مجله علمی ترویجی «پدافند غیرعامل»

سال یازدهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۹، (پیاپی ٤٤): صص ٤٥- ۳۳

علمی- ترویجی

تأثیر روش‌های ساخت در افزایش عمر مفید بناهای پیش از ۱۳۰۰ هجری شمسی در فلات مرکزی ایران

نیما ولی‌بیگ [۱*]، ابوذر صالحی [۲]، سیما خالقیان [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵

چکیده

امروزه معماری در کشور ما، بی‌بهره از الگوهای گذشتهٔ خویش است. عدم توجه به این الگوها، نه‌تنها عمر کوتاه معماری بلکه مشکلات اقلیمی، زیست‌محیطی، اتلاف انرژی ناشی از تخریب بناها و نخاله‌های حاصل از آن را سبب می‌شود. ساختار بنا نقش کلیدی در ماندگاری یا تخریب آن دارد. معماران سنتی تلاش کرده‌اند تا با شناخت دانش ایستایی بنا را به‌گونه‌ای بسازند تا در اثر نیروهای گوناگون و گذر زمان تخریب نشود. تاکنون پژوهش‌های متعددی درارتباط با روش ساخت بناهای تاریخی انجام شده است ولی از منظر تأثیر بر عمر مفید بنا پژوهش مرتبطی صورت نگرفته است. این پژوهش، با استفاده از روش نظریهٔ زمینه‌ای انجام‌شده است. در این پژوهش، رویه‌ای از جزء به‌کل و استقرایی بر تجزیه‌وتحلیل داده‌ها حاکم است. از طریق گردآوری نظام‌مند داده‌ها با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی (مصاحبه نیمه ساختاریافته با ۲۰ نفر از معماران سنتی) و تحلیل استقرایی آن، دانشی دربارهٔ ماندگاری معماری سنتی به‌دست‌آمده است و در قالب دستگاه نظری «تأثیر ملاحظات مرتبط با روش‌های ساخت در افزایش عمر مفید معماری سنتی فلات مرکزی ایران» بیان‌شده است. هدف این پژوهش شناخت نقش ملاحظات مرتبط با روش‌های ساخت بر عمر مفید بناهای پیش از ۱۳۰۰هجری شمسی است. درنتیجهٔ این پژوهش کدهای انتخابی به‌دست‌آمده در مجموعهٔ روش ساخت، در سه دستهٔ کلی تناسب روش ساخت با کارکرد، تناسب روش ساخت با عوامل محیطی و شناخت و توجه به ملاحظات سازه‌ای و ایستایی قرار گرفتند. همچنین در تمامی مراحل ساخت بنا، رابطه تنگاتنگی بین هندسه و سازه دیده می‌شود که بی‌شک بر ایستایی بنا نقش دارد. معماری ماندگار ایران حاصل تجربه‌های ارزشمندی است که در طی هزاران سال استادکاران سنتی به شاگردان خود انتقال داده‌اند.

کلید واژه‌ها: روش‌های ساخت، عمر مفید، بناهای پیش از ۱۳۰۰ هجری شمسی ، معماری سنتی فلات مرکزی ایران

[۱] استادیار دانشگاه هنر اصفهان- (n.valibeig@aui.ac.ir)- نویسنده مسئول
[۲] استادیار دانشگاه هنر اصفهان
[۳] دانشجوی دکتری دانشگاه هنر اصفهان

۱- مقدمه

ماندگاری بیشتر بناها برای سکنی گزیدن انسان، مطلوب هر جامعه‌ای است و ساخت و تخریب پی‌درپی بناها اتلاف انرژی و سرمایه‌های کشور محسوب می‌شود. بناهای معاصری که روزآمدی را نمی‌پذیرند، مسبب تلقی واژه کلنگی به خود و آماده‌سازی جهت تخریب می‌شوند. شاید بعضی از بناها از ارزش معماری بالایی برخوردار نباشند اما روزی برای ساخته شدن آن‌ها انرژی و وقت زیادی صرف شده است. به‌نظر می‌رسد معماری ایرانی درارتباط با مانایی و طویل بودن عمر مفید بنا اصولی داشته است که معماران براساس آن عمل می‌کردند. لذا یافتن عواملی که عمر طولانی معماری سنتی ایران را سبب می‌شود شایان توجه است.

امروزه، بسیاری از کشورهای جهان، گام‌های مؤثری برای افزایش طول عمر مفید بناها برداشته‌اند و در مسیر حفظ سرمایه‌های ملی و منابع زمین، توصیه‌های بسیاری دیده می‌شود. نگاه به این آمارها و مطالعاتی که هرساله در کشورهای توسعه یافته صورت می‌گیرد، نشان از اهمیت بحث طول عمر ساختمان در دنیای امروزی است. گرچه غالباً این‌گونه تصور می‌شود که استفاده از اسکلت ساختمانی پایدار، نظیر استفاده از فولاد و بتن، سبب افزایش طول عمر ساختمان می‌شود، نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ارتباط مشخصی میان نظام سازه‌ای نوین و عمر مفید واقعی بنا وجود ندارد [۱ و ۲].

«برپا نگه‌داشتن یک بنا، نیازی است که کالبد به آن پاسخ می‌دهد. خطرات تهدید کنندهٔ کالبد بنا، موضوعات بسیاری را شامل می‌شود [۳]. «ساختار و استخوان‌بندی از عوامل بقاء یک ارگانیسم هستند و اساس کالبد را به‌وجود آورده‌اند» [۴]. استواری و قوام معماری به کمک اسکلت اصلی یا همان ساختار آن‌ها امکان‌پذیر می‌گردد که ارگان‌های حیاتی آن‌ها را برمدار خود استوار ساخته و ضمن ایجاد نظامی منسجم، تداوم آن را در طول عمر ضمانت می‌نماید [۳]. به‌علاوه دانش و تجربه معمار که مدیریت ساختار را بر عهده دارد می‌تواند طول عمر عناصر ساختمانی را به میزان زیادی تحت تأثیر قرار دهد [۵]. با توجه به اهمیتی که روش ساخت بنا در افزایش عمر مفید آن دارد، انجام دادن درست و آگاهانه برخی فعالیت‌ها می‌تواند بر کارایی ساختمان به‌طور قابل توجهی بیفزاید؛ بنابراین تحقیق در مورد چگونگی روش ساخت، لزوم خود را می‌نمایاند.

در روند شکل‌گیری معماری سنتی ملاحظات سازه‌ای و ایستایی و روش‌های ساخت به‌نوبه خود از اهمیت بسزایی برخوردار هستند. درگذر زمان عوامل گوناگونی در فرایند عمر مفید بناها تأثیرگذار بوده‌اند. این عوامل جنبه‌های متفاوت فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و ... را شامل می‌شوند؛ مهارت و دانش سازه‌ای معماران سنتی و چگونگی انتقال این دانش به نسل بعدی نیز ازجملهٔ مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ماندگاری معماری سنتی بوده که البته مورد بحث این نوشتار نیست. هدف این پژوهش شناخت چگونگی تأثیر ملاحظات مرتبط با روش‌های ساخت بر فرآیند عمر مفید بناهای پیش از ۱۳۰۰ هجری شمسی ایران است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

۲- روش تحقیق

در کشورهای توسعه‌یافته پژوهش‌های متعددی به عمر مفید بناها پرداخته‌اند. برای مثال در پژوهشی پژوهشگر ساختمان‌ها را به سه دستهٔ تقسیم می‌کند و طول عمر مفیدی که باید داشته باشند را ذکر می‌کند. دستهٔ اول ساختمان‌های به‌یاد ماندنی مانند کلیسا و معابد هستند که انتظار می‌رود عمر مفید ۱۰۰۰ ساله‌ای داشته باشند. دستهٔ دوم ساختمان‌های خدماتی مانند پل‌ها و مخازن هستند که طول عمر ۱۰۰ تا ۲۰۰ سال برایشان مناسب است و دستهٔ سوم ساختمان‌هایی مانند خانه و اداره هستند که تحت عنوان سرپناه از آن‌ها یاد شده است. برای این دسته طول عمر ۱۰۰ سال انتظار می‌رود. در نتایج این پژوهش مهم‌ترین عامل کاهش‌دهندهٔ عمر مفید ساختمان، رطوبت دانسته شده است [۶]. در تلاش دیگر محقق به استفاده از درس‌هایی که معماری گذشته در اختیار می‌گذارد توجه می‌کند و نیاز بنا به انعطاف‌پذیری و سازگاری با اهداف مختلف را عاملی مهم برای استفاده مداوم از بنا معرفی می‌کند [۷]. پژوهش دیگری به این نکته می‌پردازد که مسئلهٔ دوام در معماری باید هم در مرحلهٔ طراحی و هم در مرحلهٔ اجرا رعایت شود. همچنین تلاش برای ایجاد طول عمر ساختمان‌ها باید در سیستم آموزش معماری ارائه شود [۸]. پژوهش‌های متعددی به رابطهٔ معنا، زیبایی، شکل و سازه در معماری سنتی ایران و همچنین تحلیل سازه‌ای بناهای تاریخی اصفهان پرداخته‌اند و یافته‌اند که طراحی این سازه‌ها بر اساس آشنایی کامل با رفتار سازه‌ها صورت گرفته است؛ این در حالی است که ادراک کلیت از ظاهر (سازه، نور، تزئینات، بهره‌گیری از تناسبات، هندسه و تطابق فرم با مصالح) تا نهان (معنا و زیبایی) مسئلهٔ گمشدهٔ طراحان امروزی است [۹ و ۱۰]. درزمینهٔ تأثیر روش ساخت بر ماندگاری معماری، به‌ویژه ماندگاری معماری سنتی ایران پژوهش مستقیمی صورت نگرفته است که خود از دلایل انتخاب این موضوع به‌حساب می‌آید.

این تحقیق در زمره تحقیقات کیفی است و به روش نظریه زمینه‌ای انجام شده است. نظریه زمینه‌ای نظریه‌ای برگرفته از داده‌هایی است که در طی فرایند پژوهش به‌صورت نظام‌مند جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل می‌شوند. بخشی از داده‌ها از طریق مطالعات میدانی، مصاحبه نیمه ساختاریافته با معماران سنتی و استفاده از دانش بومی معماری منطقه استخراج‌شده است. مصاحبه‌شوندگان با نمونه‌گیری هدفمند و نظری، شامل ۲۰ نفر از معماران سنتی در محدودهٔ سنی بالای ۵۰ سال، انتخاب شدند.

