

بازآفرینی شیوه‌های اجرایی معماری بومی در مواجهه با زلزله

محسن سرتیپی پور *

تاریخ دریافت مقاله:

1390/11/16

تاریخ پذیرش مقاله:

1390/12/17

چکیده

زلزله پدیده‌ای است که از گذشته در کشور ما وجود داشته است. چهار زلزله از مهیب‌ترین زلزله‌های جهان در قرن بیستم میلادی در ایران اتفاق افتاده و گزارش سال 2003 برنامه عمران ملل متحد تحت عنوان "کاهش ریسک بلایا، چالش توسعه"، ایران را دومین کشور جهان از لحاظ مرگ میر ناشی از زلزله معرفی نموده است. بررسی وضعیت زمین شناسی نشان می‌دهد ایران منطقه‌ای با فعالیت لرزه خیزی و گسل‌های بسیار است که این امر در طراحی و ساخت بناها باید به عنوان عاملی تأثیرگذار در نظر گرفته شود. بررسی میراث معماری به جای مانده از گذشته نشان می‌دهد نوعی دانش بومی برای طرح و ساخت مسکن و دیگر بناها وجود داشته که چنانچه در ساخت و سازها لحاظ می‌گردید ایمنی بنا و ساکنان آن تأمین می‌شد. بخشی از تمدن ایرانی و میراث گرانبهای معماری در شهرها و روستاهای کشور که به نسل کنونی رسیده حاصل همین دانش می‌باشد.

در نگاهی جامع، دانش بومی، بخشی از ثروت و سرمایه ملی است که باورها، ارزش‌ها و دانسته‌های هر قوم را در بر می‌گیرد. افراد اجتماع به کمک این دانش و در طی قرون نیازهای خود را جستجو و تأمین می‌نموده‌اند. نظر به اینکه هم اکنون نیز بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در کشور تقلیدی از شیوه‌های سنتی است آشنایی با روش‌های پیشگیری از خطرات ناشی از زلزله که در طول تاریخ آزموده شده می‌تواند آموزنده باشد.

نظر به اینکه ماهیت زلزله و اثر آن بر بناها تغییر نکرده است، شناخت و بازآفرینی دانش بومی مواجهه با زلزله می‌تواند زمینه به‌کارگیری مجدد آن‌ها در بناهای متعارف و معمول را فراهم نماید. این مقاله با تأکید بر دانش و مهارت‌های چند هزار ساله بومی در مواجهه با زلزله، به دنبال شناخت این الگوها و بازآفرینی آن‌ها برای مقاوم سازی و کاهش آسیب پذیری بناها است.

واژگان کلیدی: بازآفرینی، دانش بومی، معماری بومی، زلزله.

* دانشیار گروه آموزشی معماری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی. M-sartipi@sbu.ac.ir

- این مقاله بر گرفته از طرح‌های پژوهشی گونه شناسی مسکن روستایی استان مرکزی (1390) و ریشه های مشکلات کالبدی در سکونتگاه‌های کوچک (1384) است که در هسته پژوهشی معماری روستایی و دفتر فنی و پژوهشی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شده‌اند.

مقدمه

علیرغم تحول در ورود فناوری‌های جدید ساختمانی، بر اساس آمار سال 1375 حدود ۹,۰۴۴,۲۹۱ واحد مسکونی (84% کل موجودی مسکن کشور در آن سال) با مصالح بنایی و با شیوه‌هایی تقریباً مشابه با گذشته؛ و بقیه با اسکلت فلزی و بتونی بوده‌اند. این رقم در سرشماری سال 1385 به حدود ۹,۷۰۹,۷۱۴ واحد (61% کل موجودی مسکن کشور) افزایش یافته است (مرکز آمار ایران، 1385). (تصویر شماره 1) هر چند نسبت ساختمان‌های مصالح بنایی، طی دو مقطع سرشماری کاهش یافته اما تعداد آن‌ها در مقایسه با سال 75 حدود ۷۰۰,۰۰۰ واحد افزایش یافته است. این آمار نشان می‌دهد همراه با رشد و گسترش استفاده از فناوری‌های جدید و سرمایه‌گذاری‌هایی که دولت در این زمینه انجام داده و به‌رغم اعمال محدودیت‌هایی که در آیین‌نامه‌های ساختمانی برای اجرای ساختمان‌های بنایی وجود دارد، استفاده از روش‌های سستی و نیمه سستی رایج به‌دلایل مختلف از جمله قدمت و آشنایی گسترده با آن نیز رشد داشته است. (تصویر شماره 1)

مرور زلزله‌های تاریخی ایران نشان دهنده وقوع زمین لرزه‌های مخرب در گوشه و کنار کشور است. زمین لرزه سالهای 585 و 1024 میلادی تبریز، 855 ری، 893 اردبیل، 956 همدان، 957 فارس، 1085 خوزستان و ده‌ها زلزله شدید دیگر (مدنی، 1386) و روش‌هایی که برای استحکام بناها در مواجهه با زلزله به‌کار گرفته شده‌اند نشان می‌دهد ایرانیان از گذشته دور با این پدیده و رفتار آن بر بناها آشنا بوده‌اند. توجه به دانش بومی که طی سال‌های اخیر به‌تدریج پدیدار و بعد جدیدی در علوم و فنون جوامع محلی را آشکار نموده است (Paul, 2003) Oliver, 2003) ایجاب می‌نماید تا ما نیز با نگاهی به گذشته ویژگی‌های این دانش را بررسی و مورد مطالعه و در صورت امکان و انطباق با معیارهای کنونی مجدداً به‌کار گیریم. مجموعه دانش بومی گنجینه ارزشمندی از روش‌ها و امکانات زمان آزموده‌ای است که می‌تواند نقش کارآمدی در توسعه پایدار جوامع ایفا نماید. (عمادی، 1378)

ت.1. جدول مقایسه تعداد و نسبت واحدهای مسکونی معمولی بر حسب نوع سازه بنا به تفکیک شهری و روستایی و روند تغییرات آن طی سال‌های 85 - 75 (RCRA, 1388)

نوع سازه		1375						1385					
		مجموع		شهری		روستایی		مجموع		شهری		روستایی	
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد
فلزی	1/125/383	10/45	1/075/417	15/55	49966	1/30	4/080/658	25/73	3/789/106	33/15	291/552	6/58	291/552
بتن آرمه	429/338	3/99	374/106	5/41	55232	1/43	1/908/341	12/03	1/656/878	14/49	251/464	5/68	251/464
مصالح بنایی	9/044/291	83/98	5/341/722	77/26	3/702/569	96/01	9/709/714	61/22	5/854/064	51/21	3/855/649	87/07	3/855/649
اظهار نشده	171/100	1/59	122/485	1/77	48/615	1/26	161/213	1/02	131/832	1/15	29/381	0/66	29/381
جمع کل	10/770/112	100	6/913/730	100	3/856/382	100	15/859/926	100	11/431/880	100	4/428/046	100	4/428/046

حاصل آن کنار گذاشتن راه حل‌ها و تجارب یک ملت در حل مشکلی است که هزاران سال در مورد آن ایده پردازی، طراحی و تجربه شده است.

