

اصلاح شکل ساختمان رهیافتی برای کاهش اثرات مخاطره زلزله و بهسازی لرزه‌های مدارس شهرهای کشور

شاهین متین^۱

shaahin_matin@yahoo.com

چکیده:

بر اساس آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، مدارس در گروه ساختمان‌های «با اهمیت زیاد» قرار داشته و ایمن‌سازی لرزه‌ای چنین ساختمان‌هایی از اولویت زیادی برای مدیریت شهری به‌ویژه در شرایط اضطراری برخوردار است. برخلاف تصور عمومی که ایمن‌سازی بناها به‌ویژه ساختمان‌های بااهمیت بالا نظیر مدارس فرایندی پرهزینه است، تجربیات و مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد بسیاری از معیارهای ایمنی ابنیه بدون هیچ گونه هزینه اضافی و صرفاً با استفاده بهینه از مصالح، اصلاح روش‌های ساخت و قبل از آن با طراحی مناسب بنا قابل حصول هستند. در این میان می‌توان به طراحی شکل مناسب ساختمان مدارس اشاره نمود که نه تنها موجب کاهش هزینه‌های ساخت شده بلکه موجبات بهبود ایمنی و رفتار لرزه‌ای مدارس را نیز فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: شکل‌بندی ساختمان، ایمن‌سازی لرزه‌ای، مدارس، زلزله

۱- مقدمه:

مقاله حاضر بر اساس نتایج مطالعه‌ای کاربردی که جهت بررسی و بومی‌سازی تجربیات سایر کشورها در زمینه ایمن‌سازی مدارس در برابر زلزله و همچنین تجربیات نگارنده در طراحی ایمن ساختمان‌های شریان‌های حیاتی و ساختمان‌های با اهمیت زیاد و مراکز مدیریت بحران (اتاق بحران) تعدادی از استان‌های کشور ارائه می‌گردد. در نوشتار حاضر، ابتدا شکل ساختمانی مدارس موجود مورد بررسی و طبقه‌بندی قرار می‌گیرد. برای این کار، شکل پلان ساختمان، وضعیت ارتفاع و تعداد طبقات، نحوه توزیع اجزای باربر در پلان و موقعیت و ابعاد بازشوها در مدارس شهرهای کشور مورد بررسی قرار گرفته و تأثیرات هر یک از این موارد در ایمنی لرزه‌ای مدارس بر اساس استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی ارزیابی می‌شوند. در ادامه نیز بر اساس نتایج تحقیقات، مطالعات و تجربیات موفق داخلی و خارجی و لحاظ نمودن استانداردهای مطرح در مباحث آیین‌نامه‌های ساختمانی، راهکارها و ملاحظات ایمنی مرتبط در راستای ایمن‌سازی ساختمان‌های آموزشی در برابر زلزله استخراج و پس از ساده‌سازی با استفاده از تصاویری گویا و قابل درک ارائه می‌گردد.

ایران کشوری سانحه‌خیز است و به لحاظ قرارگیری بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا، قرارگیری بین دو صفحه تکتونیک فعال (صفحه عربستان و توران) و تعدد گسل‌های اصلی و فرعی که در تمام نقاط کشور گسترش یافته‌اند، هر چندسال یک‌بار زلزله‌های بزرگ و مخربی را تجربه می‌نماید. شاید یکی از دلایل مهم خسارات ناشی از زلزله در کشور، توسعه شهرها بدون برنامه‌ریزی و مورد غفلت واقع شدن شیوه‌های ساخت‌وساز اصولی باشد.

۱- عضو هیات علمی پژوهشکده سوانح طبیعی و مدرس دانشگاه

مطالعات نشان می‌دهد، عدم رعایت اصول ایمنی در ساخت ساختمان‌های «با اهمیت زیاد» می‌تواند موجب افزایش چشمگیر خسارات ناشی از زلزله شود. مطابق آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، مدارس نیز جز ساختمان‌های «با اهمیت زیاد» محسوب می‌شوند.

