



ضرورت تکمیل و اصلاح آیین نامه های موجود در خصوص دیوار پرکننده آجری

محمدرضا تابش پور

استادیار، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت معلم سبزواری، tabeshpour@yahoo.com

چکیده

در این مقاله به ضابطه هایی از آیین نامه ی ۲۸۰۰ که به طور مستقیم یا غیر مستقیم به اثرات مثبت و منفی دیوار پرکننده ی آجری مربوط است، پرداخته شده است. در قالب چند پرسش، کمبودهای آیین نامه مورد اشاره قرار گرفته است. ملاحظه خواهد شد که در قسمت های زیادی از آیین نامه باید به طور مشخص به اثرات دیوار پرکننده پرداخته شود. پاسخ این سؤالات در مرجع [۴] ارائه شده است.

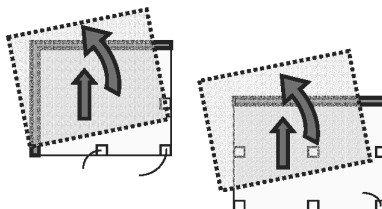
کلید واژه ها: آیین نامه، دیوار پرکننده آجری، سختی، پرپود، ستون کوتاه.

۱- مقدمه

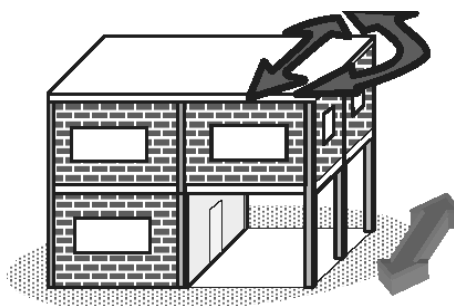
در این فصل به طور مختصر به ضابطه هایی از آیین نامه ی ۲۸۰۰ که به اثر دیوار پرکننده ی آجری مربوط است، پرداخته می شود. توجه شود که اثر دیوار پرکننده ی آجری بر بخش عظیمی از آیین نامه سایه افکننده و بدون در نظر گرفتن اثر آن، برخی از طرح ها به طور ناخواسته دست بالا یا دست پایین می شوند.

۲- ضابطه «۱-۵-۳» آیین نامه ی ۲۸۰۰

پرسش ۱: در چه صورتی در ساختمان، پیچش ایجاد می شود؟



شکل ۱- چیدمان نامتقارن دیوار در پلان



شکل ۲- عدم تقارن در نما و پلان

۳- ضابطه «۱-۵-۵» آیین نامه ی ۲۸۰۰

پرسش ۲: برای افزایش قابلیت باربری قاب خمشی در مورد طراحی تیرها و ستون ها باید به چه نکته ای توجه شود؟

پرسش ۳: آیا وجود دیوار پرکننده‌ی آجری ممکن است باعث تغییر در نسبت بین مقاومت نیاز و مقاومت موجود در ستون‌های بتنی شود؟

۴- ضابطه «۱-۵-۶» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰

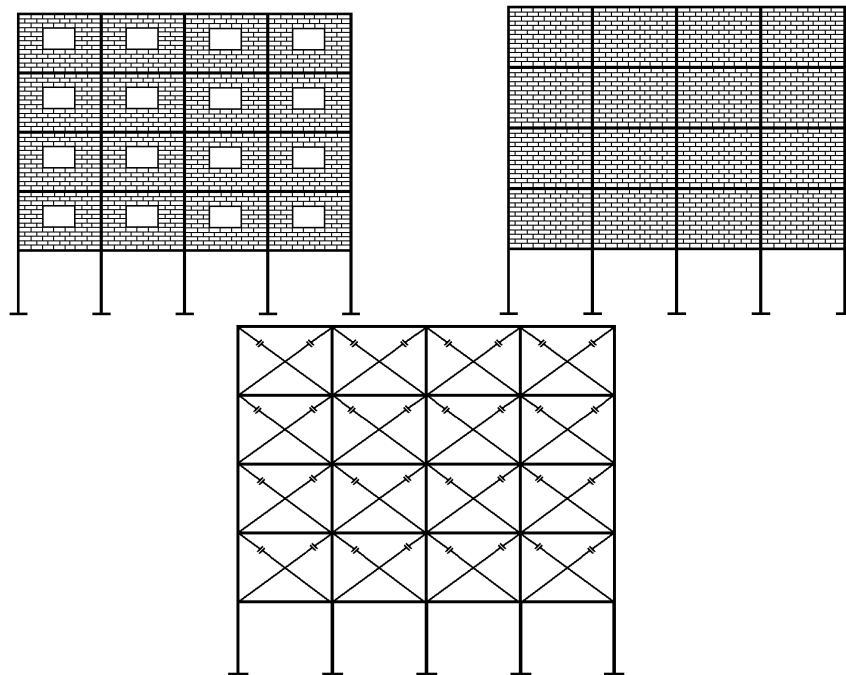
پرسش ۴: در چه صورتی باید تقابل بین اعضای سازه‌ای با اعضای غیرسازه‌ای در نظر گرفته شود؟
پرسش ۵: آیا می‌توان بدون شناخت رفتار برون‌صفحه و درون‌صفحه‌ی دیوار، تقابل بین اعضای سازه‌ای با دیوار را در نظر گرفت؟