نظر به اینکه زلزله متغیری طبیعی است که از گذشته وجود داشته و ماهیت آن تغییر نکرده مرور مجدد نحوه وقوع و رفتار بناها در مقابل زلزله و راه حل‌های ابداع شده برای مواجهه شدن با آن می‌تواند به روشن‌تر شدن مسئله کمک نماید. بنابراین مقاله در پی یافتن پاسخ سؤالات زیر است:

رفتار ساختمان‌های بومی در مواجهه با زلزله چگونه است؟

چگونه می‌توان برای ساختمان‌های بومی رفتارهایی بدون آسیب یا با حداقل آسیب پذیری در زلزله تأمین کرد؟

روش شناسی پژوهش

لحاظ نمودن زلزله به عنوان متغیری طبیعی در شیوه‌های طراحی و ساخت و ساز بومی که از گذشته معمول و در طول تاریخ آزموده و آزمایش شده و تداوم ساخت و ساز با روش‌های مشابه بومی در کشور که اکنون رایج است، موضوعی است که نمی‌توان آن را نادیده گرفت. محدودیت اطلاعات در این زمینه انجام پژوهش و تهیه گزارشات علمی در زمینه بناهای عمومی را اجتناب ناپذیر می‌نماید. این مقاله برگرفته از طرح‌های پژوهشی است که طی یک دوره 20 ساله تحت عناوین "ریشه‌های مشکلات کالبدی در سکونتگاه‌های کوچک" و "گونه شناسی مسکن روستایی استان مرکزی" و با هدف شناخت و اطلاع از ویژگی‌های فنی و معماری بناهای بومی در دفتر فنی و پژوهشی دانشکده معماری و شهرسازی و هسته پژوهش معماری روستایی دانشگاه شهید بهشتی تهیه و ارائه شده است.

هرچند (به اعتقاد بسیاری) بخش قابل توجهی از مرگ و میرهای ناشی از زلزله به دلیل تخریب ساختمان‌های بنایی خصوصاً خشت و گلی است و آوار به جای مانده از تخریب این نوع بناها شاهدهی بر این موضوع است، اما چگونه می‌توان از فناوری و راه‌های اصولی و ساده استحکام بخشی، اقتصادی بودن، سهولت در اجرا و تغییر، راحتی، همسازی با اقلیم و سایر مزایای زیست محیطی آن‌ها که در طول سالیان دراز به دست آمده و تجربه شده چشم پوشید؟ (Satipipour, 2006) بررسی پیشینه معماری در کشور نشان می‌دهد برای مواجهه با پدیده زلزله راه‌ها و ابداعات گوناگون متناسب با وضعیت جغرافیایی، اجتماعی و فرهنگی مناطق مختلف وجود داشته که چنانچه در طراحی و ساخت بناها رعایت می‌گردید در مواردی که بستر طبیعی و کالبد بنا مورد مداخلات زیاد قرار نمی‌گرفت زلزله آسیب جدی به آن‌ها وارد نمی‌کرد. (بهشتی، 1385)

به اعتبار وجود چنین شیوه‌ها و بناهایی راه حل‌های بومی می‌تواند برای کم کردن یا برطرف نمودن میزان آسیب‌پذیری بناها مورد توجه مجدد قرار گیرد (Marcell Vellinga, 2003). از این منظر بازآفرینی فناوری بومی با حفظ شاکله معماری، راهبردی است که می‌تواند هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی کمتری داشته باشد و در کنار دیگر راهبردها و شیوه‌های نوین و یا در ترکیب با آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. این مقاله بدون اینکه قصد نقد فناوری نوین را داشته باشد متذکر می‌شود بزرگ‌نمایی ارزش‌های فناوری جدید و مردود شمردن شیوه‌های کهن و انقطاع تاریخی با هنر و مهندسی گذشته بزرگ‌ترین مانع و از جمله عواملی است که باعث شده فناوری بومی متناسب با زمان، معاصر سازی نشود. تداوم چنین راهی چه بسا باعث پاک شدن دانش بومی طراحی و ساخت و ساز از حافظه معماران و مهندسان شود که

روش تحقیق توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر مطالعات مکتوب و کتابخانه‌ای و جمع‌آوری اسناد پژوهش‌های معماری بومی؛ و مشاهدات میدانی از میراث معماری بومی کشور است که از طریق قیاس و استقرا به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری رسیده است.

زلزله و رفتار بناها در مواجهه با آن

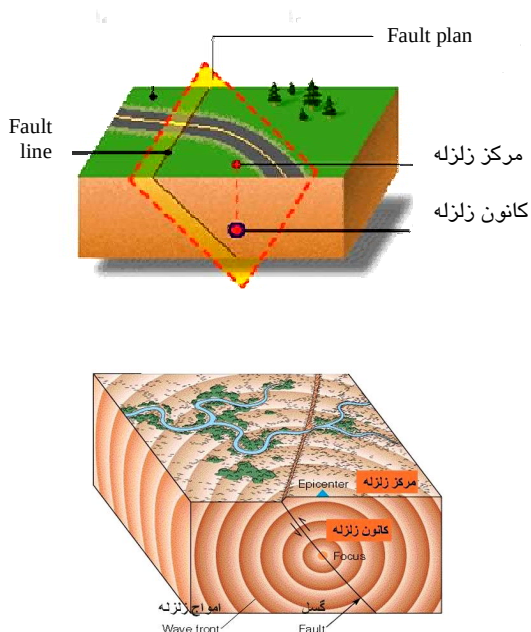
سابقه کهن معماری ایران مجموعه‌ای بزرگ از معیارها و روش‌های ساخت و ساز و طراحی کالبدی بومی را به وجود آورده که متناسب با متغیرهای جغرافیایی، فرهنگی و معیشتی شکل گرفته‌اند. بخشی از این معیارها به صورت هنجارها و نوعی دانایی است که در طول زمان طولانی انس و الفت با محیط به دست آمده (بهشتی، 1385) اما امروزه مورد بی توجهی قرار گرفته یا از دست رفته و بخش دیگر، دانش و مجموعه اطلاعاتی است که باید شناسایی و اصول آن‌ها فرا گرفته شود.

