، تحقیق و مداخـلات پاسداری از ارزش تاریخی فرهنگی بنا به عنوان یک کل است و مهندسی سازه ای در واقع پشتیبان علمی ضروری بـرای دسـتیابی بـه ایـن هـدف اسـت، حفاظت میراث معمارانه نیازمند رویکردی چند دانشی است که مستلزم تنوعی از حرفه هـا و سـازمانها است. این رهنمودها بدین منظور فراهم آورده است تا به این کار یاری رسانده ارتباط بین افراد درگیر با این مهم را تسهیل کند.

هـرگونه بـرنامه ریـزی بـرای حفاظـت سازه ای، نیازمند داده هائـی است که مبتنی بر مشاهده فرسایش و خرابی ساختاری، تحقـیقات تاریخـی و غـیره، و داده هـای کمـی، حاصـل از آزمایشـهائی خاص و مدلهای ریاضی از آن گونه ای است که در مهندسـی مـدرن مـورد اسـتفاده قرار می گیرد. این ترکیب رویکـردها بـرای دسـت یافتـن بـه مقـررات و کدهـا و پـایدار سـاختن آن، کـار بسـیار مشـکلی اسـت. در حالـیکه فقـدان رهنمودهائی روشن، ممکن است منجر به ابهامات و تصمیمات خودسـرانه گـردد، از طرفـی کدهـای فراهم آمده برای طراحی سـازه های مدرن، غالبا بطور نامناسبی در سازه های تاریخی بـه کـار مـی رود. برای مثال، اعمال کدهای ژئوتکنیکی و مقام سـازی در برابـر زلزلـه که برای بناهای مدرن پیش بینی شده است، در بناهای تاریخی می تواند غالبا منجر به اتخاذ اقدامات جدی غیرضروری گردد که با توجه به رفتار واقعی سازه ای دچار ناکامی شود.

جنـبه هـای ذهنـی مرتـبط بـا مطالعـه و تخمین ایمنی یک بنای تاریخی، تردیدها در داده های مفروض و مشکلات دستیابی به یـک ارزیابی دقیق از پدیده، ممکن است که به نتایجی از قابلیت اعـتماد ناپـایدار بـه قابلیت اعتماد نتایج منجر گردد. از این رو، ارائـه دقـیق تمـام ایـن جنبه ها، به ویژه توجهی که در پیشبرد مطالعـه بـه کـار رفته است در یک گزارش تحلیلی حائز اهمیت اسـت. ایـن گزارش نیازمند یک تحلیل دقیق و منتقدانه از ایمنی سـازه است، تا اقداماتی که برای مرمت به کار گرفته می شود را توجـیه کـند و قضـاوت نهائـی را دربـاره ایمنـی سـازه و تصمیماتی را که باید اتخاذ کرد، تسهیل کند.

ارزیابی یک بنا معمولا نیازمند برخوردی جامع است که در آن بـنا در تمامیت آن مـورد توجه قرار می گیرد و نه در عناصر منفرد و اجزاء آن.

۲. *به دست آوردن داده ها: اطلاعات و جستجو*

۱-۲. *کلیات*

جسـتجو در سـاختار نیازمـند رویکردی میان دانشی است که فراتـر از ملاحظـات تکنیکـی سـاده مـی رود، زیـرا تحقـیقات تاریخی قادر به کشف پدیده هائی در ارتباط با رفتار سازه ای اسـت، در حالـیکه ممکن است که پرسش های تاریخی با توجه بـه رفـتار سـازه ای پاسـخ داده شـود. از این رو حائز اهمیت اسـت کـه گـروه جسـتجوگر متشـکل از طیفـی از مهارتهائـی متناسـب بـا ویژگـیهای بـنا باشـد و توسط شخصی با تجربه کافی هدایت گردد.

آگاهـی بـه سـازه نیازمـند اطلاعاتی درباره مفهوم آن، درباره فـنون بـه کـار رفـته در سـاخت و سـاز آن، درباره روندهای فرسـایش و تخریبـی آن، دربـاره تغییراتـی کـه دچار آن شده اسـت و نهایـتا اطلاعاتـی دربـاره وضـعیت فعلی آن دارد. این آگاهی از طریق پیمودن مراحل زیر قابل دستیابی است.

- تعریف، توصیف و فهم ارزش و اعتبار فرهنگی و تاریخی بنا.
- توصیفی از مصالح و تکنیک های ساخت و ساز بنا و مصالح آن.
- انجام تحقیقاتی تاریخی در برگیرنده تمام دوران حیات سازه مشتمل بر تغییرات حاصله در شکل آن و هر مداخله سازه ای پیشین.

توصیف کنش های درگیر، رفتار سازه ای و انواع مصالح؛ این مطالعات را یک پیش بررسی در ارتباط با بنا و نیز محوطه می باید هدایت کند. چون ممکن است این مطالعات در سطوح متفاوت از جزئیات انجام گیرد. می باید یک برنامه موثر هزینه فعالیتها متناسب با پیچیدگی سازه فراهم آید و به نوبه خود حسابی از نفع واقعی از دانش بدست آمده نیز داشته باشد. در برخی از موارد بهتر آنست که این مطالعات مرحله به مرحله صورت گرفته و از ساده ترین آن آغاز کرد.

۲-۲. *جستارهای معمارانه و سازه ای*

هدف بررسی تاریخی دستیابی به مفهوم و ارزش بنا، فنون و مهارتهای به کار رفته در ساخت و ساز آن، تغییرات بعدی رخ داده در سازه و محیط آن و حوادثی که ممکن است باعث خرابی آن شده باشد. مدارک به کار رفته در این امر می باید ذکر گردد.

ماخذ می باید از نقطه نظر قابل اعتماد بودن به عنوان وسیله ای برای بازسازی تاریخ ساختمان مورد ارزیابی قرار گیرند. تفسیر دقیق آنها، اگر قرار باشد که اطلاعات مورد اعتمادی را درباره تاریخ ساختاری یک بنا بدست آورد، ضرورت دارد.

فرضهای فراهم آمده از مطالب تاریخی می باید وضوح داشته باشد. توجه خاصی می باید به هر گونه خرابی، ضعف ها، بازسازیها، الحاقات، تغییرات، کارهای تعمیراتی، اصلاح ساختاری و تغییرات استفاده از بنا که منجر به وضعیت فعلی آن شده است، بشود.

شایسته یادآوری است که مدارک ممکن است برای مصارفی جز برای اهداف مهندسی سازه ای فراهم آمده باشد و از این رو احتمال دارد که حاوی اطلاعات نادرست فنی باشد و یا ممکن است که واقعیت و حوادث کلیدی که از نقطه نظر سازه ای اهمیت دارند، حذف شده باشد.

۲-۳. *بررسی سازه*

مشاهده مستقیم سازه، مرحله بسیار مهمی از مطالعه را تشکیل می دهد، که معمولا توسط گروهی ذیصلاح به مرحله اجرا در می آید تا فهم آغازینی را از سازه فراهم آورد و جهت مناسبی را به جستجوهای بعدی دهد.

اهداف اصلی مشتمل بر موارد زیر است:

- تشخیص فرسایش و خرابی
- تعیین اینکه آیا این پدیده ها به پایداری رسیده است یا خیر
- تصمیم در این باره که آیا خطراتی آتی وجود دارد یا خیر و چه اقداماتی فوری باید اتخاذ گردد.
- تشخیص هر گونه آثار محیطی در حال پیشرفت و فعال در بنا

مطالعه ضعف های سازه ای با مشخص کردن خرابیهای قابل رویت روی نقشه آغاز می گردد. در خلال این روند تفسیر دستیافتها می باید برای هدایت بررسی انجام گیرد، و کارشناس پیش فکری را از رفتار سازه ای بپروراند، تا جنبه های بحرانی سازه با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد. نقشه برداریها باید انواع تفاوتهای مصالح را مشخص کند، فرسایش و هرگونه بی نظمی های سازه و خرابی را ملاحظه کرده، توجه خاصی را به الگوهای ترکها و پدیده های خرد شدگی معطوف دارد.