بناهای آموزشی در نقاط مختلف کشور ما چه در شرایط عادی و چه در مواقع بروز سوانح، در کنار کاربری آموزشی، به-عنوان پایگاه‌هایی جهت گذراندن اوقات فراغت دانش‌آموزان، گردهمایی‌های عمومی، برگزاری انتخابات، اجرای طرح‌های گسترده درمانی و اردوگاه‌های اسکان موقت پس از وقوع سوانح نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابر این ایمن‌سازی چنین ساختمان‌هایی از اهمیت زیادی برای استمرار خدمات‌رسانی و مدیریت شهری به‌ویژه در شرایط اضطراری برخوردار است. برخلاف تصور عمومی که ایمن‌سازی بناها به‌ویژه ساختمان‌هایی بااهمیت بالا نظیر مدارس فرایندی بسیار پرهزینه است، در واقع بسیاری از معیارهای ساخت‌وساز ایمن، با لحاظ نمودن نکاتی که بعضاً موجب کاهش هزینه‌های ساخت می‌شوند نظیر رعایت سادگی در طراحی پلان و تقسیم‌بندی مناسب فضاهای داخلی و جانمایی صحیح بازشوها قابل دستیابی است. بر این اساس، نوشتار حاضر با بررسی اشکالات رایج در شکل‌بندی ساختمان‌های مدارس و تاثیرات آن‌ها بر کاهش مقاومت و تاب‌آوری بنا در برابر زلزله، بر آن است الگوها و اشکال موفق ساختمانی را با استفاده از تجربیات کشورمان و کشورهای که به‌لحاظ لرزه‌خیزی و روش‌های ساخت و بهره‌برداری از مدارس مشابهت‌هایی با کشور ما هستند، ارائه نماید.

۲- مواد و روش‌ها:

مقاله حاضر بر اساس نتایج مطالعه‌ای کاربردی جهت بررسی و بومی‌سازی تجربیات کشورهای نپال و هند در زمینه ایمن‌سازی مدارس در برابر زلزله که نتایج آن در قالب کتابی با عنوان "ایمن‌سازی بناهای آموزشی در برابر زمین‌لرزه" در سال ۱۳۹۰ منتشر گردید و همچنین تجربیات نگارنده در طراحی ایمن ساختمان‌های شریان‌های حیاتی نظیر بیمارستان‌ها و ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد نظیر مراکز مدیریت بحران (اتاق بحران) تعدادی از استان‌های کشور تهیه و ارائه می‌گردد. در طول انجام مطالعه‌ای که این مقاله بر پایه نتایج حاصل از آن‌ها استوار است، ابتدا شکل ساختمانی مدارس مورد بررسی و طبقه‌بندی قرار گرفت و سپس نقاط ضعف هر یک از این اشکال معرفی و راهکارها و ملاحظات ایمنی مرتبط در راستای ارتقا و تقویت ایمنی لرزه‌ای آن‌ها با استفاده از تجربیات موفق داخلی و خارجی و لحاظ نمودن استانداردهای مطرح در مباحث آیین‌نامه‌های ساختمانی کشور و استاندارد ۲۸۰۰ و همچنین استانداردهای تدوین شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به‌ویژه استاندارد شماره ۵۰۱۹، استخراج و پس از ساده-سازی به‌صورتی مصور و قابل درک ارائه گردید.

۳- بحث:

بر اساس بازدیدها و مطالعات میدانی انجام شده توسط نگارنده جهت ارزیابی وضعیت ایمنی سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان‌های مهم و حساس در برابر زلزله، حتی ساختمان‌ها، تاسیسات و شریان‌های حیاتی در تهران و تعدادی از مراکز استان‌ها نظیر ساختمان استان‌داری‌ها، بیمارستان‌ها و ساختمان‌های مرکزی سازمان‌ها، حتی بعضاً ساختمان‌های سازمان‌های امدادی کشور، به‌لحاظ شکل و ابعاد پلان کف و طبقات، فضا‌بندی و تقسیم‌بندی فضاهای داخلی، اندازه و

مکان‌یابی و ابعاد بازشوه‌های در و پنجره، بعضاً کوچک‌ترین انطباقی با استانداردهای لحاظ شده در آیین‌نامه‌های ساختمانی ندارند. متأسفانه بررسی‌ها نشان می‌دهد ساختمان بسیاری از مدارس کشور حتی مدارس سطح شهر تهران که از معیارهای ایمنی لرزه‌ای بهتری در قیاس با سایر مناطق کشور برخوردارند و به‌ویژه در بنای مدارس با ساختمان‌های قدیمی‌تر، توجه به ملاحظات ایمنی لرزه‌ای در شکل ساختمان مورد غفلت واقع شده است.