اندازهٔ نمونه براین اساس معین شد که داده‌ها به اشباع نظری برسند. به‌بیان‌دیگر نتوان مفهوم جدیدی از مصاحبه‌ها استخراج کرد. مطالعات میدانی بر پایه یافتن تأثیر روش‌های ساخت در افزایش عمر مفید بناهای پیش از ۱۳۰۰ هجری شمسی در فلات مرکزی ایران است. همچنین در ادامه بخش قابل‌توجهی از داده‌ها به روش کتابخانه‌ای گردآوری شده است. گردآوری داده‌ها در نظریهٔ زمینه‌ای تا سرانجام تحقیق و اشباع نظری کدها ادامه می‌یابد. پس‌از آن محقق تلاش می‌کند داده‌ها را به شیوهٔ کدگذاری در سه مرحله دسته‌بندی کند. در مرحلهٔ بعد رابطهٔ بین مقوله‌ها و زیرمقوله‌های به‌دست آمده بر اساس نمونه مطرح‌شده در روش استراوس و کربین یافته شد. صحت یافته‌ها با توجه به فرآیند کدگذاری و مقوله‌سازی در تحقیق و همچنین نظر متخصصان درزمینهٔ ماندگاری تائید شد. در جدول (۱) تعدادی از کدها به‌عنوان نمونه آمده است.

جدول (۱): روند کدگذاری باز، محوری و انتخابی در پژوهش

کدگذاری باز	کدگذاری محوری				کدگذاری انتخابی
کدها/ مفاهیم	زیر مقوله‌ها				مقوله‌های اصلی	مقوله مرکزی
زه‌کشی، اجرای ماهیچه پای دیوار، اجرای ازاره، روش هم‌چین کردن، اجرای طاق و گنبد برای حفاظت از موریانه، استفاده از کوره پوش در زیر فضای مسکونی، نغل کردن و ...	انتخاب روش اجرا متناسب با عوامل محیطی (بیولوژیک)، انواع روش‌های دفع آب از بام و سطح دیوارها			علّی	تناسب روش ساخت با عوامل محیطی	عوامل مؤثر بر فناوری ساخت و پیامدهای ناشی از آن بر عمر مفید بناهای پیش از ۱۳۰۰ فلات مرکزی ایران
«گوم» گذاری در بستر رودخانه برای اجرای پل، اجرای پایه‌های پل به صورت نوک تیز در قسمت بالادست و به صورت آئرودینامیکی در قسمت پائین دست پل، اجرای پله‌ها و لبهٔ ایوان‌ها با هرهٔ آجری، اجرای اندودهای گلی در لبه‌های دیوارها به صورت مدور و ...	-			علّی	تناسب روش ساخت با کارکرد	
مقابله با بار با ساخت گنبد، استفاده از خشخاشی‌ها، روش ساخت طاق با ترکیب روش رومی و ضربی و ...	مقابله با بار مرده		مقابله با بار عمودی	علّی	ملاحظات سازه‌ای و ایستایی	
محصوریت بناها، بافت متراکم و فشرده، به حداقل رساندن تعداد و میزان سطح بازشو، ساباط‌ها، کوچه‌های باریک، ساخت دیوارهای ضخیم و جان‌پناه بلند (ارتفاع یک متر)، مشبک و سبک، استقرار شهر در ورای کمربندی سبز، استفاده از بادشکن‌هایی به‌صورت بوته و گیاه یا دیوارهای قطور، طولانی و بلند عمود برجهت باد خشتی یا آجری، استفاده از حائل‌های متخلخل و آسیاب‌های بادی	مقابله با بار زنده	مقابله با بار باد				
استفاده از قوس بیرونی تیزه دار و قوس درونی مازه دار در گنبد دوپوسته، استفاده از رخ‌بام، هدایت مناسب آب‌های رونده در سطح بام به‌سوی ناودان‌ها		مقابله با بار باران و برف				
اجرای دیوار در سه مرحله با فاصله زمانی، کوچک بودن اندازه آجر و این‌که آجر معمولاً با انواع ملات خوب سازش دارد موجب آن است که به ساختمان آجری قابلیت پذیرش داده شود و در برابر نشست مقاوم شود. ویژگی کشنده (ارتجاعی) ساختمان‌های آجری موجب آن بوده که با ایجاد ترک‌های موضعی نیروی ناشی از نشست جبران شود، درحالی‌که اگر ساختمان سخت و تغییر شکل‌ناپذیر می‌بوده، احتمال خراب شدن آن می‌رفته است.		مقابله با بار نشست				
استفاده از خشت و آجر و با ضخامت زیاد برای ساخت دیوارها، بافت متراکم، جهت‌گیری مناسب بناها، الگوی حیاط مرکزی و استفاده از بازشوهای کوچک		مقابله با بار ناشی از تغییرات درجه حرات				
زه کشی، تعبیه پشت‌بند		مقابله با بار ناشی از فشار آب و خاک ایستا				
تراکم و فشردگی بافت، ضخیم کردن پاکار طاق‌ها و دیوارها، شیب‌دار کردن پی (ساخت پی به‌صورت ذوزنقه)، ساخت تویزه‌ها مجاور یکدیگر، تلاش برای اجرای تاق‌های یکسان کنار هم، انواع پشت‌بندها، میل و منار (فضای ساخته‌شده اطراف گنبدها)، پیوستگی دو پوسته گنبد تا شکرگاه، کش و خفت یا کلاف (کلاف پی؛ کلاف جرز؛ کلاف ستون؛ کلاف سقف؛ کلاف در بالای طاقچه‌ها و رف‌ها؛ کلاف حلقوی در بخش بالایی جرزها و کلاف برای یکپارچه‌سازی و نازک‌کاری بنا)، حجیم کردن دیوارهٔ قوس‌های ابتدایی و انتهایی، استفاده از ستون مقاوم در تاق، استفاده از دیوار پله‌ای در اطراف تاق‌ها، ترکیب آجرچینی رومی و ضربی در طاق و تویزه، ایجاد ساباط در کوچه‌ها، کانه‌بندی، سعی بر سبک‌سازی بنا به‌خصوص در طبقه دوم و استفاده کمتر از مصالح.	مقابله با رانش					
پلکان مارپیچ در مناره‌ها مانند فنر، منار را نگه می‌دارند. چون اگر ساختمان بلند و باریک نتواند در برابر باد نوسان کند، تخریب می‌شود. ساخت مناره‌هایی که دارای دو پلکان است اغلب در مناره‌های زوجی صورت می‌گیرد، از تشدید نوسان مناره‌ها (پدیدهٔ رزونانس) جلوگیری می‌کند. استفاده از کلاف افقی در مناره (هر چه ارتفاع منار زیادتر شود با توجه به وزش باد در بالا با سرعت بیشتر، ارتعاشات بیشتر و وسیع‌تری دارد به عناصر کششی بیشتری نیاز است تا هماهنگی بدنه و دکل بیشتر و بهتر شود.	مقابله با بار باد		مقابله با بار افقی			
پیوستگی در ساختار بنا و استفاده از مصالح همگن، توجه به بستر بنا و تقویت شالوده، سبک‌سازی، تناسبات و مکان صحیح روزن در دیوار	مقابله با زلزله					

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مروری بر تعاریف و اصطلاحات مرتبط با عمر مفید و ماندگاری معماری

برای درک مشترک از واژگان استفاده‌شده، مفاهیم زیر متناسب با بحث پیش رو بیان‌شده‌اند، می‌باید در ابتدا مفهوم و معنای کلمه ماندگاری و دوام نسبی را مورد بررسی قرار داد. بر این اساس تعاریفی که در مجمع علمی معماری و کتاب راهنمای ماندگاری ساختمان برای واژه ماندگاری و دوام نسبی ارائه شده است، قابل استناد است. همچنین این تعاریف در واژه‌نامه‌ها بررسی و در پاورقی به آن‌ها اشاره شده است. در مجمع علمی معماری این مفاهیم بدین گونه تعریف شده است:

۳-۱-۱- ماندگاری

• قابلیت ساختمان، اجزاء، مواد و مصالح آن در حفظ کارایی خود در طول زمانی مشخص.

• توانایی مصالح یا عناصر بنا برای باقی ماندن، به‌ویژه هنگام استفاده مکرر، تحت‌فشار، شرایط متغیر مانند آب‌وهوا و رطوبت و غیره [۱۱].

• توانایی یک ماده برای مقاومت در برابر سایش، تحلیل، هوازدگی و دیگر شرایط طبیعی [۱۲].

• عمر مورد انتظار یا تخمین زده شده از یک ساختمان که تابع بسیاری از عوامل ازجمله شرایط اجرا در زمان ساخت‌وساز، طبیعت مصالح مورداستفاده، قرار گرفتن در معرض سختی، شرایط سرویس‌دهی و غیره است [۱۳]. (قابلیت بنا و هر جزء آن، در ارائه عملکرد خودش، در طول زمان معین، بدون هزینه تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌نشده.

طول عمر: مدت‌زمانی است که در طی آن، اجزا تعمیر شده از حداقل زمان مجاز و مورد قبول سرویس‌دهی برخوردارند.

عمر طراحی : مدت‌زمانی است که طراح (در شرایط مطلوب تعمیر و نگهداری) از عناصر (اجزا، ساختار) ساختمان، برای سرویس‌دهی مناسب و مطلوب آن‌ها، انتظار دارد [۱۴].

تخمین عمر طراحی: عمر مشخص‌شده توسط طراح (که متناسب با توقع صاحب بنا) است. عمر زنده ساختمان بر اساس میزان و نحوه نگهداری صاحبان بنا در طول زندگی ساختمان تعیین می‌شود.

مدت‌زمانی که یک ساختار یا جزء ساختمانی به‌طور ایمن عمل می‌کند، با احتمال قابل قبولی که در آن دوره نیازی به جایگزینی یا تعمیر قابل توجه نداشته باشد [۱۵] حداقل طول دوره که هر یک از اجزاء می‌تواند عملکرد خود را به‌درستی انجام دهد [۱۱].

۳-۱-۲- عمر مفید ساختمان

• مدت‌زمان واقعی که ساختمان و هر جزء آن قادر به ایفای نقش خود هستند، بدون آن‌که هیچ‌گونه هزینه نگهداری و تعمیر پیش‌بینی‌نشده به ساختمان تحمیل شود.