بی نظمی های هندسی می تواند حاصل تغییر شکلهای پیشین باشد، و می تواند نشانگر محل اتصال میان مراحل مختلف ساختمان و یا تغییرات حاصله در بافت آن باشد.

کشف اینکه چگونه، عوامل محیطی باعث تخریب بنائی می شود حائز اهمیت است، زیرا این امر می تواند طرح یا اجرای بداصلی (مثلا فقدان زهکشی، تعریق، رطوبت تصاعدی)، استفاده از مصالح نامناسب و یا نگهداری ضعیف بعدی بنا را بدتر کند.

معاینه مناطقی که خرابی به دلیل فشار زیاد (مناطق خرد شدگی) یا کشش های بالا (مناطق ترک خوردگی و جدا شدن

عناصر از یکدیگر) متمرکز گردیده است و جهت ترکها، همراه با مطالعه ای درباره شرائط زمین، ممکن است که علل این خرابی را مشخص کند.
این مشاهده می تواند با اطلاعات به دست آمده توسط آزمایشهائی خاص تکمیل گردد.

۲-۴. تحقیقات میدانی و آزمایشهای لابراتواری

جدول زمانبندی شده آزمایشها، می باید براساس یک دید روشن مقدماتی از پدیده هائی که فهمیدن آنها در اولویت قرار دارد باشد. آزمایشها معمولا با این هدف صورت می گیرد که ویژگیهای مکانیکی (مقاومت، تغییر پذیری و الخ)، فیزیکی (تخلخل و الخ) و شیمیائی (ترکیب، الخ) مصالح، نقشها و تغییر شکلهای سازه و حضور هر گونه گسیختگی ساختاری معین گردد.

برحسب قاعده، جدول زمانبندی آزمایشها، می باید به مراحلی تقسیم شود، که از تحصیل داده های پایه ای آغاز می شود، در پی آن با معاینه دقیقتری همراه با آزمایشهائی مبتنی بر یک ارزیابی از استنباطهای داده های آغازین خواهد بود.
در مواردی که قصد پرهیز از هرگونه تغییر در سازه است آزمایشهای غیر تخریبی ترجیح داده می شود. در صورتیکه این آزمایشها کافی به مقصود نباشد با برآورد و ارزیابی منافعی که در برابر خسران وارده به اثر حاصل می آید از طریق مداخله محدود در سازه اقدام خواهد شد. آزمایشها می باید همیشه توسط افراد ماهری که قادر به محک زدن صحیح قابلیت اعتماد خود باشند، صورت گیرد و استنباط داده های آزمایش می باید بطور دقیقی ارزیابی شود. در صورت امکان روشهای متفاوت می باید به کار رود و نتایج مقایسه گردد. ممکن است که اجرای آزمایشهائی روی نمونه های انتخاب شده از سازه نیز انجام گیرد.

۲-۵. پایش (monitoring)

معاینه سازه ای در دوره زمانی معین ممکن است که لازم آید، و این اقدام نه تنها برای کسب اطلاعات مفید هنگامی که ظن پدیده های پیشرونده ای وجود دارد، بلکه به هنگام فرآیند مرحله به مرحله نوسازی ساختاری نیز صورت می گیرد. در خلال مورد دوم، رفتار سازه، در هر مرحله مورد معاینه قرار می گیرد (رویکرد مشاهده ای observational approach) و داده های بدست آمده برای هر اقدام بعدی مورد استفاده قرار می گیرد.

یک سیستم پایش معمولا با هدف ثبت و ضبط دگرگونیها در تغییر شکلها، ترک و درجه حرارت و غیره صورت می گیرد. پایش دینامیکی برای ثبت و ضبط شتابها به کار می رود، نظیر آنچه در مناطق زلزله خیز انجام می پذیرد.
پایش همچنین می تواند به عنوان یک زنگ خطر عمل کند.
ساده ترین و ارزانترین راه پایش برای پائیدن ترکها به کاربردن شاهد روی آنها است بعضی موارد نیازمند استفاده از سیستمهای پایش کامپیوتری است تا داده ها را در زمان واقعی ثبت کند.
به عنوان یک قاعده کلی، استفاده از یک سیستم پایش می باید مبتنی بریک تحلیل هزینه – سود باشد تا آن داده های کاملا ضروری برای کشف پدیده های پیش رونده جمع آوری گردد.

۳. رفتار سازه ای

۳-۱. جنبه های کلی

رفتار هرگونه سازه ای تحت تاثیر سه عامل عمده قرار دارد: شکل و اتصالات سازه، مصالح ساختمان و نیروهای اعمال شده، شتابها و تغییر شکلها (کنشها)؛ این عوامل به تفصیل ذیلا مورد بررسی قرار می گیرد:

۳-۲. شمای (scheme) سازه ای و خرابی

رفتار سازه ای بستگی به خصوصیات مصالح، ابعاد سازه، اتصالات بین عناصر مختلف، شرائط زمین و غیره دارد.
مدل کردن کامل رفتار حقیقی یک سازه کار بسیار دشواری است. از این رو مجبوریم که آنرا از طریق شمای سازه ای (structural scheme) ارائه کنیم یعنی بنای بی نقصی را تصور کنیم، که با دقت لازم، نشان دهد که چگونه در برابر کنشهای مختلف مقاومت می کند.

شمای سازه ای نشان می دهد که چگونه بنا کنشها را به تنشها تبدیل کرده، پایداری را تضمین می کند.

یک بنا را می توان با شماهای متفاوت با پیچیدگی مختلف و درجات متفاوت نزدیکی به واقعیت نشان داد. شمای سازه ای اصلی ممکن است به علت خرابی (ترکها و غیره)، تقویتها، و یا دیگر اصلاحات در بنا تغییر کرده باشد. شمای مورد استفاده در تحلیل سازه ای معمولا سازشی است بین شمائی نزدیک به واقعیت ولی بسیار پیچیده. برای محاسبات و شمائی که ساده محاسبه می شود ولی بسیار دور از واقعیت بنا است.

شمائی که به کار رفته می باید هر گونه تغییرات و ضعفی را، نظیر ترکها، عدم اتصالها، خرد شدگی ها، کج شدگی و غیره را به حساب آورد، پدیده هائی که اثرات آن ممکن است بطور قابل ملاحظه ای بر رفتار سازه ای اثر گذارد. این تغییرات ممکن است که یا توسط پدیده های طبیعی و یا مداخلات انسانی حاصل آید. مداخلات انسانی نظیر ایجاد روزنها، طاقنماها و غیره؛ حذف طاقها، سقف و دیوارها و غیره باشد که می تواند نیروهای غیر متوازن را ایجاد کند؛ بالا بردن ارتفاع ساختار که می تواند اضافه وزن ایجاد کند؛ گودبرداری و راهروهای زیرزمینی و غیره کنار بناها، که می تواند از قدرت تحمل بار زمین بکاهد.

۳-۳ *خصوصیات مصالح و روندهای فرسایش*

خصوصیات مصالح (علی الخصوص مقاومتها)، که پارامترهای اساسی برای هرگونه محاسبات بشمار می آیند، ممکن است که بر اثر فرسایش حاصل از کنش شیمیائی، فیزیکی یا بیولوژیکی کاهش یابد.