برای بررسی شکل‌بندی ساختمان مدارس کشور باید فاکتورهای ذیل مورد بررسی قرارگیرند (در ادامه هر یک از این فاکتورها به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت):

الف- شکل پلان ساختمان

ب- ارتفاع و تعداد طبقات

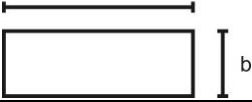
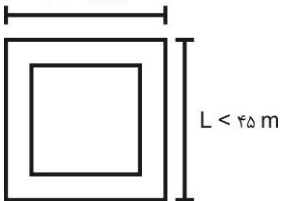
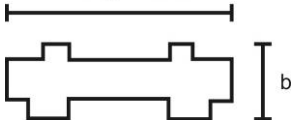
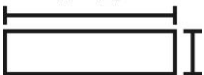
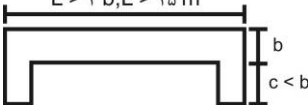
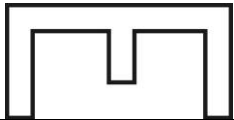
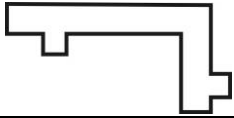
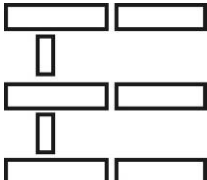
ج- توزیع اجزای باربر در پلان

د- موقعیت و ابعاد بازشوه‌های در و پنجره

الف) شکل پلان ساختمان

حفظ تقارن در پلان ساختمان از جمله معیارهایی است که رعایت آن تاثیر به‌سزایی در کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای بنا خواهد داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد شکل پلان ساختمان‌های اصلی یا فرعی شماری از مدارس، فاقد تقارن در هر دو جهت بوده که این امر می‌تواند باعث ایجاد پیچش و افزایش خسارت مخصوصاً در نقاط آسیب‌پذیر بنا شود. نحوه قرارگیری بازشوها نیز بهتر است تا حد امکان متقارن باشد. در این راستا بررسی آزمایش‌های میز لرزان، تحقیقات و تجربیات انجام شده در کشور هند و نپال گویای این مطلب است که ساختمان‌های دارای پلان مربعی ساده یا مستطیلی، رفتار بهتری هنگام قرارگیری در معرض بارهای ناشی از زلزله نسبت به آن‌هایی که دارای پیش‌آمدگی در پلان خود هستند، نشان می‌دهند. اثرات پیچش در ساختمان‌های دارای پلان مستطیلی کشیده و باریک بیشتر است. در استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی نیز در این خصوص صراحتاً عنوان شده نسبت طول ساختمان به عرض آن از ۳ به ۱ تجاوز نکنند. اگر شرایط پلان به‌گونه‌ای است که طول بیشتری نیاز است، باید آن‌را به قطعاتی با محدودیت طول به عرض ذکر شده و به فاصله کافی از هم تقسیم نمود. تقسیم یک قطعه بزرگ به قطعات مجزا باعث می‌شود که هر قطعه در مقابل بارهای جانبی به‌طور مجزا از سایر قطعات عمل‌کند. این تقسیم‌بندی به قطعات مجزا، باعث می‌شود که هر قطعه متقارن و مستطیلی باشد. بطور کلی پلان ساختمان مدارس کشور را می‌توان به شکل‌های ساده شده‌ای که در ادامه ارائه شده اند طبقه‌بندی نمود. در جدول ۱، شکل‌بندی ساختمان‌های آموزشی و نکات ایمنی مربوط به هر یک از اشکال جهت معرفی تاثیرات شکل‌های پلان مدارس بر مقاومت لرزه‌ای بنا، مطابقت یا عدم انطباق شکل پلان با آیین‌نامه‌های ساختمانی ارائه شده است.