• مدت‌زمانی که انتظار می‌رود یک عنصر ساختمانی خدمات رضایت‌بخش با بازده قابل‌قبول، ارائه دهد [۱۲].

عمر سرویس‌دهی: دوره زمانی برای یک جزء یا دستگاه بدون هیچ‌گونه هزینهٔ قابل‌توجه برای بهره‌برداری، نگهداری یا تعمیر. [۱۱].

۳-۲- ملاحظات مرتبط با روش ساخت

۳-۲-۱- تناسب روش ساخت با عوامل محیطی

نیروهای طبیعت همواره باعث فرسودگی و تخریب ساختمان می‌شوند. تغییرات ناگهانی شرایط جوی و یا حتی شرایط عادی آب‌وهوا به‌تدریج باعث خرابی فیزیکی ساختمان می‌شود و این حجم بالایی از تعمیرات و بازسازی‌ها را به‌همراه می‌آورد. شرایط کنترل نشده بیرون ساختمان و حتی استفاده عادی از ساختمان به‌تدریج موجب تخریب یا فرسودگی آن می‌شوند. برای اجتناب از این موارد با شناخت بهتر طبیعت و استفاده از روش ساخت بنا متناسب با بهتر ساختمان در طول دوره مصرف کمک کرد. تجربیات حفاظت از سطوح گلین به‌خصوص از شرایط اقلیمی و جوی یکی از چالش‌های پیش‌رو در برخورد با معماری خاکی است. البته برای این حفاظت از شرایط جوی لزوماً نباید به آن ماده خاصی اضافه کرد بلکه اجرای اندود یا رنگ‌آمیزی دیوار برای حفاظت و تقویت آن کاملاً کافی است. روش‌های برخورد با سطوح، دارای تنوع زیادی است. استحکام‌بخشی سطوح، رنگ‌آمیزی، تبدیل سطوح به دفع‌کننده آب، استفاده از پوشش‌ها و سطوح پیش‌ساخته و روش‌های سازه‌ای نمونه‌هایی از برخورد در حفاظت از سطوح گلی است [۱۶]. در نتایج پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با ماندگاری، مؤثرترین عامل کاهش‌دهندهٔ عمر مفید ساختمان، عوامل محیطی دانسته شده است [۶، ۱۷ و ۱۸]. بنابراین تناسب روش ساخت با عوامل محیطی باعث افزایش عمر سرویس‌دهی بنا خواهد شد. در ادامه به مثال‌های بیشتری دراین‌باره پرداخته می‌شود.

• **زه‌کشی:** اگر زمین خانه مسطح باشد زه‌کشی زمین و دور کردن آب آن از خانه ضروری است. باید به‌وسیلهٔ حفر نهر جدیدی در فاصلهٔ دوری از خانه، هر نوع خط آب شستگی یا

مجرایی که محل ساختمان را قطع می‌کند تغییر محل داده شود و مسیرهای قدیم با خاک پر شوند. همچنین تراز زمین در نزدیکی ساختمان باید بلندتر از بقیهٔ قسمت‌های زمین باشد تا آب از خانه دور شود [۱۹].

• **اجرای ماهیچه پای دیوار:** جاری شدن آب‌های سطحی بیشترین آسیب را به‌پای دیوارها وارد می‌آورد، بدین منظور برای دفع آب‌های سطحی و رطوبت در پای دیوار ماهیچه‌ای به‌وسیله‌ی خاک اجرا می‌کنند. این ماهیچه شیب ملایمی به‌پای دیوار می‌دهد و سبب می‌شود که اولاً آب‌های جاری در سطح کوچه به سمت پای دیوار حرکت نکند و در ثانی در صورت بارندگی بستر مناسبی برای هدایت آب‌های ریزشی از سطح دیوار به سمت مقابل دیوار است [۲۰].

• **اجرای ازاره:** شرایط اقلیمی گذشته و وجود رطوبت حتی نفوذ آب باران، استحکام بناها را کم می‌کرد و ضمن کاهش عمر بنا و تأثیرات تخریبی، موجب بدنما شدن ظاهر آن می‌شد؛ ازاین‌رو، بخش پایینی بنا موردتوجه معماران بود و برای غلبه بر مشکلات بالا، این بخش بنا را به‌صورت متفاوتی طراحی و با مصالح مقاومی تحت عنوان ازاره درست می‌کردند. ازآنجاکه دیوارها، آجر و خاک و ملات خاصیت مکندگی زیاد آب را دارند، سنگ مثنی این نقص را جبران می‌کند و مانع از رسیدن رطوبت ناشی از نزولات جوی، اعم از برف و باران در کنار ساختمان و پیاده‌روها به عمق و ارتفاع دیوار می‌شود [۲۱].

• **دفع آب از بام:** «اگر بنا تیرپوش و سطح پوشش تخت باشد، پس‌ازآنکه شیب پشت‌بام را برای راندن آب باران ایجاد کردند روی پوشش را خاک آوار می‌ریزند. پس‌ازآن آب پاشیده و غلتک می‌زنند. سپس لایهٔ اول کاه‌گل با دانه‌بندی درشت به ضخامت ۳/۳ cm روی آن می‌کشند. پس از ریختن شیرهٔ سوختهٔ انگور، خرما یا توت بر روی این لایه دوباره غلتک می‌زنند. لایهٔ دوم کاه‌گل به ضخامت ۵/۱ cm روی آن قرار می‌گیرد و روی آن ماسه‌بادی می‌ریزند و غلتک می‌زنند. ماسه‌ها در بین درزهای کاه‌گل قرارگرفته و سقف کاملاً یکپارچه می‌شود و در مقابل نفوذ آب بسیار مقاوم است. دوام این پوشش از قیراندود بیشتر است» [۲۲]. افزون بر آن گاه روی طاق را پالانه می‌کردند. پالانه دو ردیف خشت است. روی آن خاک‌ریزی جزئی می‌کردند. روی آن را غوره‌گل می‌مالیدند و بعد دولایه کاه‌گل انجام می‌دادند (طلایی، مصاحبهٔ شخصی). با استفاده از اصول صحیح آبروها و ناودانی از بنا نیز از بام در برابر رطوبت محافظت می‌کردند [۴۲]. همچنین، لبه‌های بام در سقف‌های خاکی همواره مستعد فرسایش و آسیب ناشی از باد و آب هستند [۱۶]. معماران سنتی ساختمان از پیش‌آمدگی‌های لبه بام، شیروانی، غلام گردها و بسیاری راهکارهای دیگر جهت مقاوم‌سازی ساختمان در برابر شرایط جوی استفاده می‌کردند. چنین راهکارهایی منجر به محافظت سطح دیوارها در برابر رطوبت و عوامل جوی، محافظت از بازشوها، جلوگیری از نمایش ترک‌های به وجود آمده در سطح دیوارها و... می‌شدند.

• **نغل کردن:** برای اجرای پی زمین را با زاویه ۴۵ درجه می‌کنند و پی را در آن اجرا می‌کنند. در مناطقی که زمین سست باشد و یا درصد شن خاک بالا باشد (مانند مناطق کویری) از زاویه ۶۰ درجه نیز بهره می‌برند و اگر زمین به شکلی بود که اجازه پی‌سازی را نمی‌داد از نغل کردن (فرورفتگی داخل زمین) استفاده می‌کردند. نغل کردن به این صورت است که محلی را که قرار است در آن قسمت ایجاد شود را کنده و زیر آن را با مواد و ساختمایه‌ای پر می‌کردند و سپس برای یکنواخت کردن و مسطح کردن زیر پی ملات ریزی می‌شود که پس از اجرا این قسمت حالت ذوزنقه‌ای به خود می‌گیرد [۲۰].

• **پوشش طاق و گنبد:** شکل سقف ساختمان‌ها در مناطق کویری به دلیل بارندگی کم و کمبود چوب به شکل خرپشته، طاق یا گنبد از خشت خام و گل ساخته‌شده است [۲۴]. همچنین به دلیل وجود موریانه فراوان از پوشش طاق و گنبد با ارتفاع کوتاه و یکنواخت استفاده می‌شود [۲۳].

تناسب روش ساخت با عوامل محیطی و استفاده از روش‌هایی که اثر عوامل محیطی به‌ویژه رطوبت را کاهش می‌دهند، به ماندگاری بنا می‌انجامد. چراکه نیروهای طبیعت بسیار قوی بوده و در تخریب کالبد نقش مهمی ایفا می‌کنند. مثال‌های ذکرشده تعداد محدودی از کدها بوده که با توجه به ظرفیت مقاله توضیح داده‌شده است.

۳-۲-۲- تناسب روش ساخت با کارکرد

در معماری سنتی اجرای عناصر ساختمانی متناسب با کارکرد آن صورت می‌گیرد. بعضی از روش‌ها توانسته‌اند، از عهدهٔ کارکردی که از آن‌ها انتظار می‌رود به‌خوبی برآیند، کارآمدی خود را حفظ کنند و به‌عنوان عنصری قابل‌اعتماد و پرکاربردتر شناسایی شوند. تناسب روش ساخت با کارکرد به مقاومت ساختار و درنتیجه ماندگاری معماری می‌انجامد. دو مثال زیر از تناسب روش ساخت با کارکرد بنای عمومی و عام‌المنفعه پل از شگفتی‌های معماری سنتی ایران است:

«ازجملهٔ روش‌های شالوده‌ریزی بدین‌صورت بود که تعدادی چاه به‌تناوب در بستر رودخانه و در محل موردنظر حفر و «گوم» گذاری می‌نمودند و سپس داخل چاه‌ها را با شفته‌آهک و ساروج پر می‌کردند. طرز حفر چاه‌ها به این نحو بود که گومی را در بستر رودخانه قرار می‌دادند و شن و گل‌ولای را از داخل آن خارج می‌کردند. گوم به‌تدریج در اثر وزن خود نشست می‌کرد و دومرتبه گوم دیگری بر روی آن می‌گذاشتند و تا عمق موردنظر این عمل را ادامه می‌دادند. این چاه‌ها درواقع تبدیل به پی‌هایی می‌شدند که پل بر روی آن ساخته می‌شد. بر اساس مدارک تاریخی پل‌های سی‌وسه‌پل و مارنان اصفهان را به‌این‌ترتیب ساخته‌اند» [۲۵]. فرشاد نیز در کتاب مهندسی ایرانی به روش ساخت جالبی متناسب با کارکرد پلی تاریخی اشاره می‌کند: «... قدیمی‌ترین پلی که تااندازه‌ای جنبه مهندسی داشته بر روی فرات ساخته‌شده است و دو قسمت شهر بابل را به یکدیگر متصل می‌کرده است. گذرگاه این پل از چوب و بر روی پایه سنگی میانی ساخته‌شده بوده است. پایه‌های این پل طوری ساخته‌شده بوده که در قسمت بالادست پل نوک‌تیز بوده و عمل تقسیم آب را انجام می‌داده و در قسمت پائین‌دست پل شکل گرد (آئرودینامیکی) داشته است. این طرز ساختمان علاوه‌بر هدایت مناسب آب از لحاظ مکانیکی و مهندسی نیز صحیح و در دوام پل تأثیر زیادی داشته است» [۲۶].