طراحی ساختمان برای اینکه در برابر بزرگی، شدت و امواج زلزله رفتار مناسبی داشته باشد نیازمند تصور و درک آثار ناشی از آن بر ساختمان است. امروزه نظریه جابه‌جایی قاره‌ها روشن نموده زلزله به علت ذخیره شدن مقادیر زیاد انرژی در درون زمین و پدیده انتشار امواج ناشی از آزاد شدن انرژی و آشفستگی سریع در پوسته و قسمتهای بالای گوشته زمین است که در فاصله زمانی کوتاه به وجود می‌آید. (1) همزمان با وقوع زلزله امواج ناشی از آن در مدت کوتاهی به سطح زمین رسیده و باعث ارتعاش لایه‌های خاک می‌شوند.

در گذشته به تجربه دریافته بودند بر اثر مرتعش شدن لایه‌های خاک، شالوده ساختمان نیز که در تماس مستقیم با لایه‌های خاک است مرتعش شده و با توجه به خصوصیت شالوده، این ارتعاش به کل ساختمان منتقل و باعث حرکت رفت و برگشتی شده و ساختمان به جلو و عقب حرکت می‌کند و همین حرکت باعث تخریب و

آسیب بنا می‌شود. این حرکت در قسمت فوقانی بنا بیشتر است، به همین دلیل نسبت ارتفاع به ابعاد افقی ساختمان نیز اهمیت دارد، چون هرچه این نسبت کوچکتر باشد رفتار ساختمان در برابر زلزله بهتر است. (RCRA، 1388)

2. **کانون (منشاء)** زلزله محلی است که انرژی به یکباره از آنجا آزاد و رها می‌گردد. این نقطه محل واقعی حرکت گسل در زیر زمین است، اما مرکز زلزله در راستای کانون و نقطه‌ای در روی زمین است که برای نشان دادن زلزله روی نقشه استفاده می‌شود.



یکی از دلایلی که باوجود امکان ساخت بناهای مرتفع از احداث و اجرای چنین بناهایی خودداری می‌شد رعایت اصل کوتاه مرتبه‌گی و نسبت ارتفاع به ابعاد افقی بنا بود، در کنار این تدبیر و با توجه به امکانات آن زمان برای مقاوم سازی، اقدام به صلب نمودن ساختمان می‌شد که البته نتیجه طبیعی رعایت این اصل

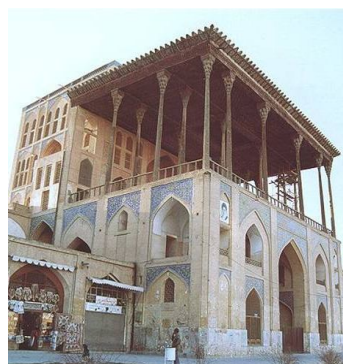
به صورت توأمان نیروی زلزله را مستهلک می نمودند از گذشته به جای مانده (مانند ساختمان منار جنبان ها) (3) که شاهد مهمی از توجه مهندسان ایرانی به مسئله زلزله در طراحی و ساخت بناها بوده است (مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، 1385). از دیگر شیوه ها برای مواجه با زلزله پیش بینی لرزه گیر در حد فاصل پی و دیوارهای ساختمان بود که معمولاً با قراردادن الوارهای چوبی انجام می شد. از طرفی چون نیروی زلزله نتیجه شتاب زمین بر جرم بنا است و هر چه جرم بیشتر باشد آثار مخرب زلزله بر بنا بیشتر می شود برای مواجه با این مسئله جرم فضاهای فوقانی بنا سبک تر اجرا می گردید تا از افزایش نیروی زلزله در طبقات بالا جلوگیری شود (تصویر شماره 4).

حجیم شدن دیوارها است که در اکثر بناهای سنتی مشاهده می شود. درواقع حجیم شدن دیوارها در شیوه های بومی روشی برای صلبیت و افزایش مقاومت در برابر زلزله بود و بناهایی که چنین شرایطی نداشتند در برابر نیروی زلزله خراب یا دچار آسیب می شدند (Arya, 1987). چون مقاومت کششی عناصر تشکیل دهنده این نوع بناها از مقاومت فشاری آن ها بسیار پایین تر است با استفاده از مهارها و دیگر اجزای مناسب مبادرت به افزایش پایداری بنا می شد. (2) هر چند امروزه فناوری تولید مصالح و شیوه های جدید ساختمان سازی امکان طراحی سازه ها بر اساس جابه جایی و شکل پذیری آن ها را فراهم نموده اما نمونه هایی عالی از چنین بناهایی که از طریق صلبیت و تغییر شکل و جابه جایی اعضا

ت3. استفاده از پی های لرزه گیر چوبی برای مواجه با ارتعاشات ناشی از زلزله (چپ) و به کارگیری چوب (به دلیل جرم کمتر نسبت به مصالح بنایی) در بناهای بومی شمال کشور.



ت4. توجه به نسبت ارتفاع بنا به ابعاد افقی آن، استفاده از مصالح با جرم سبک در طبقات فوقانی (عالی قابو) یا مسلح کردن بنا با عناصر کششی در قسمتهای فوقانی (منار جنبان).



در مجموع به منظور ایجاد تعادل و رفتار بهتر سازه سعی بر کاهش جرم بنا و جلوگیری از ایجاد فضاهای سنگین در قسمت های فوقانی بنا بود تا اعمال نیروی زلزله بر بنا کمتر شود.

همچنین سعی می شد از طریق اجرای کلاف های چوبی یا استفاده از الیاف طبیعی و اتصالات مناسب یکپارچگی سازه تأمین شود. (لایل ولفسکیل، 1366)