نرخ فرسایش بستگی به خواص مصالح (نظیر تخلخل) و نیز اقدامات حفاظتی فراهم آمده (نظیر شیرسرها و غیره) و نگهداری از بنا دارد. گرچه فرسایش ممکن است خود را در سطح نشان دهد و آنا با یک معاینه سطحی (افلورسانس، افزایش تخلخل و غیره) مشخص گردد، اما روندهای فرسایشی وجود دارد که تنها از طریق آزمایشهای پیچیده تر قابل تشخیص است (نظیر حمله موریانه در سازه های چوبی و غیره)

۳-۴. *کنش ها بر سازه و مصالح*

کنش ها به هر عاملی (نظیر نیروها، تغییر شکلها و غیره) گفته می شود که تنشها و کرنش را در سازه ایجاد می کنند و نیز به هر پدیده ای (شیمیائی، بیولوژیکی و غیره) که بر مصالح اثر می گذارند، و معمولا از قدرت آنها می کاهد. کنشهای اصلی، که از آغاز ایجاد و پایان ساختمان عمل می کنند (مانند بارهای مرده)، ممکن است که در طول عمر خود دگرگونی حاصل کند و معمولا همین تغییرات است که موجب فرسایش و خرابی می شود.

کنشها، طبیعتها و اثرات بسیار متفاوتی هم در سازه و هم در مصالح دارند.

غالبا بیش از یک کنش (یا تغییر در کنشهای اصلی)، بر ساختار اثر می گذارد که باید پیش از گزینش اقداماتی برای تعمیر شناخته شوند.

کنشها را می توان به کنشهای مکانیکی که روی سازه اثر می گذارند و کنشهای شیمیائی بیولوژیکی که روی مصالح اثر می گذارند تقسیم کرد. کنشهای مکانیکی یا استاتیکی هستند، یا دینامیکی. کنشهای استاتیکی یا مستقیم می باشند، یا غیر مستقیم (به جدول شماره مراجعه شود).

ا کنشهای مکانیکی روی ساختار اثر می گذارد تنشها و کرنشها را در مصالح تولید می کند و احتمالا به صورت ترکها، خردشدگی و حرکت قابل رویت ظاهر می شود. این کنشها یا استاتیکی هستند یا دینامیکی

۱). **کنشهای استاتیکی** دو نوع اند:

الف). **کنشهای مستقیم** یعنی بارهای وارده بر ساختار نظیر بارهای مرده (وزن ساختمان و غیره) و بارهای زنده (اثاث، اشخاص و غیره). تغییرات، و به طور عمده افزایش بارها، منشاء افزایش تنشها می باشند و در نتیجه موجب خرابی در ساختار.

در برخی از موارد کاهش بارهای وارده می تواند منشائی برای خرابی در ساختار باشد.

ب). **کنشهای غیر مستقیم** (تغییر شکلهائی را در مرزهای ساختار به وجود می آورد، نظیر نشست های زمین، یا این

۱- کنشهای مکانیکی روی ساختار عمل می کند	۱) کنش های استاتیکی	الف) کنش های مستقیم (یعنی بارهای وارده)
		ب) کنش های غیر مستقیم (یعنی کرنشهای وارده)
	۲) کنشهای مکانیکی شتابهای تحمیل شده	
۲) الف) کنش های فیزیکی،ب) کنشهای شیمیائی و ج) کنشهای بیولوژیکی روی مصالح عمل می کند		

جدول شماره ۱- طبقه بندی انواع مختلف کنش روی ساختارها و مصالح آنها

پدیده درون جسم مصالح پدید می آید، نظیر حرکتهای حرارتی، خزش در چوب، انقباض در ملاط و غیره. این کنشها، که می تواند بطور مداوم یا حرفه ای تغییر کند، تنها زمانی نیروهائی را تولید می کنند که تغییرشکلها برای گسترش آزاد نباشند.

مهمترین و گاه خطرناکترین تمام کنشهای غیر مستقیم نشست های زمین (که حاصل از تغییر سطح سفره آب، گودبرداریها و غیره) است و ممکن است ترکها و کجی های بزرگی را پدید آورد. برخی از کنشهای غیر مستقیم طبیعتی چرخه ای دارند، نظیر تغییرات درجه حرارت و برخی از حرکتهای زمین به علت تغییرات فصلی سفره های آب. طبعا تاثیرات آن نیز چرخه ای است که ممکن است تغییر شکل پیش رونده ای با خرابی را موجب شود به علت آنکه هر سیکل یا چرخه تغییر دائمی کوچکی را در ساختار پدید می آورد.

تفاوت درجه حرارت بین سطوح خارجی و داخل جسم ساختار ممکن است که کنشهای متفاوتی را در مصالح موجب شود و در نتیجه تنشها و ترکهای موئین را پدید آورد، که خرابی را تسریع می کند.

کنشهای غیر مستقیم می تواند ناشی از کاهش سختی عناصری از یک ساختار هیپراستاتیک (نامعین) باشد (تضعیف، روند خرابی ها و غیره)، و منتج به یک توزیع دوباره تنشها در ساختار شود.

۲). **کنشهای دینامیکی** زمانی پدید می آیند که شتابها بر اثر زلزله ها، باد، طوفانها، ماشین های لرزاننده و غیره به ساختاری منتقل می گردد.

مهمترین کنش مکانیکی معمولا از زمین لرزه حاصل می شود. شدت نیروهای تولید شده بستگی به بزرگی شتاب و نیز فرکانس های طبیعی ساختار و ظرفیت آن در تحلیل بردن انرژی دارد. اثر یک زمین لرزه به نوبه خود بستگی به تاریخ زلزله های قبلی که ممکن است به شکل پیشرونده ای ساختار را تضعیف کرده باشند دارد.

II . **کنشهای فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی** علی الاصول طبیعتی کاملا متفاوت از کنشهای نامبرده بالا دارند و روی مصالح عمل می کنند طبیعت آنها را تغییر داده و غالبا منتج به گونه متفاوتی از تخریب می گردد و به طور اخص روی مقاومت مصالح اثر می گذارد. خواص مصالح ممکن است که به علت ویژگیهای روندهای طبیعی مصالح به مرور زمان تغییر کند، نظیر سخت شدن آرام ملاط آهکی و فرسایش و پوسیدگی آرام داخلی.

این کنشها ممکن است که با حضور آب (باران، رطوبت، آب زمینی، چرخه های خشک و تر شدن، رشد ارگانیک و غیره)، تغییرات درجه حرارت (انبساط و انقباض، کنش یخ زدگی و غیره) و شرائط میکروکلیما (آلودگی، رسوبات سطوح، تغییرات در سرعت های باد به علت ساختارهای مجاور و غیره) تحت تاثیر قرار گرفته و تسریع شود.

آتش را می توان به عنوان تغییر فوق العاده حرارت دانست. یک کنش بسیار معمول عبارت از اکسیداسیون فلزات است. این پدیده را ممکن است در سطح مشاهده کرد و یا ممکن است در مورد تقویت فلزی که در داخل مصالح دیگر قرار داده شده است ملاحظه کرد و از این رو تنها از طریق تاثیرات ثانوی ظاهر شود، نظیر شکاف برداشتن و پوسته شدن دیگر مصالح.

تغییر شیمیائی ممکن به صورت خودبخودی اتفاق افتد و آن بدلیل ویژگیهای مصالح باشد یا به دلیل عوامل خارجی حاصل آید، نظیر رسوب آلاینده ها، یا جابجائی آب و دیگر عوامل در مصالح.