همچنین اکثر پله‌ها و لبهٔ ایوان‌ها با هرهٔ آجری اجراشده است، چراکه پاخور این عناصر زیاد است. بعلاوه پشت آجرها باید کاملاً آغشته به گل آهک باشد که آجر را نگه دارد (نساجی، مصاحبهٔ شخصی). همچنین اندودهای گلی در لبه‌های دیوارها بسیار آسیب‌پذیرند، بنابراین باید به‌صورت مدور اجرا شوند یا در آن‌ها از زهوارهای محکم استفاده شود [۱۶]. در نماسازی با کاه‌گل ارزه لبه‌های کار را با گچ دم‌گیری کرده و به آن کاه‌گل دم‌گیری می‌گویند. دم‌گیری مانند نبشی گچی دورتادور نما کشیده شده و آن را قالب‌گیری می‌کند [۲۲].

ارتباط عملکرد اجزاء بنا با سازه می‌تواند بر عمر مفید بنا بیفزاید. با استناد به آیین‌نامه فما [۱۷] این مقوله تصدیق می‌شود. مصادیق متعدد تناسب روش ساخت با کارکرد در معماری سنتی یافت می‌شود که بی‌شک بر ماندگاری آن مؤثر بوده است.

۳-۲-۳- شناخت و توجه به ملاحظات سازه‌ای و ایستایی

ایرانیان تمدنی با بناهای ماندگار از خود به‌جا گذاشته‌اند و تمهیدات فکورانه‌ای را برای نیارش ساخت‌وساز خود پدید آورده‌اند. معماران تلاش کرده‌اند تا با شناخت دانش ایستایی بنا را به‌گونه‌ای بسازند تا در اثر نیروهای گوناگون و گذر زمان تخریب نشود. نگاهی به بناهای استوار تاریخی بعد از حدود صدها سال که از بنای آن‌ها می‌گذرد روشنگر این امر است که کلیهٔ نیروهای مختلف فشاری، کششی و حتی برشی به‌گونه‌ای حساب‌شده و دقیق به خشت، آجر و چوب منتقل‌شده و آن‌ها توانسته‌اند به‌خوبی آن را تحمل کنند و ایستایی بنا محفوظ بماند [۲۷]. معماران درگذشته، علاوه بر طراحی و ساخت بناها و سازه‌های مستحکم، تدابیری را نیز برای ماندگاری هرچه بهتر آن‌ها می‌اندیشیدند. همین امر نیز موجب شده بود تا روش‌های مختلفی از اقدامات فنی برای بناهای ساخته‌شده در نظر گرفته شود. بررسی معماری گذشتهٔ ایران نشان می‌دهد که همیشه در یک تداوم تاریخی، سعی شده تا مسائل فنی در ارتباط بسیار نزدیکی با طراحی معماری و حتی آرایه، بتواند سازه‌ای پایدار و مستحکم در برابر عوامل مختلف طبیعی و انسانی ایجاد کند. بررسی آن‌ها می‌تواند مجموعه‌ای ارزشمند در باب شناخت سازه‌های معماری ایران بگشاید [۲۰] و چگونگی تأثیر آن بر افزایش عمر مفید معماری را تبیین کند. متخصصین حوزهٔ ماندگاری، تأثیر ملاحظات سازه‌ای بر عمر مفید بنا را تائید می‌کنند [۶ و ۷ و ۸ و ۲۸].

۳-۲-۴- ایستایی در برابر بار عمودی

یکی از مهم‌ترین مواردی که در ساخت سازه‌ها همواره موردتوجه معماران بوده است، مهار نیروهای فشاری است که از همان مراحل اولیه‌ی اجرا وجود داشته و تا پس از اتمام آن نیز تهدیدی برای ناپایداری سازه به‌شمار می‌آمد. بارهای عمودی به دو دستهٔ بار مرده و زنده تقسیم‌شده‌اند. در ادامه به مثال‌هایی از راهکارهای معماران سنتی برای ایستایی در هر یک از این دو دسته پرداخته و نقش آن‌ها در ماندگاری کالبد بنا بررسی می‌شود.

۳-۲-۵- بار مرده

بار مرده مربوط به وزن سازهٔ ساختمان و دیگر اجزاء دائمی (غیرمنقول) ساختمان مانند قسمت‌های باربر بنا، کف و سقف، دیوارهای جداکنندهٔ ثابت و ... می‌شود. در یک ساختمان بارهای مرده (ثقلی) از بالا به پایین افزایش می‌یابد .

مصالح مختلف بسته به ویژگی‌های ذاتی خود توانایی متفاوتی در تحمل نیروهای کششی و برشی دارند. برای مثال تمام انواع آجر ازنظر تحمل نیروهای فشاری بسیار مقاوم‌تر از قابلیت تحمل نیروهای کششی بوده و مقاومت کششی آن پایین است. سنگ‌ها مانند آجر ترد یا شکننده بوده و تحت‌فشار دارای مقاومت بالایی هستند ولی در مقابل کشش ضعیف می‌باشند. از این مصالح برای پایه‌ها، دیوارها و پی‌ها یعنی در اجزائی از ساختمان که تنها تنش‌های فشاری را تحمل می‌کنند و یا حداکثر تنش‌های کششی کوچکی را متحمل می‌گردند استفاده می‌شود [۲۹]. برای افزایش

مقاومت کششی این مصالح از چوب در داخل دیوارها و جرزها استفاده شده است. استفاده از چوب در فواصل مختلف در لای جرزها، از خرد شدن آجرها براثر فشار زیاد ساخت مایهٔ روی آن جلوگیری می‌کند [۳۰]. در ادامه به ذکر مثال‌هایی از راهکارهای معماران سنتی برای مقابله با نیروهای فشاری عمودی پرداخته می‌شود. بخشی از راهکارها پیرو استفاده از مصالح با مقاومت کششی کم به‌گونه‌ای است که ساختار کمترین میزان کشش را تحمل کنند.

• **استفاده از خشخاشی‌ها:** در اجرای گنبد گسسته آهیانه و خود جدا و دور از هم ساخته می‌شوند. بدین گونه که بعد از اجرای آهیانه معمولاً تا شکرگاه، آهیانه را برای کم کردن نیروها پر می‌کنند تا سنگین شود و سپس بر روی آن دیواره‌هایی به نام خشخاشی ساخته‌شده و خود گنبد بر روی این پره‌ها قرار می‌گیرد. برای اینکه خشخاشی‌ها پایداری مناسبی داشته باشند و بتوانند بار وارده ناشی از خود را نیز تحمل کنند از روبرو و دوبه‌دو از چند بخش به یکدیگر بسته می‌شوند. در بیشتر گنبدها، تعداد خشخاشی‌ها هشت عدد است. نقش خشخاشی‌ها در سازه‌ی گنبدهای ایرانی بالا بردن مقاومت و پایداری پوسته‌ی بیرونی است (نقش ایستایی).

• **ترکیب طاق رومی و ضربی:** پرپرشدن حالتی در تاق ضربی است که شامل جدا شدن و فاصله گرفتن آجرها از هم به‌صورت عمودی است، اگر نیروی وارد بر تاق ضربی زیاد باشد و یا اینکه تاق تحمل نیروهای فشاری وارد بر خود را نداشته باشد و در حالت دیگر اگر تاق یکدست ضربی اجراشده باشد، احتمال پرپرشدن تاق وجود دارد که برای مقابله با این امر تاق ضربی را همراه با تاق رومی بکار می‌برند تا این ضعف از بین برود که اصطلاحاً به این نوع تاق لب‌بند میگویند [۲۰].

مثال‌های بالا نمونه‌هایی از راهکارهای معماران سنتی برای مقابله با بار عمودی بودند. اگر سازه بتواند در برابر بارهای مردهٔ وارده مقاومت کند، کالبد بنا باقی می‌ماند و درنتیجه معماری می‌تواند ماندگار شود.

۳-۲-۶- بار زنده (باد، باران، برف، نشست و بار ناشی از تغییرات درجه حرارت)

بارهایی که قابلیت جابه‌جایی دارند، بارهای زنده نامیده می‌شوند. بارهایی که به‌وسیلهٔ اشیا یا اشخاص در ساختمان ایجاد می‌شوند به نام سکنی هم معروف‌اند. بار باد، باران، برف، نشست و بار ناشی از تغییرات درجه حرارت، بار ناشی از آب و فشار خاک ایستا، انسان‌ها، اثاثیه و ... بارهای زنده‌اند. در ادامه به مثال‌هایی از مقابله با این بارها در معماری سنتی پرداخته می‌شود.

• **باد:** نیروی باد می‌تواند به دو صورت افقی و عمودی به بنا نیرو وارد کند و آن را تحت تأثیر فشار، مکش (کشش)، نیروی بالارونده، برش، لغزش و واژگونی قرار دهد. بر اساس آیین‌نامه بار باد برای پل‌ها و ساختمان‌های بلند، پویا و برای دسته‌های دیگر ساختمان، ایستا فرض می‌شود. تأثیر باد بر ساختمان به عواملی مانند حداکثر سرعت باد، ارتفاع بنا، هندسه ساختمان، میزان حفاظتی مجاور ساختمان بستگی دارد. سرعت باد در ارتفاع بیشتر است؛ بنابراین هرچه ارتفاع بنا بیشتر باشد، اثر باد مخرب‌تر است. همچنین هرچه فرم بنا آئرودینامیک‌تر باشد تأثیر باد کمتر است.