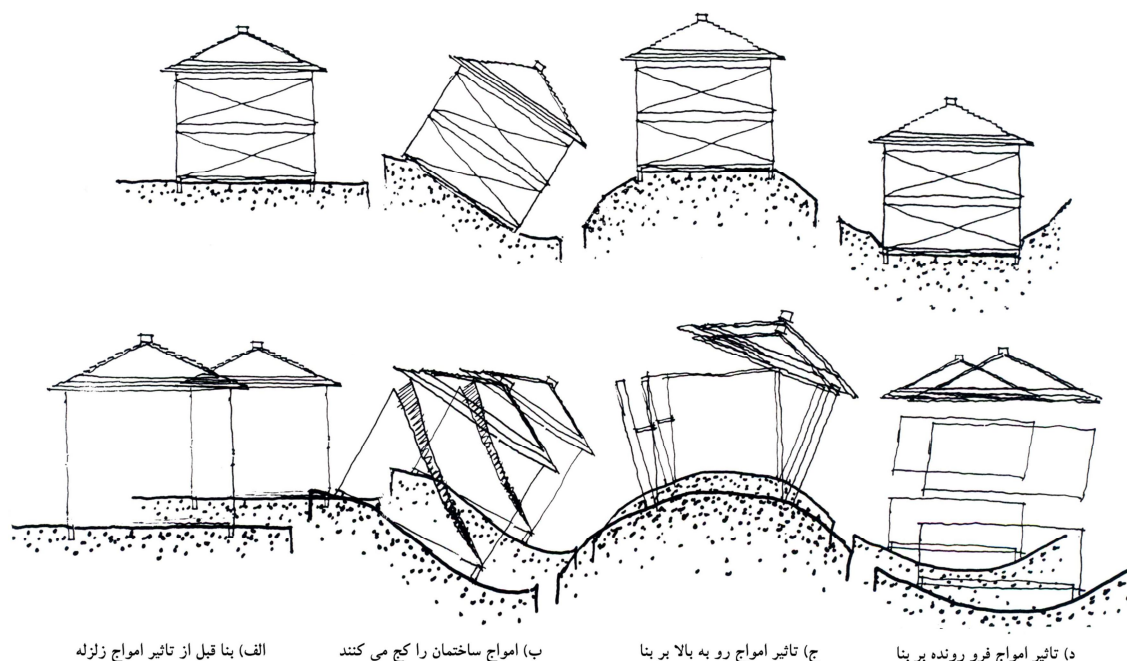
امروزه قوانین فیزیک اثبات نموده بهترین راه برای مواجه با نیروهایی که در نتیجه شتاب حرکت زمین به وجود می آیند توجه به برقراری شرایط تعادل در بناست (وطنی اسکویی، 1386). بر اساس قانون دوم نیوتن جرمی که تحت تأثیر نیرو قرار می گیرد با شتاب حرکت می کند. (مگر اینکه آزاد نباشد). بر اساس این قانون ساختمان هنگامی در حال تعادل قرار می گیرد که مجموع نیروهای ناشی از مقاومت ساختمان با نیروهای ناشی از شتاب حرکت زمین موازنه ایجاد نماید. تلاش برای ایجاد

پیوستگی در اجزای سازه های بناها یا حجیم شدن دیوارها در شیوه های بومی برای ایجاد چنین تعادلی بود.

دانش بومی و الزامات مربوط به استقرار بنا

با توجه به تمایل مواد به حرکت در شیب، استقرار بنا در شیب زمین همراه با رعایت تمهیداتی انجام می گردید. شیب زمین ممکن است باعث لغزش بنا یا ریزش سنگ و خاک شود به همین دلیل در صورت استقرار ساختمان در شیب آن را در روی سکو و فاصله ای مناسب از شیب قرار می دادند. از طرفی به خاصیت لرزه گیری بسترهای شن و ماسه توجه می شد و به دلیل اینکه چنین بسترهایی عکس العمل نسبتاً بهتری به دست می دهند بناهای حجیم و سنگین روی این نوع خاکها احداث می شدند. امروزه علاوه بر مورد مذکور روشن شده چنانچه در بسترهای سخت و سنگی، سازه های انعطاف پذیر اجرا شود عکس العمل بهتری در برابر زلزله خواهند داشت. (Beynon, 1990)

5. مقایسه تأثیر امواج زلزله بر رفتار بناهایی که اعضای آن با کلاف های چوبی مهاربندی شده با بنایی که فاقد مهاربندی است. ردیف بالا ساختمان مهاربندی شده و ردیف پایین بدون مهاربندی (RCRA, 1388)



الف) بنا قبل از تأثیر امواج زلزله

ب) امواج ساختمان را کج می کنند

ج) تأثیر امواج رو به بالا بر بنا

د) تأثیر امواج فرو رونده بر بنا

ت 6. جدول تأثیر شیب زمین و نحوه

استقرار بنا در شیب (RCRA, 1388)

خطرناک	ایمن

در خصوص مکان استقرار بناها باید توجه داشت تأثیر زلزله بر کانون‌های اطراف مرکز وقوع آن به میزان زیادی بستگی به شرایط پایداری خاک دارد. در زلزله‌های اخیر ایران، چین، روسیه، آمریکا، مکزیک و فیلیپین بخش عمده‌ای از خرابی‌های به وجود آمده مربوط به ساختمان‌هایی بوده که هر چند در حد فاصل دورتری از مرکز زلزله بوده‌اند اما روی بستری از خاک ناپایدار قرار داشته‌اند.

دانش بومی و الزامات طراحی و سازه‌ای

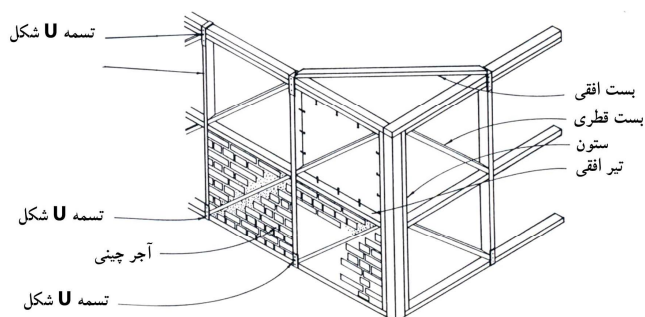
مشاهده و بررسی آثار معماری سنتی نشان می‌دهد فرم و هندسه پلان (دو بعدی) و شکل کلی حجم بنا به صورت متقارن، پلان‌های مربع و مستطیل و احجام مکعب شکل بوده است. کوچک بودن بازشوها و روزنه‌ها، سادگی و خلوص هندسی آن‌ها از دیگر ویژگی آن‌ها بوده است. امروزه روشن گردیده پلانهای دایره‌ای و مربع شکل ضمن اینکه بیشترین نسبت سطح مفید به سطوح جانبی را که در ایجاد شرایط آسایش و تبادل انرژی با محیط پیرامون مؤثر است، برخوردارند بلکه از

نظر تئوری اثبات شده این نوع پلان‌ها و احجام آن‌ها عملکرد بهتری در برابر زلزله خواهند داشت.