عوامل بیولوژیکی در چوب غالبا در مناطقی فعال است که به راحتی قابل معاینه نباشد.

۴- *تشخیص و ارزیابی ایمنی*

Diagnosis and safety evaluation

۴-۱. *جنبه های کلی*

تشخیص و ارزیابی ایمنی ساختار دو مرحله مرتبط با یکدیگر و پشت سرهم است که بر پایه آنست که نیاز واقعی برای اقدامات درمانی و وسعت آن تعیین می گردد. اگر این مراحل به طور نادرستی انجام گردد، تصمیمات متخذه خودسرانه خواهد بود: داوری ضعیف یا ممکن است به اقدامات حفاظتی محافظه کارانه و یا در سطوح ناکافی ایمنی، منتج شود.

ارزیابی ایمنی بنا می باید براساس روشهای کیفی (نظیر مستندسازی و معاینات، مشاهدات و غیره) و یا کمی (نظیر آزمایشی و ریاضی و غیره) قرار گیرد روشهائی که تاثیر پدیده ها را در رفتار سازه ای در نظر گرفته و به حساب آورد.

هرگونه ارزیابی از ایمنی بطور جدی متاثر از دو گونه مسائل است:

- تردید موجود در داده ها (کنشها، مقاومت، تغییر شکلها و غیره)، قوانین، مدل ها، فرضها و جز آن که در امر تحقیق به کارگرفته می شود.
- مشکل ارائه پدیده های حقیقی به طریقی دقیق.

از این رو به نظر معقول می آید که رویکردهای متفاوتی به کار گرفته شود، که هر یک سهمی مجزا به عهده گیرد، تا هنگامی که با هم ترکیب می شوند بهترین حاصل ممکن را بدهد که مبتنی بر داده های در اختیار می باشد.

هنگامی که برآورد ایمنی صورت می گیرد، ضرورت دارد که نشانه و قرینه ای از قابلیت اعتماد فرضهای به کار رفته، نتایج بدست آمده، و احتیاط ملحوظ شده را، حتی اگر صرفا کیفی باشد، در اقدامات پیشنهادی به حساب آورد.

کدهای قانونی مدرن و کدهای حرفه ای مورد عمل، رویکردی محافظه کارانه را می گزینند و متضمن کاربرد فاکتورهای ایمنی است تا عوامل نا معین متفاوتی را به حساب آورده باشد.

این رویکرد برای ساختارهای نو که در آن ضریب ایمنی را می توان با افزایشهائی جزئی در اندازه و هزینه بالا برد مناسب است. ولی، این رویکرد در ساختارهای تاریخی که نیازهای اصلاح مقاومت آنها ممکن است به خسرانی در بافت تاریخی منجر شود و یا تغییراتی را در اصل ساختار موجب گردد نمی تواند مناسب باشد. رویکردی منعطف تر و کلی تری برای ساختارهای موجود تاریخی مورد نیاز است تا اقدامات درمانی را با وضوح بیشتری به رفتار ساختاری مرتبط سازد و اصل به حداقل رساندن مداخله را رعایت کند.

قضاوت درباره ایمنی یک ساختار مبتنی بر یک ارزیابی نتایج حاصله از سه فرآیند تشخیص است که ذیلا درباره آن بحث خواهد شد. با توجه به این امر رویکرد کیفی نقشی را به اهمیت نقش رویکرد کمی ایفا می کند.

همچنین باید توجه داشت که فاکتورهای برقرار شده برای بناهای جدید نامعین های ساخت و ساز را مدنظر قرار می دهد. در بناهای موجود نامعین ها به دلیل اینکه امکان مشاهده و پایش (monitoring) رفتار واقعی ساختار وجود دارد ممکن است کاهش یابد. اگر داده های قابل اعتماد بیشتری بتواند بدست آید، فاکتورهای تئوریک کاهش یافته ایمنی، ضرورتا با یک ایمنی واقعی کاهش یافته تطبیق نمی کند. بهرصورت مواردی وجود دارد که عکس امر صادق است و

دست یافتن به داده ها در ساختار تاریخی مشکل تر می باشد (در این ارتباط با تفصیل بیشتری در پاراگراف۱-۳-٤، ٤-۳-٤ ذیلا بحث خواهد شد)

۲-۴. تعیین علل (تشخیص Diagnosis)

تشخیص (Diagnosis) عبارت از تعیین علل خرابی و فرسایش است بر مبنای داده های بدست آمده که در سه عنوان زیر خواهد آمد:

- تحلیلهای تاریخی (نک ۲-۳-٤)
- تحلیلهای کیفی (نک ۳-۳-٤)
- تحلیل های کمی، که مشتمل بر نمایه سازی ریاضی (نک ٤-۳-٤) و آزمایشها است (نک ٥-٤-۳)

تشخیص (Diagnosis) غالبا مرحله مشکلی است، زیرا که داده های قابل دسترس معمولا به معلول نظر دارند، در حالیکه، این علت یا در اغلب موارد چند علت با هم است که باید مشخص شوند. بدین سبب است که شهود و تجربه در روند تشخیص، مولفه های اصلی را تشکیل می دهند. یک تشخیص درست برای یک ارزیابی ایمنی صحیح و تصمیمی معقول در اتخاذ تدابیر لازم برای درمان، امری اجتناب ناپذیر است.

۳-۴. ارزیابی ایمنی

۱-۳-۴. مسئله ارزیابی ایمنی

ارزیابی ایمنی گام بعدی برای تکمیل مرحله تشخیص است. در حالیکه منظور از تشخیص تعیین عوامل تخریب و فرسایش است، ارزیابی ایمنی، باید از طریق تحلیل ساختار و نیز مصالح تعیین کند که آیا ابعاد ایمنی قابل قبول است یا نه. از این رو ارزیابی ایمنی گامی اساسی در پروژه مرمت است، زیرا در این مرحله است که تصمیمات لازم بعدی برای اقدامات درمانی و میزان آن اتخاذ می گردد.

بهرصورت، ارزیابی ایمنی نیز فی نفسه، تکلیف مشکلی است زیرا که روشهای تحلیل سازه ای به کار رفته در ساختمان جدید نه می تواند برای ساختارهای تاریخی دقیق باشد و نه قابل اعتماد و ممکن است منتج به تصمیماتی نادرست گردد. و این به دلیل عواملی نظیر مشکل فهم کامل پیچیدگی یک بنای تاریخی، تردیدهای موجود درباره ویژگیهای مصالح، نا معلوم بودن تاثیر پدیده های قبلی (برای مثال نشست های زمین)، و اطلاع ناقص از تغییرات و تعمیرات انجام یافته در گذشته است. از این رو رویکردی کمی مبتنی بر نمایه های ریاضی نمی توانند تنها فرآیند قابل پیروی باشد. بسان امر تشخیص (Diagnosis) رویکردهای کیفی مبتنی بر تحقیقات تاریخی و برمعاینات ساختار می باید به کار برده شود. رویکرد چهارمی مبتنی بر آزمایشهای خاص ممکن است که در برخی از موقعیت ها مفید باشد.

هر یک از این رویکردها که ذیلا مورد بحث قرار خواهد گرفت، می تواند ارزیابی ایمنی را خبر دهد، ولی از تحلیل ترکیبی اطلاعات بدست آمده از هر یک آنهاست که ممکن است به بهترین داوری دست یافت. در شکل دهی به این داوری هم جنبه های کیفی و نیز کمی می باید مدنظر قرارگیرند، که براساس فرضها و قابلیت اعتماد داده ها ارزیابی شده باشد. و همگی آن لازمست که در "گزارش توضیحی" (explanatory report) که پیش از این درباره آن بحث شد بیان گردد.