در فلات مرکزی ایران از راهکارهایی برای کاهش اثرات مخرب باد استفاده می‌کردند. محصوریت بناها، بافت متراکم و فشرده، جهت‌گیری بافت، به حداقل رساندن تعداد و میزان سطح بازشو، سقف‌های سرپوشیده و مصالح سنگین، ساباط‌ها، کوچه‌های باریک، ساخت دیوارهای ضخیم و جان‌پناه بلند (ارتفاع ۱ متر)، مشبک و سبک و همچنین استقرار شهر در ورای کمربندی سبز ازجملهٔ این عوامل هستند. برای مقابله با باد بایستی دیوارهای خارجی ضخیم ساخته شود و بناها مرتفع و چند طبقه نباشد و از ساخت بناهای منفرد در مکان‌هایی که دائماً در مسیر حرکت بادهای ذکر شده می‌باشند، خودداری شود. برای کاهش شدت باد، استفاده از بادشکن‌هایی به‌صورت بوته و گیاه، ردیفی از درختان بلند با فاصله‌های مشخص و یا دیوارهای قطور خشتی یا آجری مرسوم بوده است. گاه با استفاده از درخت‌کاری در ردیف‌بندی‌های منظم و درخت‌کاری به‌صورت پراکنده در بین ردیف‌ها به میزان ۵۰ تا ۶۶ درصد از شدت باد کاسته شده است [۴۲].

در برخی از مناطق کویری ایران آسیاب‌های بادی ساخته‌شده است. وزش باد به پره و چرخ‌های چوبی دستگاه‌های آن برخورد کرده و آسیاب را باقدرت به‌حرکت درمی‌آورد. بناهای مسکونی در پناه دیوار آسیاب‌های بادی که با ارتفاع زیادی ساخته‌شده و در جوار یکدیگر قرار دارند ساخته‌شده‌اند تا شدت خرابی باد کاهش یابد. گاهی با ساخت دست‌اندازهای بلند از آسیب باد به بنا جلوگیری شده است [۲۳].

• **باران و برف:** بار باران معمولاً براثر گرفتگی آبروها و شیب بندی نامناسب حادث می‌شود. حوض شدگی یا برکه‌ای شدن پدیده‌ایست که در اثر جمع شدن آب بر روی بام اتفاق می‌افتد. آب باران روی سقف‌های قوسی باقی نمی‌ماند. بااین‌حال با طراحی و اجرای صحیح ناودان‌ها و پیش‌آمدگی در بام می‌توان از تماس آب باران با سطوح گلی جلوگیری کرد. بار برف به موقعیت جغرافیایی، هندسهٔ سقف و بادگیری سقف بستگی دارد. یخزدگی

علاوه بر وزن بر میزان تأثیر باد نیز می‌افزاید. بدیهی است اگر نیروهای مخرب ناشی از بار برف و باران از بین برود، عمر سازه بیشتر خواهد شد.

برای مثال «در ساخت گنبد دوپوسته قوس بیرونی را تیزه دار و قوس درونی را مازه دار در نظر می‌گیرند. این امر احتمالاً به‌منظور دفع سریع‌تر آب و باران و جلوگیری از رسیدن رطوبت به سازه صورت می‌گیرد. راهکار دیگر استفاده از رخ‌بام بوده که محل اتصال جرز و بام در بنا است که برای جلوگیری از تأثیرات مخرب ناشی از بارندگی و شستگی در بناها اجرا می‌شود. جلوگیری از حرکت آزادانه آب باران و برف و نیز هدایت مناسب آب‌های رونده در سطح بام به‌سوی ناودان‌ها ازجمله اقداماتی است که در ساخت رخ‌بام مورد توجه قرار می‌گیرد» [۲۰].

• **نشست:** بار نشست غالباً به‌علت ناهمگون بودن خاک زیر بنا و عدم مقاومت یکسان زمین حاصل می‌شود. اگر نشست نامتقارن یا نسبی باشد باعث ایجاد ترک‌های بزرگ در دیوارها و درنتیجه تضعیف سازه می‌شود. همهٔ معماران داستان آگاهی استادکار از نشست بنا را شنیده‌اند: «استاد سازنده پیش‌بینی نشست دیوار را کرده و قصدش بر آن بوده که بگذارد تا بخشی از بنا نشست خود را بکند تا پس‌ازآن به اجرای بقیه کار بپردازد؛ ولی حکمران که در انجام کار شتاب داشته پیشنهاد تعطیل موقت کار را نمی‌پذیرد و استاد سازنده به‌ناچار مدتی ناپدید می‌گردد و بدین‌سان به مراد خویش که اجرای درست کار برده می‌رسد و سرانجام نیز دوباره پیدا می‌شود و کار را به پایان می‌برد» [۲۶].

معماران سنتی می‌دانستند برای جلوگیری از خطر نشست، پی‌های کناری حتماً باید مقاوم‌تر از پی‌ها در وسط ساختمان باشد چون میزان بار بیشتری را تحمل می‌کنند (هادی طحان، مصاحبه شخصی). علاوه‌بر این کوچک بودن اندازه آجر و این‌که آجر معمولاً با انواع ملات خوب سازش دارد موجب آن است که به ساختمان آجری قابلیت پذیرش داده شود و در برابر نشست مقاوم شود. این تغییر فرم پذیری توان ساختمان و ایستایی آن را در برابر فشارهای زمین‌لرزه و نشست در پایه‌های ساختمان‌ها افزایش می‌داده است. ویژگی کشنده (ارتجاعی) ساختمان‌های آجری موجب آن بوده که با ایجاد ترک‌های موضعی نشست‌های نامبرده جبران شود، درحالی‌که اگر ساختمان سخت و تغییر شکل ناپذیر می‌بوده، احتمال خراب شدن آن می‌رفته است [۲۶]. با دفع نیروهای ناشی از نشست بنامی توان عمر مفید کالبد را افزایش داد.

• **بار ناشی از تغییرات درجه حرارت:** اختلاف دما در دو سمت بیرونی و درونی بنا باعث خمیدگی ساختمان و ترک‌های برشی (۴۵ درجه) می‌گردد. برای جلوگیری از سرد و گرم شدن بیش‌ازاندازهٔ مصالح و درنتیجه تخریب بنا، دیوارها را با خشت و آجر و باضخامت زیاد می‌ساختند، خانه‌ها به هم چسبیده‌اند و درنتیجه ضخامت دیوارها بازهم بیشتر می‌شود. جهت‌گیری بناها، الگوی حیاط مرکزی و بازشوهای کوچک نیز به کاهش نوسانات حرارتی کمک می‌کنند. تنش حرارتی علاوه بر ایجاد مشکل در عملکرد زیبایی و حفاظتی نما، رفتار حرارتی آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب نفوذ رطوبت به عمق جدار و کاهش مقاومت حرارتی و دوام آن می‌شود. درنتیجه کاهش نوسانات حرارتی، عمر مفید کالبد معماری را طولانی‌تر می‌کند.

• **بار ناشی از آب و فشار خاک ایستا:** این نیروها در جهت عمود بر دیوارها و کف‌ها عمل می‌کنند. برای اینکه فشار آب‌های زیرزمین بنا را خراب نکند دور خانه را زهکشی می‌کردند. زه کشی سطح آب‌های زیرزمینی را پایین‌تر می‌برد. مهندسان عمران برای مقاومت در برابر فشارهای قائم و جانبی ناشی از خاک از دیوار حائل استفاده می‌کنند. معماران سنتی با تعبیه پشت‌بند با بار ناشی از فشار خاک مقابله می‌کردند. دیوار حائل نقشی معادل پشت‌بند ایفا می‌کند. اندیشیدن به راهکارهایی برای مقاومت در برابر این نوع از بارهای مرده نیز، به بقاء بنا در بازهٔ زمانی طولانی‌تر کمک کرده است.

۳-۲-۷- ایستایی در برابر نیروی جانبی یا رانش به وجود آمده از بار مرده یا زنده عمودی

رانش طاق در اثر نیروی افقی ناشی از بار مرده یا زندهٔ عمودی به وجود می‌آید. درگذشته برای خنثی کردن این نیرو از راهکارهایی مانند تراکم و فشردگی بافت (ساخت بناها در کنار هم)، ضخیم کردن پاکار طاق‌ها و دیوارها، شیب‌دار کردن پی (ساخت پی به‌صورت ذوزنقه)، ساخت تویزه‌های مجاور یکدیگر، تلاش برای اجرای تاق‌های یکسان کنار هم، انواع پشت‌بندها، میل و منار (فضای ساخته‌شده اطراف گنبدها)، پیوستگی دو پوسته گنبد تا شکرگاه، کش و خفت یا کلاف (کلاف پی؛ کلاف جرز؛ کلاف ستون؛ کلاف سقف؛ کلاف در بالای طاقچه‌ها و رف‌ها؛ کلاف حلقوی در بخش بالایی جرزها و کلاف برای یکپارچه‌سازی و نازک‌کاری بنا)، حجیم کردن دیوارهٔ قوس‌های ابتدایی و انتهایی، استفاده از ستون مقاوم در تاق، استفاده از دیوار پله‌ای در اطراف تاق‌ها، ترکیب آجرچینی رومی و ضربی در طاق و تویزه، ایجاد ساباط در کوچه‌ها و کانه بندی استفاده می‌کردند. همچنین سعی بر سبک‌سازی بنا به‌خصوص در طبقه دوم و استفاده کمتر از مصالح از رانش طاق جلوگیری می‌کند. بعلاوه در اجرای دیوارهای محصورکننده، چون در یک روز نمی‌توان کل آن را اجرا کرد، معمولاً پس از اتمام کار روزانه، دیوار را از بخش باقی‌مانده

به‌صورت پله‌ای اجرا می‌کنند تا به هنگام اجرای مابقی دیوار در روز بعد، ارتباط قسمت پایین با بالا قطع نشده و در برابر نیروهای جانبی مقاوم باشد. در مثال دیگر، معماران سنتی در شهر زواره تویزه‌های چهار صفه را در جهت عکس تویزه‌های اتاق‌های کنار چهارصفه قرار می‌دهند و لذا بار همدیگر را خنثی می‌کنند. [۱۶ و ۱۹ و ۲۹ و ۳۱ و ۳۲ و ۳۳]. جلوگیری از رانش ازجمله دغدغهٔ اصلی معماران در طول سال‌ها بوده است. آن‌ها به تجربه به راهکارهای متفاوتی برای ایستایی کالبد در برابر این نیروی مخرب دست‌یافته‌اند.