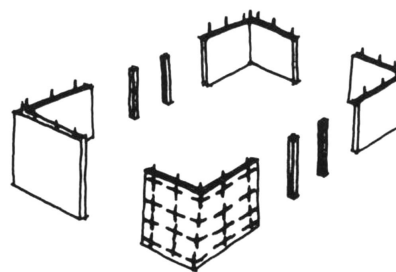
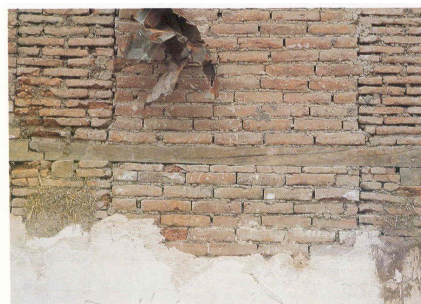
در مقررات کنونی ساختمانی ایران نیز پلان و احجام فرم ساده بیشتر توصیه شده از طرح پلانهای L شکل با احجام شکسته در مناطق زلزله خیز پرهیز داده می‌شود (Houben, 2003). ضمناً در طراحی باید از ایجاد سطوح بازشوی گسترده پرهیز نمود و توجه داشت نسبت عرض به ارتفاع پنجره زیاد نباشد و فاصله بین در و پنجره نزدیک به هم نباشد و این عناصر در فاصله مناسبی از گوشه‌ها قرار گیرند. (RCRA, 1388)

پس از رعایت الزامات طراحی در مرحله ساخت نیز ایجاد پیوستگی در بنا، پی‌ها، دیوارها و سقف و کلاف نمودن آن‌ها کمک زیادی به ایجاد پیوستگی بین اجزاء و یکپارچه نمودن آن‌ها کمک می‌کند برای این منظور اجرای کلاف‌های افقی و عمودی در نظر گرفته می‌شود. مصداق‌های ساختمانی فراوانی از این نوع اجراها به جای مانده که هنوز در برخی مناطق رایج است. (شکال 7 و 6) برای این منظور پی‌ها به کلاف افقی زیر دیوارها و این کلاف به دیوارها و کلاف روی آن‌ها (زیر سقف) متصل می‌شوند. کلاف افقی زیر سقف نیز به تیرهای سقف بسته می‌شد تا یکپارچگی سازه تأمین شود. (4) امروزه که احجام معماری متنوع‌تر شده اتصال اجزاء و عناصر ساختمانی مانند طره‌ها، دودکش و عناصر مشابه آن‌ها با اعضای پیرامونی به منظور ایجاد پیوستگی در بنا ضروری است و پایداری آن‌ها نباید صرفاً با اتکای به نیروی اصطکاک ناشی از وزن باشد. کاهش غیر ضروری مصالح ساختمانی یا حذف قسمت‌هایی از جزئیات اجرایی احتمال جابه‌جایی و حرکت اعضا و عناصر بنا و آسیب‌پذیری آن‌ها را به دنبال خواهد آورد لذا لازم است از چنین دخالت‌هایی اجتناب شود. (Beynon, 1990)

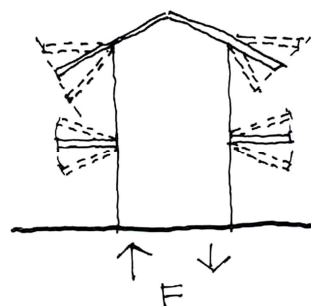
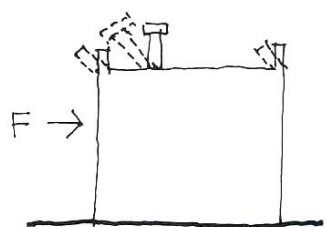
ت7. الوارهای عمودی و افقی با اتصالات مناسب شرایطی را به وجود می آورند که مقاومت کششی دیوارها افزایش یابد. (تصویر سمت چپ مسکن بومی منطقه دیلمان گیلان) (RCRA, 1388)



ت8. به منظور پیشگیری از تأثیر نیروی برشی و حرکت دیوارها برخی دیوارهای داخلی و خارجی تقویت شوند.



ت9. تأثیر زلزله بر طره، دودکش، بادگیر، کانال تهویه و جان‌پناه، این اجزاء باید به عناصر پیرامونی متصل شوند.



می‌شد، اتصالات بر اساس نوع سازه طراحی می‌گردید. به‌عنوان مثال اتصالات مهاربندی در سازه‌های چوبی از طریق اضافه نمودن بستهای چوبی مثلثی شکل (گونیا) در زوایا یا گوشه‌های داخلی است که با میخ‌های فولادی به‌هم متصل می‌شود. این کار در دیوارهای خشتی و آجری از طریق اجرای پشت بند در گوشه‌ها و طول دیوارها انجام می‌شد. تأکید بر اتصال و تداوم اعضای افقی و عمودی در درون هم، از دیگر موارد مهمی است که مورد توجه قرار می‌گرفت.

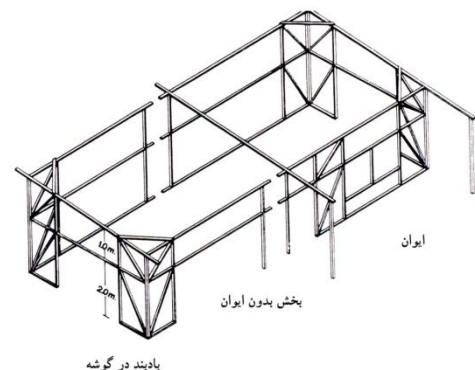
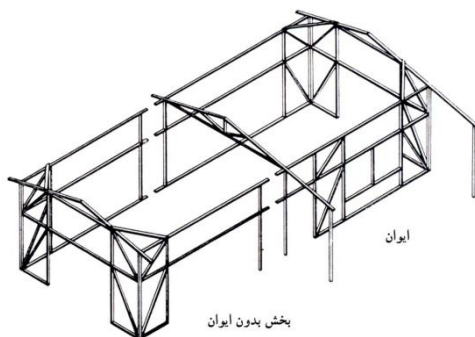
به مقاومت کششی عناصر مختلف اتصال دهنده توجه می‌شد زیرا تجربه نشان داده بود در صورتی‌که محل اتصالات از پیوستگی و انعطاف مناسبی برخوردار باشد یکپارچگی ساختمان بهتر تأمین می‌شود. برای این منظور از چوب یا الیاف های گیاهی (مانند نی) استفاده می‌شد. امروزه می‌توان از آرماتورهای فولادی که عناصر کششی بسیار مقاوم و ظرفیتی هستند استفاده کرد. در بناهای سنگی و آجری که ایجاد شناژ عمودی به هر دلیلی مقدور نباشد می‌توان میل‌گردهای فولادی را با رعایت فواصل یک متر در داخل دیوار قرار داد به‌طوری‌که حداقل پنج سانتی متر پوشش ملات ماسه سیمان داشته باشند.