از اینرو، باید واضح باشد که معمار یا مهندس مسئول ارزیابی ایمنی بنائی تاریخی نمی باید قانونا موظف باشد که تصمیمات خود را صرفا بر پایه نتایج حاصل از محاسبات قرار دهد. زیرا همانگونه پیش از این یاد شد، می توانند که غیرقابل اعتماد و نامناسب باشند.

فرایندهای مشابهی را می باید برای ارزیابی میزان ایمنی پس از طرح برخی از انواع مداخله (نک پاراگراف ٥) پی گرفت تا مزیت ها و انتخاب مناسب آنها معلوم گردد (که نباید ناکافی باشد و نه افراط آمیز)

۲-۳-۴. تحلیل تاریخی

آگاهی یافتن از آنچه که در گذشته در ساختار رخ داده است می تواند کمک به پیش بینی رفتار آینده آن کند. و دلالت بر آن سطح ایمنی دارد که توسط حالت امروزی ساختار فراهم آمده است. تاریخ کاملترین آزمایشگاه تمام عیار است، تاریخ نشان می دهد که چگونه نوع سازه، مصالح بنا، اتصالات، مفصل ها،

الحاقات و تغییرات انجام یافته توسط انسان با کنش های متفاوتی نظیر اضافه بارها، زمین لرزه ها، زمین لغزش ها، تغییرات درجه حرارت، آلودگی، الخ واکنش داشته است، و شاید رفتار اصلی سازه را با ایجاد ترکها، شکافها، خرد شدگی، از حالت شاقول خارج شدن، پوسیدگی، فروریختن الخ تغییر داده اند. تکلیف ما عبارت از دور ساختن اطلاعات زائد و تفسیر صحیح داده های مرتبط برای توصیف رفتار استاتیکی و دینامیکی سازه است.

گرچه رفتار رضایتبخش نشان داده شده از سوی سازه درگذشته عامل مهمی برای پیش بینی بقای سازه در آینده است، ولی همیشه نمی تواند راهنمای قابل اعتمادی باشد. و این امر به طور اخص در جائی صادق است که سازه در محدوده ظرفیت تحمل خود کار می کند و درگیر رفتار شکننده و ناپایداری نباشد (نظیر فشار بیش از حد در ستونها)، و یا زمانی که تغییرات قابل ملاحظه ای در سازه وجود نداشته باشد یا هنگامی که احتمال کنش های تکرار شونده وجود نداشته باشد (نظیر زلزله) که بطور پیش رونده ای ساختار را تضعیف می کند.

۴-۳-۳. *تحلیل کیفی*

این رویکرد بر اساس مقایسه شرائط حال سازه با دیگر سازه های مشابهی است که رفتار آنها قبلا فهمیده شده است. تجربه بدست آمده از تحلیل و مقایسه رفتار سازه های مختلف می توانند امکان استقراءها (درک مجهولات از طریق معلومات) را افزایش دهد و پایه ای برای تخمین ایمنی فراهم آورد. این رویکرد (که در واژگان فلسفی فرایند استقرائی عنوان دارد) بطور کامل قابل اعتماد نمی باشد زیرا بیشتر بستگی به قضاوت شخصی دارد تا فرایندهای کاملا علمی و علی رغم آن، در مواردی که چنان شرائط نامعین در ذات مسائل وجود دارد که دیگر رویکردها صرفا چنین می نمایند که محکم تر و قابل قبول ترند این رویکرد می تواند معقول ترین باشد.

با ملاحظه رفتار انواع ساختاری متفاوت در مراحل متغییر خرابی و فرسایش آن توسط کنشهای مختلف (زمین لرزها، زمین نشست ها، الخ) و پس از کسب تجربه از استحکام و دوام آنها، امکان استنباط این دانش برای پیش بینی رفتار ساختاری که مورد بررسی است وجود خواهد داشت. قابلیت اعتماد این ارزیابی بستگی به تعداد ساختارهای مورد معاینه قرار گرفته دارد، و طبعا ارتباط به مهارت و تجربه افرادی دارد که این معاینه را انجام می دهند. اعتماد به این رویکرد را یک برنامه مناسب معاینه و پایش (monitoring) از پدیده های پیش رونده می تواند افزایش دهد.

۴-۳-۴. *رویکرد تحلیلی*

این رویکرد روشهای مدرن تحلیل سازه ای را به کار می برد، که بر اساس برخی از فرضیه ها (تئوری الاستیسیته، تئوری پلاستیسیته، مدل های قاب، الخ)، نتایجی را بدست می آورد که مبتنی بر محاسبات ریاضی است. این فرایند در اصطلاح، فلسفی قیاسی عنوان دارد. بهرحال نامعینی هائی که می تواند بر ارائه ویژگی های مصالح اثر گذارد، و ارائه ناقص رفتار سازه ای، همراه با ساده سازیهای انتخاب شده ممکن است منجر به نتایج غالبا غیر قابل اعتمادی گردد و حتی بسیار متفاوت از وضعیت اصلی. جوهر مسئله عبارت از شناسائی مدلهای معنی داری است که به حد کافی هم سازه و پدیده های مرتبط با آنرا با تمام پیچدگیهایش ترسیم کند و آنرا امکان دهد که تئوری های در اختیار خود را کاربرد بخشیم. مدلهای ریاضی در تحلیل سازه ای ابزارهای عمومی و متداول است. مدلها سازه اصلی را توصیف می کند، اگر بطور مناسب تحت قاعده و اصول معینی در آورده شود، اجازه مقایسه خرابی تئوری تولید شده توسط کنشهای مختلف را با خرابی واقعی مورد بررسی قرار داده شده بوجود می آورد، و ابزار مفیدی را برای مشخص کردن علل یک چنین خرابی فراهم می آورد. مدلهای ریاضی هم از سازه آسیب دیده و نیز سازه تقویت شده در ارزیابی سطوح ایمنی حاضر کمک خواهد کرد و مزایای مداخلات پیشنهادی را مشخص می سازد. تحلیل سازه ای ابزاری اجتناب ناپذیر است. حتی زمانی که نتایج محاسبات و تحلیل نتواند دقیق باشد، این تحلیل ها می تواند جریان تنشها و مناطق بحرانی احتمالی را نشان دهد. معمولا مدلهای ریاضی به تنهائی قادر به فراهم آوردن یک ارزیابی

ایمنی قابل اعتماد نیستند. درک موضوعات کلیدی، و تنظیم کردن حدود بطور صحیح بستگی به استفاده کارشناس از معرفت علمی خود دارد.

هر مدل ریاضی باید سه جنبه توصیف شده در بخش ۳ را مدنظر قرار دهد: شمای سازه ای، ویژگیهای مصالح و کنشهائی که سازه را تحت تاثیر قرار داده است.

۴-۳-۵. رویکرد تجربی

آزمایشهای مشخصی (نظیر آزمایش بارگزاری روی یک کف، یک تیر،الخ) اندازه مستقیمی از کرانه های ایمنی را فراهم خواهد آورد، حتی اگر تنها به یک عنصر از بنا قابل اعمال باشد تا همه آن.