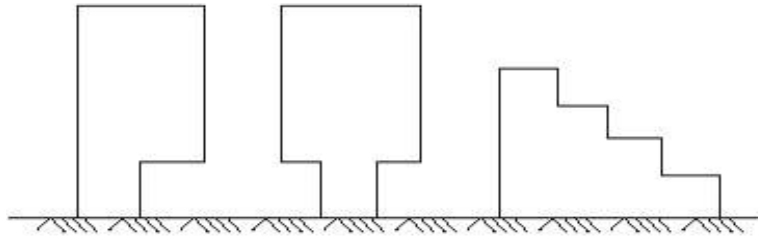
جدول ۱: شکل‌بندی ساختمان‌های آموزشی و ملاحظات ایمنی متناظر

نوع اصلاح مورد نیاز	پلان ساختمان‌های آموزشی
الف - اصلاح پلان لازم نیست (قابل قبول).	الف - ساختمان‌های مستطیلی $L < 3b$ 
ب - اصلاح پلان لازم نیست (قابل قبول).	ب - مدرسه همراه حیاط $L < 45\text{ m}$ $L < 45\text{ m}$ 
ج - اصلاح پلان لازم نیست (قابل قبول).	ج - تقریباً متقارن $L < 3b, L < 45\text{ m}$ 
د - ساختمان باید به قسمت‌های مناسب تقسیم شود.	د - خیلی دراز و باریک $L < 4b$ 
ح - ساختمان باید به قسمت‌های مناسب تقسیم شود.	ح - خیلی دراز و باریک همراه با چند پیش‌آمدگی $L > 3b, L > 45\text{ m}$ b $c < b$ 
و - ساختمان باید به قسمت‌های مناسب تقسیم شود.	و - خیلی دراز همراه با پیش‌آمدگی‌های خیلی بزرگ 
ز - ساختمان باید به قسمت‌های مناسب تقسیم و طرح ساده‌تر شود.	ز - در راستای هر دو محور نامتقارن، شکل‌های خیلی پیچیده 
ه - ساختمان باید به قسمت‌های مناسب تقسیم و استحکام هر بلوک متوازن شود.	ه - اتصال‌های ضعیف میان بلوک‌های سنگین 

ب- ارتفاع و تعداد طبقات

بر اساس نتایج تحقیقات و مطالعات منتشر شده توسط سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس، حالت بهینه طراحی مدارس در فضاهای آموزشی یک طبقه و در صورت نیاز به فضای بیشتر حداکثر سه طبقه می‌باشد. البته صرفاً بالا نبودن تعداد طبقات و ارتفاع ساختمان برای دستیابی به ایمنی لرزه‌ای ساختمان مدارس کافی نیست و شکل پلان عمودی ساختمان نیز می‌تواند در افزایش و کاهش پایداری مدارس در برابر زلزله موثر باشد.

بر اساس آیین‌نامه‌های ساختمانی، علاوه بر توزیع سختی در پلان، توزیع سختی در ارتفاع ساختمان هم باید تا حد امکان یکسان باشد. طبق نتایج مطالعات و آزمایش‌های انجام شده نیز، تغییر شکل ساختمان در ارتفاع طبقات، ایمنی و مقاومت لرزه‌ای بنا را به شدت کاهش می‌دهد. لذا طراحی فضاهای آموزشی، اداری و حتی سالن‌های ورزشی، نمازخانه و فضاهای جنبی در بناهای آموزشی مشابه شکل‌های ساده شده ذیل که در تصویر ۱ ارائه شده، این ساختمان‌ها و حتی دیگر ساختمان‌های مجاور آن‌ها در مجتمع‌های آموزشی را در برابر زلزله ناپایدار و آسیب‌پذیر می‌نماید.