باید دانست الزاماً همه پیمانکاران و بنایان اصول و قواعد درست ساختن را نمی‌دانند. لذا کنترل‌های لازم توسط ناظران و افراد با تجربه در مورد استفاده درست از مصالح و نسبت اختلاط مواد ضروری است. در بناهای امروزی چنانچه بخش‌هایی از ساختمان با بتن ساخته می‌شود عیار سیمان، کیفیت دانه‌بندی سنگی و نسبت آب به سیمان در نظر گرفته شود و از ویبره کردن بتن خصوصاً در محل اتصالات و جاهایی که میل‌گردهای تقویتی به هم بسته می‌شوند، اطمینان به‌عمل آید.

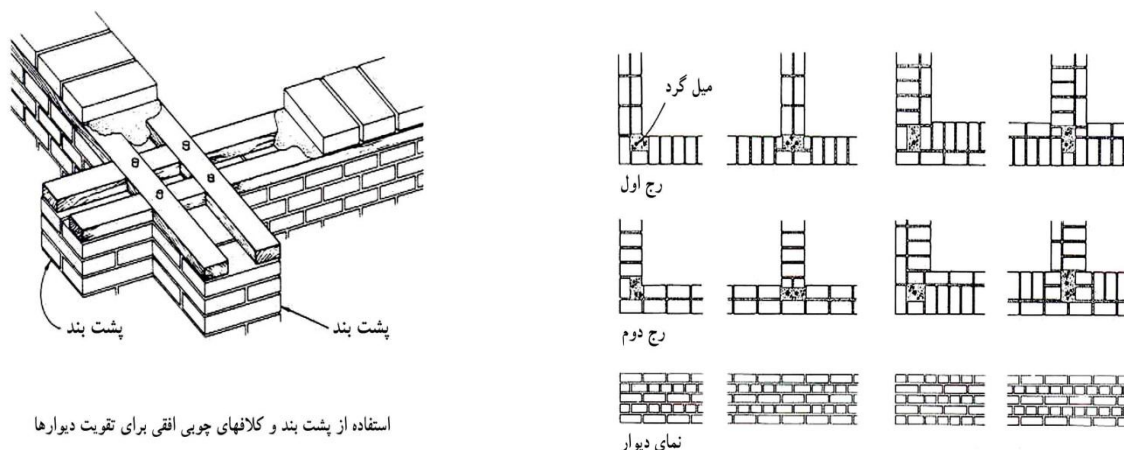
دانش بومی و الزامات اجرای جزئیات ساختمانی

به‌منظور بالابردن پایداری و استحکام سازه‌ها با اضافه نمودن بست‌ها و عناصر تقویت‌کننده می‌توان آن‌ها را به اجزای مثلثی شکل در سطوح افقی و عمودی تقسیم کرد. این کار از طریق ایجاد بست‌های قطری (بادبند) در سطوح افقی و عمودی (سقف‌ها و دیوارها) و دیگر اجزای مستقیم‌الخط انجام می‌شود. این شیوه خصوصاً در ساختمان‌های چوبی می‌تواند به‌خوبی اجرا شود. با توجه به اینکه مهاربندی مثلثی در بعضی قسمت‌های بنا موجب تغییرات در معماری یا بر هم زدن اساس سازه

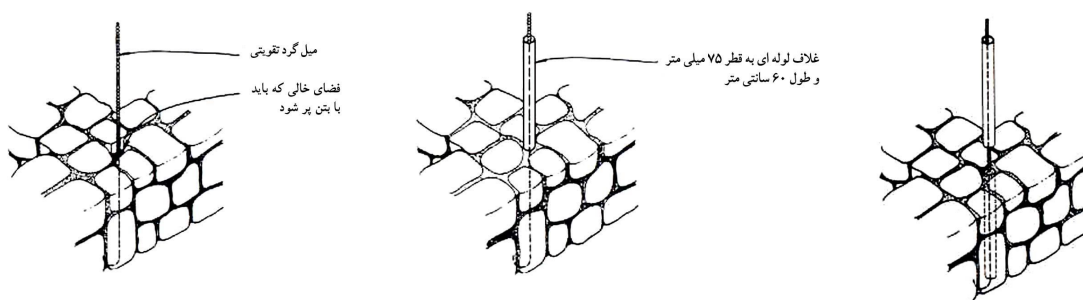
ت 10. اجرای بادبند در بناهای چوبی (RCRA, 1388)



ت 11. اتصال دیوارهای متقاطع با استفاده از تیرهای چوبی و نمای دیوار اجرای کلاف عمودی.



ت 12. پر کردن فضای خالی دور میل گرد معمولاً به سختی انجام می شود. برای این منظور می توان از غلاف لوله ای به جای قالب استفاده کرد و همراه با دیوار چینی و پس از ریختن بتن درون آن غلاف را به بالا حرکت داد.



در مجموع به منظور ایجاد یکپارچگی باید دیوارها را از طریق اجرای کلافهای افقی (حلقوی) دور تا دور بنا و در محل قرار گرفتن روی فنداسیون، نعل درگاهها و زیر سقفها به یکدیگر متصل نمود. طبیعی است کلافها باید از موادی با قابلیت کششی مناسب ساخته شوند تا در برابر نیروهای افقی که در این جهت به بنا وارد می شود، مقاومت داشته باشند.

کلاف بندی چوبی با تیرهای افقی و عمودی است. تیرها و چهارتراش های چوبی که در امتداد یکدیگر قرار می گیرند در صورت کوتاه بودن می توانند از طریق اتصالات نیمانیم با میخ یا چسب به اجزا طولی تری تبدیل شوند. چوب های طولی باید به نحوی به یکدیگر متصل شوند که از اتصال و پیوستگی طولی آنها اطمینان حاصل شود. (Beynon, 1990)

نیروی عمود زلزله معمولاً کمتر از نیروی افقی بنا را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا در جهت ثقل زمین عمل می‌کند و مصالح در این جهت تحت فشار عمل می‌کنند بنابراین آسیب چندانی به بنا وارد نمی‌شود. خطر اصلی از حرکت‌های افقی زمین ایجاد می‌شود که ایجاد رفتار کششی در اجزاء و مصالح و راندن دیوارها، احتمال سقوط و ریزش سقف را به همراه دارد.

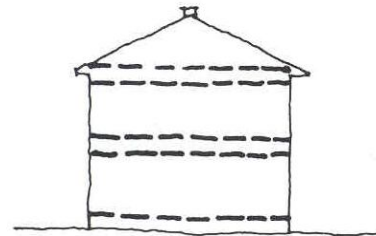
ت 14. تأثیر اجرای شناژهای افقی در خانه بهداشت شهر بم (تاسیس در سال 1342) که بر اساس آئین نامه ساختمانی قدیمی کشور با شناژ افقی در پایین و بالا دیوارها ساخته شد و در زلزله 1383 بم کاملاً سالم باقی ماند.