۴-۴. تصمیمات و گزارش توضیحی (explanatory report)

داوری درباره ایمنی سازه بر پایه نتایج حاصله از سه (یا چهار) رویکرد عمده توصیف شده بالا دارد (با توجه به اینکه رویکرد چهارم کاربردی محدود دارد.) هنگامی که تحلیلها سطوح ایمنی ناکافی را نشان می دهد، می باید بررسی شود که آیا داده ها درحد کافی، دقیق بوده و یا اینکه ارزشهای محافظه کارانه افراط آمیز به کار رفته است. این بررسی ممکن است به این نتیجه رسد که معاینه بیشتری قبل از انجام یک تشخیص (diagnosis) ضرورت دارد.

چون داوری های کیفی ممکن است که نقشی در حد اهمیت داده های کمی ایفا کند، برآورد ایمنی و تصمیمات بعدی درباره مداخله، می باید در یک "گزارش توضیحی" (که قبلا به آن اشاره گردید) آورده شود که در آن تمام ملاحظاتی که به ارزیابی و تصمیمات نهائی منتهی شده است بطور واضح توضیح داده شوند. این گزارش باید درجات دقت و نیز احتیاط را مدنظر قرار دهد؛ و هر تصمیمی مشخص و براساس استدلالی استوار باشد.

عوامل زمان باید در "گزارش توضیحی" ملحوظ شود، زیرا تصمیمی که بر اساس آن تدابیری فوری باید اتخاذ گردد، یا تصمیمی که وضعیت موجود را بپذیرد، دو انتهای مقیاسی است از گزینه ها. گزینه ها غالبا در جهت تقویت سازه براساس اطلاعی است از وضع موجود و یا ادامه تحقیقات به منظور دستیابی به داده هائی کاملتر و قابل اعتمادتر به امید کاهش دادن از مداخلاتی که به هر حال باید موعد مقرری برای اجرای تصمیمات قرار داده شود زیرا به تاخیر انداختن اجرای تصمیمات موجب به درازا کشانده شدن عملیات درمانی می شود. فاکتورهائی که بر تعیین موعد مقرر برای اقدامات را مشخص می نمایند، اساسا بر سه گونه پدیده بستگی دارند:

- روندهای مداوم (نظیر روند فرسایش، نشست های آرام زمین، الخ) که سرانجام سطوح ایمنی را زیر مرزهای قابل قبول کاهش می دهد. از این رو پیش از آنکه این امر اتفاق افتد اقدامات لازم باید بعمل آیدد.
- پدیدهائی که می توانند به طور ناگهانی اتفاق افتد (نظیر زمین لرزه ها، طوفانها، الخ). احتمال این رخدادها در هر سطح معین به مرور زمان افزایش می یابد، از این رو درجات ایمنی که می باید فراهم آید می تواند از نظر تئوری به توقع عمر سازه ارتباط داشته باشد (برای مثال اگر قرار باشد که بنائی را برای مدت پانصد سال در برابر زمین لرزه ها حفاظت کرد می باید بالاترین کنشها فرض شود، تا کنشهائی برای همان بنا که برای صدسال باید حفاظت گردد.)

۵. خرابی سازه ای، فرسایش مصالح و اقدامات درمانی

۵-۱. جنبه های کلی

این بخش نظر به فرایندهای تصمیم گیری هم در رابطه با معاینه ساختار و نیز گزینش اقداماتی که باید به کار گرفته شود دارد. در پاراگرافهای ذیل برخی از مثالهائی از متداولترین روشهای خرابی و فرسایش، در ارتباط با مصالح عمده ساختاری، بدون ادعای مرور جامع بر راه حلهای ارائه شده در مراجع دیگر اشاره می شود. خرابی ساختاری، زمانی رخ می دهد که تنشهای پدید آمده توسط یک و یا

کنشهای بیشتر در مناطق حساس از مقاومت مصالح فراتر می رود، به این دلیل که یا خود این کنشها افزایش یافته اند و یا بدلیل اینستکه مقاومت مصالح پائین آمده است. تعمیرات اساسی در سازه، نظیر تخریب بخشی از سازه، ممکن است خود نیز منشائی از خرابی باشد.

پدیدار شدن خرابی، بستگی به نوع کنشها و مصالح ساختمان دارد. مصالح شکننده با تغییر شکلهائی جزئی عاجز می مانند در حالیکه مصالح نرم پیش از آنکه دچار ناتوانی شوند تغییر شکل قابل ملاحظه ای را نشان می دهند.

نشانی خرابی، به ویژه ترکها، ضرورتا به مفهوم خطر ناتوانی در ساختار نیست، زیرا ترکها ممکن است تنشهائی را آزاد کنند که برای تعادل ضروری نباشند (مثلا، برخی از ترکهای حاصل از نشست های زمین) و ممکن است از طریق تغییرات در سیستم ساختاری، توزیع مجدد مفیدی را از تنشها اجازه دهد.

خرابی ممکن است که در عناصر غیرساختاری نیز رخ دهد (مثلا ترکهای ایجاد شده در تیغه های داخلی و روکشها بر اثر تنشهای پدید آمده در این عناصر به علت تغییر شکلها یا تغییرات ابعادی درون ساختار)

پوسیدگی مصالح توسط کنشهای شیمیائی، فیزیکی و بیولوژیکی حاصل می آید و ممکن است توسط این کنشها تسریع شود و آن زمانی است که این کنشها به طریق نامطلوبی تغییر یابد (مثلا توسط آلودگی، الخ) پیامدهای عمده آن فرسایش سطوح، ضایعات در مصالح و از نقطه نظر مکانیکی، کاهش در مقاومت است. از اینرو تثبیت و پایدار ساختن ویژگیهای مصالح یک تکلیف مهم حفاظت بناها است، برنامه نگهداری، فعالیتی اساسی است زیرا در حالیکه پیش گیری یا کاهش نرخ تغییر، ممکن است که میسر باشد ولی غالبا مشکل و یا حتی غیرممکن است که فقدان خواص مصالح را بتوان دوباره بازیافت.

۲-۵. بناهای ساخته شده با مصالح بنائی

واژه مصالح بنائی در این جا اشاره به سنگ، آجر و یا ساختمانهای ساخته شده با مصالح خاکی (یعنی خشت، چینه، الخ) دارد. سازه های مصالح بنائی معمولا از مصالحی ساخته شده اند که مقاومت کششی پائینی دارند و به سادگی ترکهائی را در خود نشان می دهند و در عناصر آن جدائی رخ می دهد. با این وجود، این نشانه ها ضرورتا دلیلی بر خطر نیست زیرا که این ساختارها عمدتا با نیت کار در فشار ساخته شده اند.

تحلیل مقدماتی مصالح بنائی، نیازمند تشخیص ویژگیهای عناصر تشکیل دهنده این ماده کمپوزیت است: سنگها (سنگ آهکی، ماسه سنگ، الخ) یا آجرها، (خشت یا آجر، الخ) و نوع ملاط (سیمان، آهک، الخ) همچنین ضرورت شناخت چگونگی اتصال آنها به یکدیگر (خشکه چینی، بندهای ملاط ، الخ) و طریقه ایکه بطور هندسی به یکدیگر ارتباط دارند. انواع مختلف آزمایشها برای مشخص کردن ترکیب دیوار ممکن است به کارگرفته شود (آزمایشهای آندوسکوپی، الخ).

ساختارهای ساخته شده از مصالح بنائی، معمولا متکی به کفها و بامها است تا بارهای جانبی را توزیع کرده پایداری کلی خود را تامین نمایند. حائز اهمیت است که ترتیب یک چنین ساختارهائی در اتصال موثر خود به مصالح بنائی، مورد بررسی قرار گیرد. همچنین لازم است که توالی ساخت و ساز شناخته شود زیرا که ویژگیهای متفاوت دوره های مختلف مصالح بنائی می تواند روی رفتار کلی ساختار اثر گذارد.