۳-۲-۸- ایستایی در برابر بار افقی

مقابله با نیروی زلزله: در ایران به‌طور تخمین هرساله زلزله‌ای به‌شدت ۶ ریشتر و هر ده سال یک‌بار زلزله‌ای به‌شدت بیش از ۷ ریشتر به وقوع می‌پیوندد و خسارات مالی و تلفات جانی فراوانی به‌جای می‌گذارد؛ نکته مهم این است که تعداد قابل‌توجهی از بناهای قدیمی کشور ما نیز در طول تاریخ، استحکام خود را در مقابل این حادثه طبیعی نشان داده‌اند. وجود آثار و ابنیه تاریخی در مناطق زلزله‌خیز ایران گواه این مدعاست. این بخش به بررسی راهکارهای معماران سنتی و نحوه مقاومت بناهای تاریخی در برابر زلزله اختصاص دارد. لازم به ذکر است مبحث زلزله در معماری سنتی بسیار گسترده است؛ بنابراین این پژوهش همهٔ جوانب آن را بررسی نمی‌کند و تنها به ذکر مثال‌هایی از راهکارهای ارائه‌شده در این باب می‌پردازد.

• پیوستگی در ساختار بنا و استفاده از مصالح همگن: انسجام و به‌هم‌پیوستگی ساختمان و بنا فشار را بین تمام اجزا مثل یک کل توزیع و تقسیم می‌کند و ساختمان نیز مثل یک کل در برابر فشارها عمل می‌کند. انسجام ساختمان و بنا به اتصالات آن بستگی دارد؛ چگونگی اتصال مصالح یا اجزاء ساختمانی به یکدیگر در ماندگاری بنا مؤثر است [۵]. انسجام و پیوستگی بین مصالح مختلفی که بار و فشار را به‌تناسب ابزار جابه‌جا می‌کنند کاری بسی سخت و دشوار است؛ بنابراین ضروری است که ساختمان از یک نوع مصالح یا مصالح همگن ساخته شود [۳۲]. از عمده‌ترین ویژگی‌های بناهای تاریخی ایران این است که کلیهٔ اجزاء معمارانه و سازه‌ای در بناهای سنتی به نحوی پیوسته با یکدیگر عمل می‌کنند و نمی‌توان آن‌ها را از یکدیگر تفکیک نمود. مثال دیگر استفاده از کلاف بندی‌ها و المان‌های کششی در بناهای تاریخی است که انسجام آن‌ها را در برابر بارهای دینامیکی افزایش می‌دهد [۳۴]. چون چوب نسبت به مصالح ساختمانی دیگر سبک و ضربه‌گیر است، برای مناطق زلزله‌خیز مصالح ساختمانی مناسبی است [۳۵]. کنج دیوارها و اتصالات میان آن‌ها، درگاه‌ها و پنجره‌ها نیز با کلاف‌های چوبی عمودی که به شالوده متصل هستند تقویت‌شده است. گاهی از پشت‌بند برای مقابله با نیروهای افقی زلزله که این عناصر را از هم جدا می‌کنند، استفاده‌شده است (هادی طحان، مصاحبهٔ شخصی). در مناطق زلزله‌خیز از الیاف چوبی به‌عنوان بادبند استفاده‌شده است. این اصل برای جلوگیری از نوسان بنا در اثر ضربات زلزله به کار می‌رود [۳۶].

• سبک‌سازی: فن سبک‌سازی در معماری ایرانی می‌تواند سازه را تا حد زیادی در برابر نیروهای جانبی به‌ویژه زلزله مقاوم کند. معماری سنتی ایران از روش‌های گوناگونی در سبک‌سازی بهره برده است. این روش‌ها در هر بخش از بنا و در هر سرزمین با توجه به مصالح در دسترس و شیوه‌های ساخت با یکدیگر متفاوت می‌باشند. عواملی همچون هندسه، شرایط اقلیمی و نوع مصالح مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در شکل و نوع سبک‌سازی بکار رفته در بناها است. برای مثال معماران با افزایش ارتفاع ساختمان سعی در کاهش وزن مصالح و کاهش سطح مقطع عناصری مانند دیوار، طاق و گنبد داشته‌اند. ساخت دیوار به روش چینه و کاهش ضخامت تدریجی طاق از پاکار تا تیزه، دیوار صندوقه، طاقچه و رف، کانه بندی و شبکه‌سازی‌ها از دیگر راهکارهای معماران سنتی برای سبک‌سازی بوده است [۳۷ و ۳۳ و ۳۸].

• تناسبات و مکان صحیح روزن در دیوار: رعایت تناسبات درست روزن در دیوار از نکات حائز اهمیتی است که معماران ایرانی به آن توجه می‌کرده‌اند. چراکه ایجاد روزن در دیوار آن را ناپایدار می‌کند. وجود بازشوها در دیوار، جز افزایش نیروهای فشاری در بخش‌های اطراف و حواشی بازشو، باعث تشکیل و پخش شبکه نیروهای کششی و فشاری خاص می‌شود که معمولاً به انفصال قسمتی فوقانی از دیوار می‌انجامد. در نماهایی که تعداد بازشوها بیشتر باشد براثر نشست پی‌ها تعداد ترک‌ها افزایش می‌یابد. معمولاً هنگام زلزله ترک‌های مورب از گوشهٔ پنجره‌ها آغاز می‌شوند. هر نوع سوراخ پنجره و غیره بایستی آن‌قدر کوچک و محدود در نظر گرفته شود که قدرت دیوارهای جناحی تاق گهواره‌ای را به مخاطره نیندازد [۲۹].

زلزله از مهم‌ترین نیروهای مخرب کالبد به شمار می‌رود. راهکارهای متعددی در طول سال‌ها برای ایستایی سازه در برابر این نیرو اندیشیده شده و تا حد زیادی موفق بود است. توجه به بسیاری از این نکات، ایستایی سازه در برابر نیروهای دیگر را نیز فراهم می‌کند. اگر کالبد در برابر نیروهای مخرب ایستا باشد، ماندگاری کالبد در طول سالیان متمادی تضمین می‌شود.

مقابله با نیروی باد: همان‌طور که گفته شد نیروی باد می‌تواند به دو صورت افقی و عمودی به بنا نیرو وارد کند و آن را تحت تأثیر قرار دهد. بر اساس آیین‌نامه بار باد برای پل‌ها و

ساختمان‌های بلند دینامیکی و برای دسته‌های دیگر ساختمان استاتیکی فرض می‌شود. وجود بادها و اثر برخورد آن‌ها با ساختمان‌ها از مسائل معماری بوده و هست. سرعت باد در برخی مناطق تا ۳۲ کیلومتر در ساعت می‌رسد. ساختمان در مقابل باد می‌تواند حداقل سه واکنش داشته باشد: هدایت باد، دفع و یا عبور باد. [۳۹]. مناره‌ها ازجمله سازه‌های مرتفع معماری سنتی است که بقاء آن‌ها در سالیان متمادی نشان از مواجهه صحیح این سازه با نیروها و مهم‌تر از همه نیروی باد است. ساخت برج‌ها، میل‌ها و مناره‌ها بر روی زمینی سخت یا ایجاد پی (زیرسازی) گسترده و متناسب با ارتفاع مناره و ابعاد آن، ایجاد پلان، چهار، شش و یا هشت‌وجهی در پایین منار برای ایستایی بیشتر، مدور بودن مناره با قطر لولهٔ زیاد، ایجاد پیوستگی میان پوستهٔ بیرونی (بدنهٔ خارجی) و دکل مناره به‌وسیلهٔ چوب‌های کلاف در زیر پله‌ها و وجود یک یا دو پلکان مارپیچ با نقش فنر برای ایجاد امکان نوسان در منار و جلوگیری از پدیدهٔ تشدید، ازجمله راهکارهای معماران سنتی برای ایستائی این سازه در برابر نیروی باد است. چنان‌که گفته شد هرچه بنا مرتفع‌تر باشد، اثر باد مخرب‌تر است؛ بنابراین بقاء کالبد مناره‌ها بهترین مثال برای اثبات دفع اثرات مخرب نیروی باد در معماری سنتی و تأثیر آن بر افزایش عمر مفید کالبد است.

۴- هندسهٔ ساختار بنا

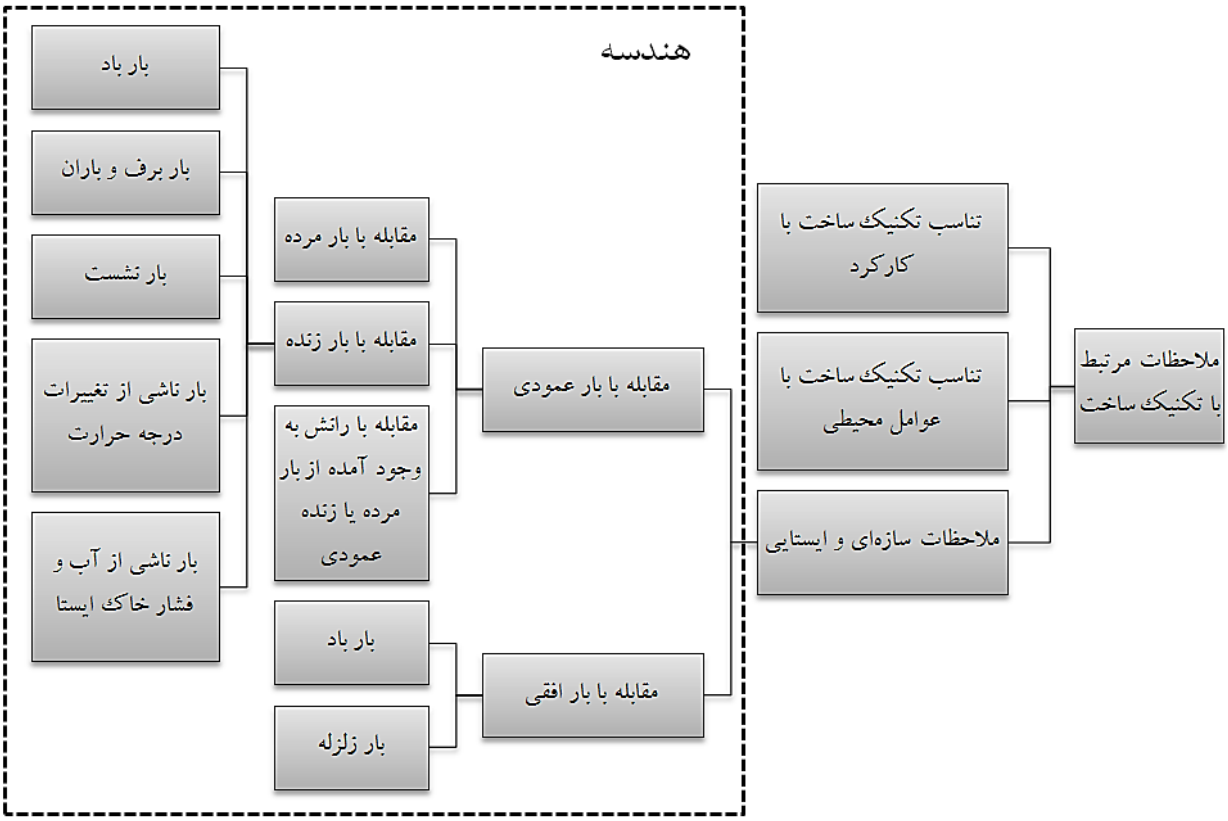
یکی از مشخصه‌های معماری سنتی، استفاده از هندسه و توجه به تقارن، تناسب، مقیاس، خوانایی و وضوح است که همه این‌ها نظمی کم‌نظیر را موجب می‌شود [۴۰]. معماران ایران بر اصول هندسه واقف بوده‌اند و این دانش راهنمای معمار در تأمین تناسبات و هماهنگی‌های اصولی بوده است. هندسه و تناسب به دلیل ماهیت منظمی که دارند، کاربرد زیادی در فضاهای معماری داشته و بدین گونه آثار شاخص معماری ایران را نیز می‌توان پدید آمده از دانش هندسه دانست؛ به‌طوری‌که در تمامی مراحل تکوین آن، رابطه تنگاتنگی بین هندسه و سازه دیده می‌شود.