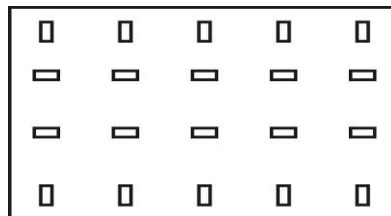


تصویر ۱: تغییر شکل در ارتفاع ساختمان

متأسفانه بر اساس مطالعات میدانی و مشاهدات نگارندگان، بسیاری از مدارس غیرانتفاعی که اعمال تغییراتی در یک منزل مسکونی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، از نظر انطباق شکل و بویژه تناسب شکل ارتفاع با نوع سیستم و مصالح ساختمانی حتی با ملاحظات ایمنی ذکر شده در آیین‌نامه‌های ساختمانی که برای ابنیه مسکونی تدوین شده‌اند هم مطابقت ندارند چه رسد به فضایی آموزشی که صدها دانش‌آموز در حدود یک سوم از ساعات شبانه روز در خود جای می‌دهند.

ج- توزیع اجزای باربر در پلان

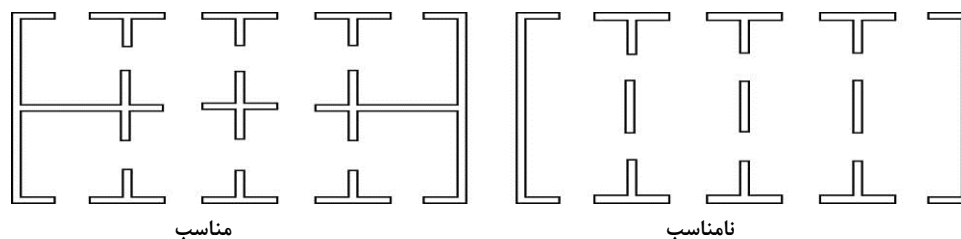
طبق آمار، بخش قابل توجهی از مدارس جدید الاحداث کشور دارای سیستم اسکلت بندی می‌باشند. اما بر اساس نتایج مطالعات، شکل ستون‌ها در این‌گونه مدارس در ایمنی مدارس نقش به‌سزایی دارد. در ساختمان‌هایی مدارس دارای کلاف‌بندی بتن مسلح مطابق تصویر ۲ ستون‌ها باید طوری در پلان چیده شوند که حداکثر خمش در هر دو راستا قرار گیرد، مگر آنکه ستون‌ها مربعی باشند.



تصویر ۲: تشخیص موقعیت ستون

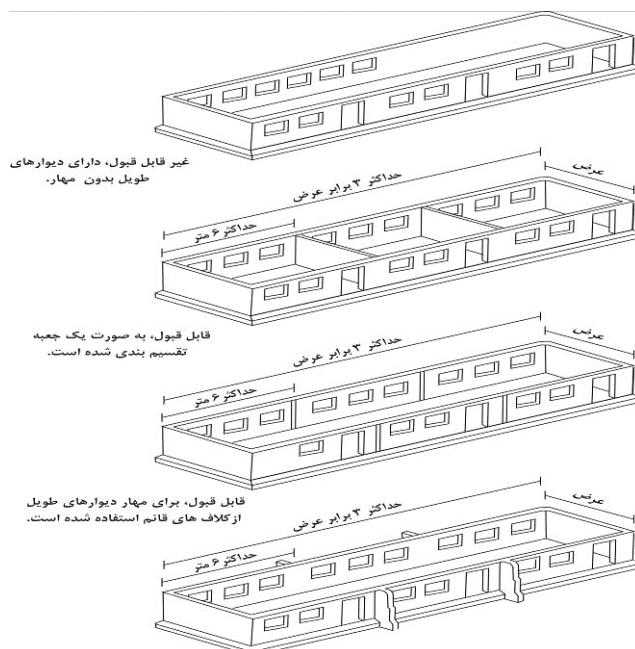
اما در حال حاضر ساختمان‌های اصلی و فرعی بعضی از مدارس کشور فاقد اسکلت‌بندی بوده و ساختمان‌بنایی بشمار می‌آیند. در این مدارس نیز شکل دیوارهای باربر از اهمیت زیادی برخوردار است.