علل اصلی خرابی و فرو ریختگی، بارهای عمودی است که موجب خرد شدگی، شکم دادگی، شکستگی، الخ می شوند. این وضعیت ها بطور اخص خطرناکند زیرا که معمولا با تغییر شکل یا تغییر شکلی کوچک و معدود نشانه های قابل رویتی رخ می دهد. نیروهای جانبی و تاثیرات آنها در مناطق زلزله خیز، در ساختمانهای بلند، و جائی که رانشهای قوسها و طاقها وجود دارد، اهمیت دارد.

توجه را به طور اخص باید به دیوارهای بزرگ ساخته شده از مواد مختلف معطوف داشت. یک چنین دیوارهائی مشتمل بر بخش های پر شده با سنگ لاشه و دیوارهائی با نمائی آجری و هسته ای ضعیف می باشند. نه تنها ممکن است که مصالح داخلی (هسته)دیوار از نقطه نظرتحمل بار ضعیف تر باشد بلکه می تواند رانشهائی را در نماها موجب شود در این

گونه مصالح بنائی پوسته خارجی، می تواند از هسته جدا شود از این رو لازم است مشخص شود که آیا نما و هسته با یکدیگر کار می کنند و یا از یکدیگر جدا هستند. وضعیت اخیر معمولا خطرناک است، زیرا ممکن است که پوسته نماها ناپایدار شوند.

تنشهای فشاری نزدیک به توانائی مصالح می تواند عامل ترکهای عمودی شود و به عنوان نخستین نشان خرابی که منتج به تغییر شکلهای جانبی بزرگ، خرد شدن و فروریختن، الخ شود. میزان عوارضی که براثر این پدیده می تواند دیده شود بستگی به ویژگی مصالح و به ویژه شکنندگی آن دارد. این عوارض می تواند به تدریج (حتی طی ده ها سال) و یا بطور سریع توسعه یابد، ولی تنشهای نزدیک به آخرین حد مقاومت مصالح، خطر بالای فروریختن را نشان می دهد، حتی اگر بارها ثابت باقی بمانند.

یک تحلیل توزیع تنشها، برای تشخیص علل خرابی مفید است. برای فهمیدن علت خرابی (تشخیص) ابتدا لازمست سطوح توزیع نیروها حتی اگر شده، بطور تقریب مشخص گردد، زیرا معمولا خیلی پایین هستند، تا برخی از اشتباهات بطور موثر در لبه ایمنی اثر نگذارند. یک معاینه دقیق بصری از الگوی ترک می تواند نشانه ای از رده های بار در درون ساختار فراهم آورد.

زمانی که تنشها در منطقه های مهم نزدیک به حد نهائی مقاومت باشد لازم است که یا تحلیل سازه ای دقیقی به عمل آورد، یا آزمایشهای خاصی روی مصالح (آزمایش جک تخت، آزمایش سونیک، الخ) برای دستیابی به تخمین دقیق تری از مقاومت صورت پذیرد .

بارهای جانبی درون صفحه ای (in-plane) می توانند ترکهای قطری یا لغزشی را موجب شود. بارهای برون صفحه (out-of-plane) یا خارج از مرکز ممکن است موجب لایه لایه شدن در یک دیوار چند لایه گردد یا چرخش تمام دیواری را حول پایه آن باعث شود. هنگامی که حالت دوم اتفاق افتد ممکن است ترکها پیش از آنکه چرخش رخ دهد، در پایه دیده شود.

مداخلات مختلف برای تقویت یک دیوار مشتمل بر:

- بندکشی مجدد، استحکام بخشی دیوار از طریق تزریق
- مسلح کردن و تقویت طولی، عرضی و یا عمودی
- حذف یا تعویض مصالح پوسیده
- پیاده کردن و دوباره ساختن، بطور جزئی یا کلی

انتخاب ملاط مایع مناسب (آهک، سیمان، رزینها، و فرآورده های خاص، الخ) تزریقی برای استحکام بخشیدن مصالح بنایی و به منظور پاسخ گوئی به مسائل ترک و پوسیدگی بستگی به ویژگیهای مصالح (مواد) دارد. توجه خاصی باید به سازگاری بین مصالح اصلی و جدید بشود. سیمان محتوی املاح تنها زمانی می تواند به کار برده شود که خطری متوجه خرابی مصالح و بطور اخص نماهای آن نباشد. در دیوارهای محتوی ملاطهای گچی (جیپس) عکس العمل بین گچ و سیمان معدنی ها (cement-minerals)، که به شکل گیری املاح منتج شود دیر یا زود خرابی را موجب می شود. احتمال وجود خطر خیس شدگی و شستگی املاح محلول در ملاط وجود دارد که منتج به پدیده افلورسانس در سطح آجر کاری می شود (علی الخصوص زمانی مخاطره آمیز است که نماها دارای اندودها یا فرسک های تاریخی باشد)

به عنوان گزینه ای برای استحکام بخشی خود مواد (مصالح)، استفاده از کشهای فراهم آمده از مواد مناسب برای بهبود بخشیدن ظرفیت باربری مصالح می تواند مورد بررسی قرار گیرد.

شماری از فرآورده ها برای استحکام بخشی سطوحی که اندودی برای حفاظت آنها وجود ندارد می تواند سودمند باشند. بهرحال، این فرآورده ها ندرتا به طور کامل موثرند و توجه خاصی باید به اثرات جنبی آنها بشود.

نوعا طاقها و قوسها خاص بناهای ساخته شده از مصالح بنائی است. این عناصر سازه ای عمدتا بر انحنا و رانش خود در پشت بندها اتکاء دارد تا که از لنگرهای خمشی کاسته یا آنرا حذف کند و این امکان را دهد تا از مصالحی با مقاومت کششی پائین استفاده شود.

ظرفیت تحمل پذیری با ر آنها فوق العاده است و این حرکت پشت بندها است که لنگرهای خمشی و تنش های کششی را

موجب شده به باز شدن مفصل ها منتهی گردیده، احتمال سقوط را به وجود می آورد.

شکل گیری ترکهای ریز در رفتار برخی از ساختارهای طاقی کاملا عادی است.

ضعف ساختاری ممکن است با اجرای بد (اتصالات بد واحدها، کیفیت بد مصالح، الخ) هندسه نامناسب برای توزیع بار، یا مقاومت و سختی ناکافی اجزاء (کلاف، شانه ها) که باید رانش را بر تابد همراه گردد.

هنگامی که مواد ساختمانی، مقاومت خیلی کمی دارد (نظیر ساختارهائی که با سنگهای نامنظم و همراه با ملاط زیاد ساخته شده) این احتمال وجود دارد که بخشهائی از طاقها در مناطقی که فشار پائین تر است یا تنشهای کششی وجود دارد جدا شوند، و محتملا به فروریختگی پیش رونده منجر شود.

ارتباط بین توزیع بار و هندسه ساختار لازمست.

هنگامی که بارها (علی الخصوص بارهای مرده) به طاقها و قوسها اضافه و یا از آنها حذف می شود به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

اقدامات عمده تعمیراتی مبتنی بر شناخت نکات فوق است یعنی اضافه میله های کششی جدید (معمولا در سطح پاکار طاقها، یا به طور دایره ای موازی روی گنبدها)، ساختن پشت بندهای جدید، اصلاح توزیع بار (در برخی از موارد با اضافه کردن بارها)

بناهای بلند نظیر برجها، برج ناقوسها، مناره، الخ با تنش های بالای فشاری مشخص می شوند و مسائلی مشابه مسائل ستونها را عرضه می دارند. بعلاوه، این ساختارها هنگامی دچار ضعف بیشتر می شوند که اتصالات ناقصی بین دیوارها وجود داشته باشد یا تغییراتی نظیر بازکردن و یا مسدود کردن روزنها صورت گیرد، الخ

دیافراگم ها، میله های کش افقی و کلاف ها می توانند توان مقاومت در برابر بارهای ثقل را بهبود بخشند.