هندسه در معماری سنتی در فرم متقارن و منظم بنا در پلان و نما، تناسبات صحیح اجزاء سازه‌ای و انسجام بین اجزاء مختلف سازه نمایان می‌شود. فرم ساختمانی باید وظیفهٔ انتقال نیروها را به نحو مناسب انجام دهد [۲۶]. فرم ساختمانی باید شرایط اصلی تعادل، پایداری، سختی و ارتجاع لازم را تأمین کند. هرقدر انتقال نیروها مستقیم‌تر انجام شود فرم ساختمانی اقتصادی‌تر است [۲۶]. هرچه اشکال ساختمان منظم‌تر و توزیع جرم‌ها و سختی‌های آن در سطح افق (نقشه) و در ارتفاع، متقارن‌تر باشد، مقاومت احتمالی آن در برابر زلزله افزایش خواهد یافت. اغلب ساختمان‌های که دارای پیکربندی نامنظم‌اند، در مقابل زلزله خسارت بیشتری می‌بینند [۴۱]. نتایج حاصل از مطالعه علل ویرانی ساختمان‌ها در جریان زلزله‌های مخرب و نیز تجربیات آزمایشگاهی که بر روی مدل‌های ساختمانی انجام‌شده، به نحوی قاطع ثابت کرده‌اند که چگونگی شکل ساختمان تأثیری به سزا در پایداری سازه آن در مقابل زلزله دارد. بااین‌وجود، در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله، هنوز چنانکه شایسته است به انتخاب شکل مناسب، دقت نمی‌شود و تصور عام بر آن است که تنها محاسبهٔ سازه‌ای ضد زلزله برای یک ساختمان در تأمین پایداری آن در برابر لرزش‌های زمین کافی است [۴۱]. درحالی‌که رعایت اصول سازه‌ای در طراحی حجم بنا، غیرقابل‌اجتناب و غیرقابل‌انکار بوده و هستند. ذکر این نکته جالب توجه است که بسیاری از بناهای تاریخی علی‌رغم آسیب‌پذیری، مسلح نبودن به عناصر کششی، فقدان اتصالات بتونی یا فولادی در مفاصل بنا، طراحی و اجرا قبل از تفکر کمی و محاسباتی مربوط به زلزله، همچنان استوار و پای برجا باقی‌مانده‌اند. دلیل این امر، پیکربندی صحیح و توجه به هندسهٔ فرم بنا بوده است؛ زیرا شکل‌های سادهٔ بنا تنش‌های ناشی از زلزله را در ساختمان کاهش می‌دهد. انتخاب فرم صحیح ساختمان تنها وسیلهٔ ممکن بوده که در طراحی بناهای تاریخی از آن استفاده‌شده و به طرز قابل‌توجهی چنین آثاری در برابر زلزله مقاوم بوده است [۴۳].

همچنین توجه به نوع ساختمایه، ملات موجود و ابزار اجرایی در دسترس نیز برای انتخاب فرم تاق ضروری بوده است. در برخی موارد محدود بودن روش‌های اجرایی و یا کم بودن دانش نسبت به اجرای تاق‌هایی با اسلوب‌های مختلف، معمار را بر آن داشته تا سازه‌ای را که طراحی می‌کند محدود به روش‌هایی کند که خود از آن‌ها اطلاع دارد. در میان چفدهای ایرانی چفدهای شبدری، چمانه، پاتوپا و چفدهایی با مقطع بیضی مثل هلوچین تند و کند و درمجموع چفدهایی که دارای خیز زیاد و افراز بلند هستند، دارای ایستایی بهتری می‌باشند. چفدهایی مثل پنج و هفت کند و شاخ بزی و دیگر چفدهایی که دارای خیز کم می‌باشند، دارای مقاومت کمتری هستند[۱۶ و ۳۰]. بی‌شک آگاهی معماران از میزان پایداری انواع فرم طاق‌ها در برابر نیروها و استفاده از آن‌ها متناسب با مکان فضا از عوامل مؤثر بر عمر مفید بناها در معماری سنتی است.

«سادگی» را می‌توان به‌عنوان یکی از مبانی طراحی موفق در برابر زلزله مطرح و بر رعایت آن در فرم ساختمان تأکید کرد. سادگی یکی از اصول و مبانی طراحی بناهای ماندگار تاریخ معماری ایران است که متأسفانه به‌راحتی در طراحی ساختمان‌های معاصر نادیده گرفته می‌شود. فرم‌هایی برای مقابله با زلزله قابل‌اطمینان‌اند که بر شکل‌های هندسی ساده استوار باشند و شکل ساده، شکلی است که از جهت هندسی منظم بوده

و جرم‌ها در آن به‌خوبی توزیع‌شده باشند. «طبق مقررات آیین‌نامه‌ای، شکل‌های ساده باید به‌طور محسوس - حداقل نسبت به دو محور عمود برهم که محورهای اصلی آن‌ها را تشکیل می‌دهند- مقارن باشند؛ مانند اشکال دورانی، مربع و مستطیل. اصولاً وجود طره‌ها طبقات آزاد (باز)، زائده‌ها، عقب رفتگی و یا جلوآمدگی‌ها و به‌طورکلی ابداعات معمارانه با مقاوم‌سازی ساختمان در مقابل نیروهای زلزله مغایر است» [۴۱]. در معماری سنتی از اشکال ساده به‌جای اشکال پیچیده استفاده می‌شده است. همچنین بناها و حتی بافت به‌صورت متراکم و متقارن طراحی می‌شدند. طراحی فشرده و متقارن در ماندگاری بنا تأثیر دارد [۱۶]. مسلم آن است که قرینه‌سازی و ایجاد فرم‌های متقارن به دست هنرمندان و سازندگان ایرانی همواره از روی قصد و با آگاهی صورت می‌گرفته است. آثار تاریخی نیز عموماً سابقه ذهنی معمار نسبت به تقارن اشکال و توجه ویژه وی به قرینه‌سازی را ثابت می‌کند. قرینه‌سازی در تاریخ فنی ایران برای ایجاد هماهنگی و از روی الزامات فنی مانند تقارن در فرم قوس‌ها صورت می‌گرفته است [۲۶].



شکل (۱): چگونگی افزایش عمر مفید معماری سنتی با توجه به روش‌های ساخت

۵- نتیجه‌گیری

روشن است که ماندگاری بیشتر بناها برای سکنی گزیدن انسان، مطلوب هر جامعه‌ای است و ساخت و تخریب پی‌درپی بناها اتلاف انرژی و سرمایه‌های کشور محسوب می‌شود. باید به این موضوع توجه شود که چگونه می‌توان به افزایش عمر این بناها اقدام کرد و ماندگاری این ساختمان‌ها چه تأثیری بر حفظ محیط‌زیست دارد. این پژوهش برای پاسخ به چگونگی تأثیر ملاحظات مرتبط با روش‌های ساخت بر فرآیند عمر مفید بناهای پیش از ۱۳۰۰ هجری شمسی ایران انجام شد. پس از تحلیل و بررسی منابع مکتوب و مصاحبه‌ها، کدهای به‌دست‌آمده در مجموعهٔ روش ساخت، در سه دستهٔ کلی تناسب روش ساخت با کارکرد، تناسب روش ساخت با عوامل محیطی و شناخت و توجه به ملاحظات سازه‌ای و ایستایی قرار گرفتند. در نظر گرفتن این عوامل که در قالب کدهای محوری این پژوهش هستند باعث افزایش عمر مفید بناهای تاریخی شده است. ملاحظات سازه‌ای خود به دودستهٔ ایستایی در برابر بار عمودی و ایستایی در برابر بار افقی تقسیم‌شده است. همچنین در تمامی مراحل ساخت بنا، رابطه تنگاتنگی بین هندسه و سازه دیده می‌شود که بی‌شک بر ایستایی بنا نقش دارد. معماران تلاش کرده‌اند تا با شناخت دانش ایستایی بنا را به‌گونه‌ای بسازند تا در اثر نیروهای گوناگون و گذر زمان تخریب نشود. تجربیات آن‌ها که در طی سال‌ها اندوخته شده،

برای آیندگان به‌جای می‌ماند؛ که میراثی گران‌بهاست. نگاهی به بناهای استوار تاریخی بعد از حدود صدها سال که از بنای آن‌ها می‌گذرد روشنگر این امر است که کلیهٔ نیروهای مختلف فشاری، کششی و حتی برشی به‌گونه‌ای حساب شده و دقیق به مصالح بنایی منتقل‌شده و آن‌ها توانسته‌اند به‌خوبی آن را تحمل کنند و ایستایی بنا محفوظ بماند. معماری ماندگار ایران حاصل تجربه‌های ارزشمندی است که در طی هزاران سال استادکاران سنتی به شاگردان خود انتقال داده‌اند. با استخراج مفاهیم از این تجربیات ارزشمند، الگوهای کاربردی جهت درمان عمر کوتاه معماری امروز شناسایی می‌شود که امید است پژوهشگران در آینده به آن بپردازند. ماندگاری معماری سنتی ایران در طول قرن‌های متمادی پیام معماران حکیم این سرزمین برای معماران نسل امروز است که آزموده را آزمودن خطاست و بهره‌مندی از تجربه و دانش پیشینیان و احترام و حرمت قائل شدن برای آثار گذشتگان عاملی بر ماندگاری بناها است.