برای برخورداری از عملکرد خوب لرزه‌ای در فضاهای آموزشی درای ساختمان‌های بنایی، دیوارها (به‌عنوان اجزای باربر) باید به‌طور یکنواخت در دو جهت عمود برهم در پلان توزیع شوند و تعداد و استحکام آن‌ها برای مقاومت در برابر نیروهای ناشی از زلزله کافی باشد. بر این اساس همان‌طور که در تصویر ۳ نشان داده شده‌است، این دیوارها باید به‌طور محکم به‌یکدیگر متصل و در کفها و سقف‌ها کاملاً مهار شوند تا بتوانند به‌صورت یک سیستم صلب عمل کنند.



تصویر ۳: توزیع دیوارهای سازه‌ای در پلان ساختمان مدارس

به‌منظور حصول عملکرد مناسب، برای سیستم‌های مختلف سازه‌های بنایی، فاصله بین دیوارهای سازه‌ای در مدارس با ساختمان‌های فاقد اسکلت‌بندی با مصالح آجر و ملات سیمان باید کمتر از ۹ متر باشد. استفاده از مقادیر پیشنهادی فوق، منوط به تایید محاسبات سازه‌ای است. ظرفیت تحمل بارهای قائم و ظرفیت خمش خارج از صفحه این دیوارها از جمله عوامل محدود کننده می‌باشند. اگر فاصله دیوارها بیشتر از فاصله‌های ذکر شده باشد، دیوارها باید مانند آنچه در تصویر ۴ نشان داده شده است، مهاربندی شوند.



اصلاح شکل مدارس از طریق تقسیم‌بندی فضای داخلی و کاهش طول دیوارها باعث بهبود رفتار لرزه‌ای ساختمان‌ها می‌شود. اما اگر به‌خاطر مشخصات کاربری فضاها، تقسیم‌بندی به فضاهای کوچک‌تر مقدور نیست، دیوارهای طویل باید توسط ستون‌های بتن مسلح یا دیوارهای پشت‌بند خارجی به فاصله ۶ متر از هم در دیوارهای آجری با ملات سیمان، مهار شوند. در آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و در بخش پلان ساختمان، صراحتاً بر اینکه دیوارها باید حتی‌الامکان به‌طور منظم و متقارن در پلان ساختمان قرار داده شوند تا با تحمل یکنواخت نیروی افقی زلزله، پیچش در ساختمان به حداقل برسد، تأکید شده است. در این آیین‌نامه و در بخش دیوارهای سازه‌ای نیز حداکثر طول مجاز دیوار سازه‌ای بین دو پشت‌بند، ۳۰ برابر ضخامت آن اما کمتر از ۸ متر معرفی شده است.

د- موقعیت و ابعاد بازشوهای در و پنجره

شکل بازشوها و نحوه طراحی و توزیع آن‌ها در ساختمان تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش یا کاهش ایمنی مدارس دارد. بازشوها در دیوار، عامل ضعف و تغییر رفتار سازه‌ای دیوار و به تبع آن خود ساختمان می‌باشند. بررسی زمین‌لرزه‌های گذشته نشان می‌دهد که تا چه اندازه ابعاد و موقعیت بازشوها بر مقاومت ساختمان در برابر زمین‌لرزه تأثیرگذار بوده است. طبق نتایج مطالعات انجام شده، نامتقارن بودن موقعیت دیوارهای مدارس حتی در مدارس دارای ساختمان‌های بتّایی با پلان متقارن باعث عدم تقارن سازه‌ای و افزایش صدمات در برابر زلزله می‌گردد. تجربیات و آزمایش‌های مرتبط در این زمینه گویای این مطلب است که رعایت نکات ذیل می‌تواند تا حد قابل ملاحظه‌ای رفتار ساختمان‌های آموزشی را در برابر زلزله بهبود خواهد داد:

- بازشوها باید با توجه به ترکیب‌بندی پلان در هر دو جهت ساختمان به‌صورت متقارن قرار گیرند.
- بازشوهای دیوارهای مقابل باید تا حد امکان با یکدیگر در تقارن باشند.
- بازشوها باید خارج از مناطق تأثیر مستقیم بارهای متمرکز وارد بر تیر قرار گیرند.
- محل بازشوها در طبقات باید یکسان باشد.
- بالای بازشوها باید به‌صورت هم‌سطح در یک تراز باشد.
- بازشوها نباید با تیرهای مهاربندی طبقات تداخل داشته باشند.
- بازشوها باید دور از گوشه کلاس‌ها در فضاهای آموزشی و اتاق‌ها در فضاهای اداری مدارس قرار گیرند.
- از ایجاد طاق‌های قوس‌دار در بالای دهانه بازشوها باید اجتناب شود مگر آنکه از مهارهای فولادی استفاده شود.
- در آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و در بخش بازشوها نیز بر احتراز از احداث بازشوهای وسیع در ساختمان‌ها تأکید و همچنین لزوم قرارگیری بازشوها در قسمت مرکزی دیوارها اشاره شده است.

۴- نتیجه‌گیری:

با توجه به اهمیت ایمن‌سازی ساختمان‌های آموزشی در برابر زلزله، نباید در زمینه انجام هر اقدامی برای کاهش اثرات این پدیده طبیعی که عدم آمادگی، آن را به بلایی ویران‌گر در جوامع شهری و روستایی تبدیل کرده است، کوتاهی نمود. اما همه اقدامات پیشگیرانه نیازمند استفاده از تکنولوژی بالا یا بودجه‌های آنچنانی نیست و رعایت ملاحظات نظیر به-

سازی شکل مدارس می تواند ایمنی لرزه ای مدارس را تا حد قابل توجهی ارتقا بخشد. اقداماتی مثل به سازی شکل پلان ساختمان های اصلی آموزشی و ابنیه جانبی، شکل پلان ارتفاع و تعداد طبقات، شکل بندی سیستم سازه ای بنا و شکل و موقعیت بازشوها از جمله مواردی هستند که بدون تحمیل هیچ هزینه اضافی می توانند کارایی بهتر مدارس را حین و پس از زلزله ها تقویت نمایند. در این راستا بهره گیری از آیین نامه های ساختمانی و تجربیات سایر کشورهایی که مصالح، شیوه های طراحی و ساخت و بهره برداری مدارس در آن ها مشابه بخش های زیادی از کشور ما می باشد، مفید خواهد بود. بررسی وضعیت و ارزیابی شکل بندی فعلی ساختمان مدارس کشور و مطابقت دادن آن با آیین نامه ها و استانداردهای ساختمانی، گویای نیاز جدی به این اصلاح و به سازی شکل در بسیاری از مدارس کشور است. امید است با استفاده از ملاحظات شکل بندی ایمن ارائه شده در این مقاله و سایر ملاحظات ایمنی مطرح، دانش آموزان، مردم و مسئولین مناطق مختلف کشور به ویژه دست اندرکاران و بهره مندان سامانه مدیریت شهری در مناطق لرزه خیز از مدارسی امن تر و مقاوم تر در برابر زلزله برخوردار شوند.

مراجع:

۱. متین، ش و داورنیا، ش و مشهدی اسمعیلی، غ، (۱۳۹۰) "ایمن سازی بناهای آموزشی در برابر زمین لرزه راهنمای مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای"، انتشارات آریا پژوه.
۲. "آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله" (استاندارد ۲۸۰۰) (۱۳۸۶)، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
۳. "استاندارد شماره ۵۰۱۹"، (۱۳۷۸) موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
4. Federal Emergency Management Agency, Earthquake hazard Reduction Series 41 (FEMA 154,) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazard: A Handbook, Building Seismic Safety Council, Washington D.C., 1988.
5. Kumar Bothara Jitendra-Guragain Ramesh-Dixit Amod, PROTECTION OF EDUCATIONAL BUILDINGS AGAINST EARTHQUAKES, National Society for Earthquake Technology-Nepal (NSET-Nepal).
6. Earthquake Resistant Construction and Seismic Strengthening, Government of India, Maharashtra Emergency Rehabilitation Program, Revenue and Forest Department, Mumbai, India.