ت 15. اجرای تیر چوبی که به صورت عنصر ارتجاعی عمل می‌نماید در آسیاب قدیمی بم با دهانه حدود 7 متر و پوشش طاق گهواره‌ای باعث شد تا این سازه در زلزله 1383 بم پایدار بماند.



ت 13. درساختمانهای با مصالح بنایی اعضای کششی باید به نحوی قرار گیرند (مثلاً در درگاهها) که ضمن انتقال بار؛ دیوارها پیوسته شوند و مجموعه واحد و یکپارچه‌ای به وجود آید.



همچنین از نظر بالا بردن و ارتقای کیفیت مصالح بنایی می‌توان با ایجاد تغییراتی در شکل و ابعاد حتی رنگ آن‌ها ضمن ایجاد شرایط پیوند و قفل و بست بهتر علاوه بر استحکام، بر زیبایی بنا نیز تأکید بیشتر نمود. (5)

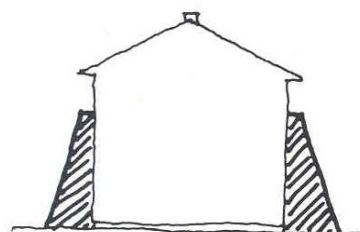
نقش پشت‌بندها در بناهای بومی

ساختمان‌ها اساساً تحت تأثیر نیروهای افقی ناشی از زلزله قرار می‌گیرند.

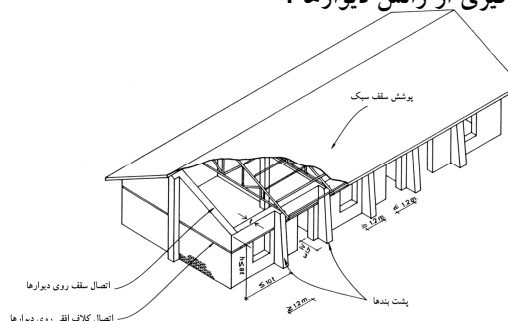
ت16. به کارگیری بلوک‌ها و آجرهایی که با امکان پیوند بهتری فراهم می‌نماید (مینکه، 1384).



ت17. به منظور پیشگیری از جدا شدن دیوارها و اتصالات از پشت‌بند استفاده شود.



ت18. استفاده از پشت‌بند خارجی و دیواربرشی برای جلوگیری از رانش دیوارها.



چنانچه تقویت دیوارها از طریق اجرای کلاف‌های عمودی امکان‌پذیر نمی‌بود دیوارهای بیرونی با پشت‌بند اجرا می‌شد. امروزه می‌توان با ساختن دیوار برشی، دیوارها را در برابر رانش تقویت نمود. (6) اجرای پشت‌بندها و دیوارهای برشی مهم‌ترین بخش مقاوم سازی در برابر زلزله است. پشت‌بندها دیوارها را به سمت داخل فشار داده و ضمن حفاظت اتصالات از رانش آن‌ها به خارج و فرو ریختن سقف جلوگیری می‌نمایند. پشت‌بندها باید به دیوارها پیوند داشته باشند و سقف به‌خوبی به دیوارها متصل شود.

نتیجه

امروزه باید باور نمود که زلزله صرف نظر از ابعاد کالبدی، مسئله‌ای اجتماعی نیز محسوب می‌شود که برخی جوامع شیوه مواجهه با آن را آموخته و در نظام معماری و ساخت و ساز خود نهادینه نموده‌اند اما برخی جوامع هنوز از مواجهه با آن عاجزند (RCRA, 1388). بر اساس این باور آنچه زلزله را به فاجعه تبدیل می‌کند متأثر از پدیده زمین "تکتونیک" نیست بلکه اتخاذ نوع شیوه مواجهه شدن با این پدیده است که خسارات و تلفات مالی و جانی را به‌دنبال می‌آورد. زمین‌شناسی محدوده جغرافیایی ایران به گونه‌ای است که با وجود گسل‌های زیاد، حرکت‌های پوسته زمین دائماً در حال انجام است. در حالی که مطابق نقشه پهنه بندی خطر زلزله بسیاری از شهرها و روستاهای ایران در نزدیکی یا روی گسل قرار گرفته و در معرض زلزله‌اند ولیکن به دلیل ارتباط گسل‌ها با منابع آبی کشور چاره‌ای جز زندگی در کنار گسل‌ها نبوده و بسیاری از سکونتگاه‌ها از گذشته دور در محدوده یا روی آن‌ها قرار گرفته‌اند. اما همانگونه که احداث قنات و استحصال پایدار آب از منابع زمینی که یکی از شگفت‌آورترین پدیده‌های مهندسی است در

پی نوشت

برقرار نمودن پیوند مهندسی گذشته با حال می تواند یکی از شیوه های پیشگیری برای کاهش عوارض و آسیب های ناشی از زلزله باشد که باید مورد نظر قرار گیرد.

1. زلزله با دو مقیاس ریشتر برای بیان بزرگی و مقیاس مرکالی (MSK) برای تعیین شدت و میزان ویرانی ها اندازه گیری می شود. مطابق تعریف ریشتر از لگاریتم دامنه ماکزیمم نوسان آن زلزله (بر حسب میکرون) به دست می آید و به وسیله لرزه سنجی که در فاصله صد کیلومتری مرکز زلزله نصب شده است، در روی لرزه نگاشت رسم می شود. بدین ترتیب اگر حداکثر دامنه نوسان موج را روی لرزه نگاشت با (a) نشان داده شود، بزرگی زلزله $M = \log a$ است. درجه مقیاس ریشتر معمولاً پس از زمین لرزه و از طریق مقایسه اطلاعات ایستگاههای مختلف لرزه نگاری محاسبه و مشخص می شود. اما درجه مرکالی را نمی توان بلافاصله مشخص کرد و به زمان کافی برای بررسی اتفاقاتی که حین زمین لرزه روی داده نیاز دارد. بزرگی زمین لرزه به معنی مقدار انرژی آزاد شده و معیاری وابسته به کمیت است و لذا قابل اندازه گیری و واحد آن ریشتر است که به طور لگاریتمی به طول موج زلزله بستگی دارد. لیکن شدت، معیاری کیفی و بیشتر حسی است و میزان آن از طریق بررسی آثار و جابه جایی وسایل و میزان خرابی های به جای مانده بعد از زلزله تعیین می شود.

2. روش دیگر مقاوم سازی بنا در برابر زلزله که جدیدتر است بر اساس نیاز و ظرفیت (Demand & Capacity) است. یعنی سازه به نحوی محاسبه می شود که ساختمان ظرفیت تغییر شکل بر اساس نیروی وارد را داشته باشد. اما به دلیل اینکه تغییر شکل و حرکت بنا باعث القاء حس ناامنی و از بین رفتن آرامش افراد می شود به جز در ساختمان های خاص استفاده نمی شود.