۶- مراجع

[1] T. Yashiro, “Stock Management for Sustainable Urban Regeneration,” Overview of Building Stock Management in Japan, 2009.

[2] J. O'Connor, “Survey on Actual Service Lives for North American Buildings,” Presented at Woodframe Housing Durability and Disaster Issues Conference, Las Vegas, 2004.

[۳] حمیدی، ملیحه، استخوان‌بندی شهر تهران، تهران، سازمان مهندسی و عمران شهر تهران، ۱۳۷۶.

[۴] حبیبی، محسن، چگونگی الگوپذیری و تجدید سازمان استخوان‌بندی محله، مجله هنرهای زیبا، شمارهٔ ۱۳، صص. ۳۹- ۳۲، ۱۳۸۲.

[5] Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), “Service Life of Multi-Unit Residential Building Elements and Equipment,” 2008.

[6] W. P. S. Dias, “Useful life of buildings,” Department of Civil Engineering, University of Moratuwa, 2003.

[7] R. Van Hees, S. Naldini, and J. Roos, “Durable Past-Sustainable Future,” TU Delft, 2014.

[8] W. Celadyn, “Durability of Buildings and Sustainable Architecture,” Czasopismo Techniczne, 2015.

[۹] حجازی، مهرداد، مهدی زاده سراج، فاطمه، رابطه معنا، زیبایی، شکل و سازه در معماری دوران اسلامی، پژوهش‌های معماری اسلامی، ش ۲، صص. ۲۲-۷، ۱۳۹۳.

[۱۰] حجازی، مهرداد، ویژگی‌های معماری و سازه‌ای بناهای تاریخی ایران، مجموعه مقالات دومین کنگرهٔ تاریخ معماری و شهرسازی ایران، جلد ۳، ۱۳۷۸.

[11] Dictionary of Architecture and Building Construction

[12] Dictionary of Architectural and Building Technology

[13] Dictionary of Civil Engineering

[14] Architectural science Forum ,2002

[15] Dictionary of architecture and construction

[۱۶] مینکه، گرنوت، راهنمای ساخت‌وساز با خاک (کاربرد مصالح خاکی در معماری مدرن)، مترجم: شاهین طلوع آشتیانی، تهران، ادارهٔ کل روابط عمومی، امور فرهنگی و اجتماعی، ادارهٔ برنامه‌ریزی نشر، ۱۳۸۸.

[17] Fema, “Alternative Housing Pilot Program Guidance and Application Kit,” Department of Homeland Security, 2006.

[18] S. Meyer and A. Bennet, “Environment Design Guide, Intrduction to Building Material Durability,” Royal Australian Institute of Architects, 2002.

[۱۹] ولفسکیل، لایل، دانلپ، وین، کالاوی، باب، ترجمهٔ حسین تابش، استفاده از خاک در خانه سازی، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۶.

[۲۰] گلابچی، محمود، جوانی دیزجی، آیدین، فن شناسی معماری ایران، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.

[۲۱] شجاع نوری، نیکو، اسماعیلی جاغرق، مرضیه، ازاره محافظی زیبا بر دیوارهای گذشته، جلوه هنر شماره ۱۲، صص. ۶۳-۴۹، ۱۳۹۳.

[۲۲] پیرنیا، محمد کریم، مصالح ساختمانی (آژند، اندود، آمود)، تهران، مؤسسهٔ انتشارات تعاون سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشگاه)، ۱۳۸۱.

[۲۳] زمرشیدی، حسین، معماری ایران، انتشارات آزاده، تهران، ۱۳۸۰.

[۲۴] شاطریان، رضا، اقلیم و معماری ایران، نشر سیمای دانش، تهران، ۱۳۸۷.

[۲۵] مخلصی، محمدعلی، پل‌های قدیمی ایران، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۷۹.

[۲۶] فرشاد، مهدی، تاریخ مهندسی در ایران، تهران، نشر بلخ وابسته به بنیاد نیشابور، ۱۳۷۶.

[۲۷] کیانی، محمدیوسف، شهرهای ایران (جلد سوم)، تهران، نشر فرهنگ و ارشاد اسلامی، ۱۳۶۶.

[28] E. Robertson, “Durability of Building Materials and Components” 8. Edited by M. A. Lacasse and D. J. Vanier, Institute for Research in Construction, Ottawa on, K1A 0R6, Canada, pp. 2107-2117, 1999.

[۲۹] مورگان، ویلیام، رفتار اجزای سازه‌ها: (مقدمه‌ای بر مهندسی ساختمان و سازه)، ترجمه مجید بدیعی، تهران، نشر شهر آب، ۱۹۰۶، ۱۳۸۶.

[۳۰] معماریان، غلامحسین، آشنایی با معماری مسکونی ایران (گونه شناسی درون‌گرا) ، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۶.

[۳۱] مروج تربتی، خاطره، پورنادری، حسین، بررسی تداوم سنت‌های مؤثر در شکل‌گیری پل خواجو بر اساس مطالعه تطبیقی پل‌های تاریخی شهر اصفهان، باغ نظر، شماره ۲۷، صص. ۷۰-۶۱، ۱۳۹۲.

[۳۲] الکساندر، کریستوفر، الگوهای استاندارد در معماری، ترجمه فرشید حسینی، تهران، دایره دانش، ۱۳۹۳.

[۳۳] مصاحبه با استاد هادی طحان، استاد طلایی، استاد نساجی، استاد عابد زاده زواره، آقای زارع زواره‌ای و استاد صادقی فرد.

[۳۴] زریبافیان، امید، راهکارهای حفاظت از بناهای تاریخی در برابر زمین‌لرزه، همایش علمی منطقه‌ای معماری کویر، ۱۳۸۴.

[۳۵] ویسه، سهراب، خدابنده، ناهید، حکاکی فرد، حمیدرضا، طهماسبی، فرهنگ، ارائه روش‌های مناسب در استفاده از مصالح بوم آورد، مسکن و محیط روستا شماره ۱۲۶، صص. ۱۹-۲، ۱۳۸۸.

[۳۶] بایراک دار، علی، تحلیل بناهای تاریخی و روش‌های مقاوم‌سازی لرزه‌ای، پژوهشگاه میراث فرهنگی، ۱۳۹۲.

[۳۷] ماهرالنقش، محمود، میراث آجرکاری ایران، تهران، سروش انتشارات صداوسیما، ۱۳۸۱.

[۳۸] ولی بیگ، نیما، رهروی پوده، ساناز، رحیمی آریایی، افروز، راهکارهای پیشینیان در پایدارسازی و استحکام‌بخشی بناهای کهن در برابر نیروهای رانشی، الگویی در بهسازی لرزه‌ای سازه‌های خشتی و گلی، اولین کنفرانس ملی بنای ماندگار، ۱۳۹۱.

[۳۹] رضا زاده اردبیلی، مجتبی، شفیعی، مریم، بررسی خانه‌های سنتی در شهر اردبیل نمونه موردی: خانه سید صالح ابراهیمی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و طراحی شهری، دانشگاه شهید بهشتی،۱۳۹۴.

[۴۰] غفاری، علی، نظام استقرار و فرم معماری و شهرسازی در توسعهٔ پایدار (نمونه مناطق حاشیهٔ کویر ایران)، فصلنامه صفه ۳۴، صص. ۷۳-۶۱، ۱۳۸۱.

[۴۱] داویدو ویچی، وی ای، تأثیر فرم بر پایداری ساختمان در برابر زلزله، ترجمهٔ اصغر ساعد سمیعی، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری، ۱۹۸۸، ۱۳۶۸.

[۴۲] زمرشیدی، حسین، معماری ایران- اجرای ساختمان با مصالح سنتی، تهران، شرکت چاپ خواجه، ۱۳۷۴.

[43] C. Arnold and R. Reitherman, “Building Configuration and Seismic Design,” The University of Michigan, 1982.

Passive Defense Quarterly, Vol. 11, No. 4, Winter 2021

The Effect of Construction Techniques on Extending the Functional Life Span of Pre-1300 Hijri Structures in the Central Plateau of Iran

N. Valibeig*, A. Salehi, S. Khaleghian

Abstract

Today, the architecture in our country is devoid of its past archetypes. Not paying attention to these patterns causes not only the short life span of the architecture but also a series of undesirable side effects such as climatic and environmental problems, energy loss and the demolition waste. The structure of the building plays a key role in its survival or destruction. Traditional architects have endeavored to discover the science of building-durability in order to build the architectures that will not be destroyed by various forces and the passage of time. There have been numerous studies on the architecture construction techniques so far, but no relevant research has been done in terms of impact on the practical lifetime of the buildings. From the perspective of the research methodology, the research method of this study is qualitative and is based on Grounded theory. In this study, data analysis is based on a procedural approach taken from induction. By systematically gathering data using library resources, field studies, interviews with 20 traditional architects and their inductive analysis, considerable knowledge about the long life-span of traditional architecture is obtained and presented in the form of a theoretical framework described as the title of this article: “The effect of construction techniques on extending the functional life span of pre-1300 Hijri structures in the Central Plateau of Iran”. The purpose of this study is to understand the role of considerations related to construction techniques’ impact on the life span of pre-1300 Hijri buildings. As a result of this research, the selected codes obtained in the field of construction techniques are classified into three general categories: “construction techniques in accordance with the future function”, “construction technique fitting environmental factors”, and “observation and recognition of structural durability issues”. Also, throughout the construction process, there is a close relationship between geometry and structure, which undoubtedly affects the standing of the building. Iran's enduring architecture is the result of valuable experiences that have been passed down to students by traditional masters over thousands of years.

Key Words: *Techniques of Construction, Durability of Buildings, the Traditional Architecture of the Central Plateau of Iran*

* Art University of Isfahan - (n.valibeig@aui.ac.ir)- Writer-in-Charge