۳-۵ چوب

چوب هم در ساختارهای باربر و قابی و هم در ساختارهای ترکیبی چوب و مصالح بنائی و نیز برای ایجاد عناصر باربر ساختارهای بنائی به کار برده شده است.

ایفاء نقش ساختاری چوب تحت تاثیر انواع، ویژگیها و نیز فرسایش آن قرار دارد. عملیات مقدماتی باید متوجه تشخیص انواع چوب شود که بشکلی متفاوت در معرض آسیبهای بیولوژیک قرار می گیرد، و سپس ارزیابی مقاومت هر یک از اعضاء که بستگی به اندازه و توزیع گره ها و دیگر ویژگیهای رشد چوب دارد. ترکهای موازی الیاف حاصل از انقباض به هنگام خشک شدن، اگر ابعادی کوچک داشته باشد خطرناک نیستند.

دوام چوب ممکن است تحت تاثیر روشهای بریدن درخت، خشک کردن و برگردانی آن قرار گیرد، که ممکن است در زمانهای مختلف متفاوت بوده باشد.

حمله قارچ و حشره عمده ترین منشاء خرابی چوب بشمار می آید و این هر دو با میزان بالای رطوبت و دما پیوند دارند. میزان نم می باید به عنوان نشانی از آسیب پذیری در برابر حمله قارچ و حشره اندازه گرفته شود. نگهداری بد بناها و یا تغییرات اساسی شرائط داخلی متداولترین عوامل پوسیدگی چوب بشمار می آیند.

تماس با مصالح بنائی غالبا منشائی برای رطوبت و نم است و این امر زمانی می تواند رخ دهد که یا مصالح بنائی چوب را نگه می دارد و یا اینکه برای تقویت آن به کار برده شده است.

چون ممکن است که پوسیدگی و حمله حشره در سطح قابل رویت نباشد، به کارگیری ابزاری مانند مته های ریز می تواند برای معاینه داخل چوب مورد استفاده قرار گیرد.

فرآورده های شیمیائی قادرند که چوب را علیه حملات بیولوژیکی حفاظت کنند. بطور مثال، در کف ها یا بامها، انتهای تیرهائی که در دیوارها قرار داده می شود ممکن است که نیازمند حفاظت علیه حملات بیولوژیکی باشند.

هرجا که از مواد استحکام بخش و یا تقویت کننده استفاده می شود، سازگاری آنها با ساختارهای چوبی باید محقق گردد. برای مثال بست های فلزی ممکن است که در برابر پوسیدگی به هنگام قرار گیری در جوار برخی از انواع چوبها آسیب پذیر باشند از این رو می باید که از فولاد ضد زنگ

استفاده کرد. مداخلات نباید موجب محدود کردن تبخیر رطوبت از چوب باشد.

به دلیل خطر آسیب وارد آمدن، عمل پیاده کردن و دوباره سوار کردن ساختارهای چوبی کاری ظریف است. در این اقدام امکان وارد آمدن خسارت به مصالحی که اهمیت تاریخی دارند وجود دارد. بهرحال، از آنجا که بسیاری از ساختارهای چوبی در اصل پیش ساخته بوده اند، در شرائطی پیاده کردن بخشی و یا همه ساختار ممکن است که یک عمل تعمیر موثر را تسهیل کند.

چوب معمولا برای ساختن ساختارهای قابی و خرپائی به کار برده می شود در اینگونه موارد مشکل اصلی در ارتباط با ضعف و ناتوانائی گره ها می باشد.

تدابیر درمانی متداول عبارت از تقویت و مسلح کردن گره ها می باشد و یا اضافه کردن عناصر قطری مکمل و آن هنگامی است که بهبود بخشی پایداری ساختار در برابر نیروهای جانبی ضرورت می یابد.

۴-۵ آهن و فولاد

لازمست که بین ساختارهای چدنی، فولاد نرم و فولادی فرق گذارده شود. اولی نه تنها در برابر کشش ضعیف است بلکه ممکن است تحت تنش های حاصل از روند ریخته گری باشد. ماده ای شکننده است و اگر تحت تاثیر تنشهای کششی قرار گیرد ممکن است ناگهان ترک بردارد و شکسته شود. مقاومت عناصر جداگانه آن می تواند به طور نامطلوبی تحت تاثیر اجرای بد در کوره باشد.

آهن و فولاد آلیاژ هستند و حساسیت آنها در برابر خوردگی بستگی به ترکیب آنها دارد خوردگی همیشه با افزایش حجم ماده همراه است که ممکن است به تنشهائی در مواد همراه بیانجامد؛ برای مثال ترک برداشتن سنگ یا بتن به دلیل خوردگی میله ها و یا بست های آهنی کار گذارده شده در آنها.

آسیب پذیرترین جنبه های ساختارهای فولادی اتصالات آنها است جائی که تنشها عموما بالاترین میزان خود را دارد، به ویژه در سوراخها برای بستهای پلها یا دیگر ساختارهائی که در معرض بارگزاریهای مکرر قرار دارند، که ممکن است در معرض ناتوانی و ضعف ناشی از خستگی قرار گیرند.

از این رو در اتصالات پرچ شده یا پیچ و مهره ای بازرسی ترکهائی که از سوراخها شروع می شوند بسیار اهمیت دارد.

تحلیل ترک، بقیه عمر ساختاری که مورد ارزیابی قرار می گیرد را ممکن می سازد.

حفاظت علیه پوسیدگی آهن و فولاد در درجه اول، نیازمند حذف زنگ از روی سطوح (از طریق سند بلاست، الخ) و سپس رنگ آمیزی سطح با فرآورده مناسب است.

ساختارهای آهنی و یا فولادی به سختی آسیب دیده را معمولا نمی توان تعمیر کرد.

تقویت ساختارهای ضعیف را با اضافه کردن عناصر جدید می توان انجام داد، مشروط بر اینکه به هنگام جوشکاری دقت بسیار زیادی به کار رود.

۵-۵ بتن مسلح

بتن مسلح و پیش تنیده مصالح اساسی بسیاری از ساختمانهای مدرنی است که اینک به عنوان ارزش تاریخی شناخته می شوند. بهرحال در زمان ساختن آنها درک کامل از طرز عمل این مصالح هنوز در حال پیشرفت بود، از این رو ممکن است که مسائل خاصی را در ارتباط با پایداری (مخلوط ضعیف سیمان، پوشش ناکافی آهن، الخ) پیش آورد.

متداولترین مشکلات عبارت از کربونیزه شدن بتن است (که سخت می شود ولی شکننده تر می گردد)، ظرفیت آنرا در حفاظت از فولاد می کاهد. بتن مسلحی که در معرض کلریدها قرار می گیرد (چه در موقعیت دریائی یا حاصل از نمک پاشی روی جاده) بطور اخص دچار پوسیدگی پولاد می شود.

خوردگی فولاد حاصل شکاف برداشتن بتن است. برای استحکام بخشی عنصر بتن آرمه ای که آسیب دیده است حذف بتن فرسوده (واترجت، الخ) ، پاک کردن فولاد، افزودن فولادهای جدید تقویتی و بازسازی سطح ضروری می باشد که غالبا از بتن های مخصوص استفاده می شود.