3. نقل است منار جنبانی که در اصفهان ساخته شده و نمونه های مشابه آن در دیگر استانها نیز یافت می شود بنایی بوده که به دنبال جستجوی سیستم های ساختمانی مقاوم در برابر زلزله طراحی و ساخته شده بود.

محدوده همین گسل ها شکل گرفته، دانش و فناوری طراحی و اجرای ساختمان برای مواجهه با لرزش پوسته زمین نیز به نحو مناسبی ابداع شده بود که در صورت رعایت اصول آن کمترین خسارت ناشی از زلزله برجای می ماند. بررسی میراث معماری کشور که در محدوده های زلزله خیز ساخته شده و صدها سال از قدمت آن ها می گذرد نشان می دهد در مواردی که بناها و بستر طبیعی آن ها را تغییر نداده اند زلزله اثر چندانی بر آن ها نداشته و آسیب جدی وارد ننموده زیرا مهندسی زلزله و معیارهای ساخت آن رعایت می شده است. بررسی آسیب های وارده به بناها در پر تلفات ترین زلزله های دو دهه اخیر کشور (منجیل - رودبار و بم) نیز نشان می دهد بناهای بنایی که این قواعد در آن ها رعایت شده آسیب کمتری دیده اما در جایی که این قواعد نادیده گرفته شده دچار آسیب شده اند (RCRA, 1388). چالش پیش روی برای بازآفرینی و به کارگیری فناوری بومی، گسترش و ترویج مصالح و فناوری نسبتاً جدیدی است که مربوط به چند دهه اخیر است و چنان بدون کیفیت و کارایی به کار رفته که علاوه بر ناکار آمدی در مواجهه با زلزله متوسط عمر بناها را به حداقل ممکن طی سالیان اخیر کاهش داده است. (اصطلاحاً چنین بناهایی با 25 سال عمر کلنگی محسوب می شوند.) اصرار بر تداوم این وضعیت می تواند به حذف کامل دانش بومی معماری و شهرسازی و رواج الگوهای غیر منطبق و ناکارآمد منجر شود که هزینه های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی زیادی در بر داشته باشد. البته آگاهی از زوایا و جزئیات مختلف دانش بومی مستلزم گردآوری مدارک و اسناد گذشته در زمینه نوع بروز سوانح طبیعی، مردم شناسی، زمین شناسی، شناخت مصالح و شیوه های طراحی و فناوری مواجهه با زلزله در مناطق مختلف کشور است. باید توجه داشت بازآفرینی دانش بومی در کنار دیگر فناوری های موجود ضمن

منابع

4. چنانچه فرکانس تغییر مکان سقف‌ها و دیوارها در طول فعالیت‌های زلزله‌ای به علت تفاوت در زمان و وزن، متفاوت باشد، ایمن‌ترین راه حل جدا کردن سقف از دیوار و تکیه دادن آن روی ستون‌هایی است که داخل یا خارج بنا قرار دارند. در این شرایط دیوارها و سقف می‌توانند مستقل از یکدیگر حرکت کنند. (Minke, 2005)
 5. پروفیسور آریا متخصص هندی کاهش بلایای طبیعی پیشنهادهایی درباره اینکه چگونه می‌توان آراماتورها را تقویتی عمودی را در یک نیمه آجر یا بخشی از سنگ‌های لاشه بی‌قاعده و نامساوی بین دو نمای سنگ‌ها قرار داد، ارائه نموده‌است. (Arya, 1987)
 6. پروفیسور آریا حفاظت ساختمانهای آموزشی در برابر زلزله، راهنمایی برای طراحان و سازندگان، بانکوک، یونسکو 1987، ص 67 (گزارش 13 ساختمانهای آموزشی).
 7. پروفیسور آریا، حفاظت ساختمانهای آموزشی در برابر زلزله، راهنمایی برای طراحان و سازندگان، بانکوک، یونسکو 1987، ص 67 (گزارش 13 ساختمانهای آموزشی).
- اسفندیاری صدق، رضا و همکاران. (1382)، تجربیات زلزله بم، مجموعه مقالات همایش علمی یافته‌های زلزله بم. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران.
- بهشتی، سید محمد. (1385)، هویت و مهندسی، نشریه معمار، شماره‌های 37-38-39-41 به ترتیب صص (13-16)، (17-19)، (21-23) و (25-26). تهران.
- عمادی، محمد حسین؛ عباسی، اسفندیار. (1378)، حکمت دیرین در عصر نوین: کاربر دانش بومی در توسعه پایدار (جلد 1). مرکز تحقیقات و بررسی مسائل روستایی، وزارت جهاد سازندگی، تهران.
- گرن، مینکه. (1384)، شیوه‌های ساخت بناهای گلی مقاوم در برابر زلزله، ترجمه ندا منصوری. کانون تبادل در زمینه‌های علمی و فرهنگی. اتریش، وین.
- لایل ولفسکیل، وین دانلپ، باب کالاولی. (1366)، استفاده از خاک در خانه سازی، ترجمه حسین تابش. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی؛ 9-10 خرداد 1385؛ دانشگاه یزد؛ یزد.
- مدنی، حسین؛ شفیقی، سیروس. (1386)، زمین شناسی عمومی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- وطنی اسکویی، اصغر. (1386)، زلزله و ساختمان‌های متعارف. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، برنامه عمران سازمان ملل متحد، تهران.
- هسته پژوهشی معماری روستایی (RCRA)، (1388)، گونه‌شناسی مسکن روستایی استان مرکزی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی.
- Sartipipour Mohsen; (2006) *Natural Disasters & Diagnosis of Man – made factors*; Enviromental sciences Research Institute; Shahid Beheshti university Nr.12; summer.
- Arya A.S., (1987) *Protection of educational buildings against earthquakes, a manual for designers and builders*, Bangkok, UNESCO, 67 Pages (Educational Building Report 13).
- Hugo Houben & Hubert Guillaud ; (2003) *Earth Construction " A Comprehensive Guide"*; GraTerre-EAG; ITDG;
- UNCHS (Habitat) II, (1996), *The Habitat Agenda*, Istanbul Turkey,.
- Oliver, Paul 2003, *Dwellings "the vernacular house worldwide*, Phaidon press limited china.
- Vellinga, Marcel; Oliver Paul, Bridge, Alexander; (2007). *Atlas of vernacular Architecture of the world* ; Great Britain by Scotprint, Haddington.
- Beynon, John; *Earthquakes and Traditional Asian Buildings*; (1990) *MIMAR Architecture in Development*; Nr. 37; pp 64-69.