۵- ضابطه «۱-۵-۷» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰

پرسش ۶: پدیده‌ی ستون کوتاه چیست و چگونه می‌توان از آن جلوگیری کرد؟
پرسش ۷: آیا بلوک‌های سفالی نیز باعث شکست ستون کوتاه می‌شوند؟

۶- ضابطه «۱-۸-۱-۲» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: منظم بودن در ارتفاع

پرسش ۸: آیا می‌توان بدون اثر دیوار، منظمی در ارتفاع و پلان را کنترل کرد؟



شکل ۳- طبقه‌ی نرم و ضعیف (طبقه‌ی اول)

۷- ضابطه «۲-۱-۴» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰

پرسش ۹: با توجه به وجود دیوار پرکننده‌ی آجری، در چه مواردی باید اثر زلزله در هر دو جهت را در نظر گرفت؟

۸- ضابطه «۲-۳-۶» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: زمان تناوب اصلی نوسان، T

پرسش ۱۰: روش‌های تجربی برای تعیین پریود ساختمان بر چه اساسی استوار است؟
پرسش ۱۱: یکی از قدیمی‌ترین روابط تجربی برای تخمین پریود سازه چیست؟
پرسش ۱۲: متداول‌ترین روش برای تخمین پریود ساختمان در آیین‌نامه‌ها چیست؟



پرسش ۱۳: در استاندارد ۲۸۰۰ چه روابط تجربی برای تعیین پیوند سازه پیشنهاد شده است؟

پرسش ۱۴: در آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ چگونه اثر وجود دیوار بر پیوند سازه ملاحظه شده است؟

پرسش ۱۵: آیا این روش دارای دقت قابل قبول است؟

پرسش ۱۶: سایر آیین‌نامه‌ها چه روش‌هایی را برای تعیین پیوند پیشنهاد داده‌اند؟

پرسش ۱۷: چگونه می‌توان به روش تحلیلی، پیوند سازه‌ی دارای دیوار پرکننده را تعیین کرد؟

پرسش ۱۸: اثر طبقه‌ی نرم در پیوند سازه چگونه است؟

پاسخ: در آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ بیان نمی‌شود که تقلیل پیوند سازه از T به $0.8T$ آیا در حالت وجود طبقه‌ی نرم هم امکان‌پذیر است یا خیر؟ در این جا اثبات می‌شود که در صورت وجود طبقه‌ی نرم، نباید پیوند سازه به‌علت وجود دیوارهای پرکننده، کاهش داده شود. البته اگر مطابق ضابطه «۲-۱۰» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ این طبقه برای برش افزایش یافته، طراحی شده باشد، آن‌گاه می‌توان پیوند سازه را کاهش داد.

می‌توان پیوند سازه را با استفاده از رابطه‌ی زیر تعیین کرد:

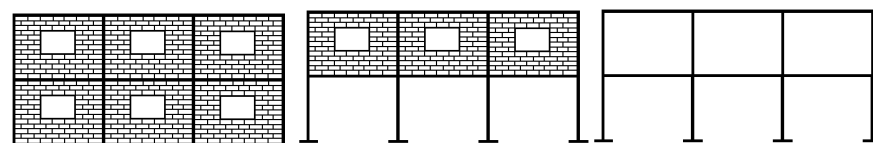
$$T = 2\sqrt{\Delta}$$

ساختمان ۲ طبقه:

سختی طبقات: k

سختی دیوارهای پرکننده در هر طبقه: $0.5k$

پیوند قاب خالی: T ، پیوند قاب دارای طبقه‌ی نرم: T' ، پیوند قاب دارای دیوار در تمام طبقات: T''



شکل ۴- چیدمان‌های مختلف دیوار در ارتفاع ساختمان دو طبقه

قاب خالی:

$$\Delta = \frac{w}{k} + \frac{2w}{k} = \frac{3w}{k}$$

$$T = 2\sqrt{\Delta} = 2\sqrt{\frac{3w}{k}} = 3.464\sqrt{\frac{w}{k}}$$

قاب دارای طبقه‌ی نرم:

$$\Delta' = \frac{w}{1.5k} + \frac{2w}{k} = \frac{8w}{3k}$$

$$T' = 2\sqrt{\Delta'} = 2\sqrt{\frac{8w}{3k}} = 3.266\sqrt{\frac{w}{k}} = 0.94T \cong T$$

قاب دارای دیوار پرکننده در تمام طبقات:

$$\Delta'' = \frac{w}{1.5k} + \frac{2w}{1.5k} = \frac{2w}{k}$$

$$T'' = 2\sqrt{\Delta''} = 2\sqrt{\frac{2w}{k}} = 2.83\sqrt{\frac{w}{k}} = 0.81T$$

ملاحظه می‌شود که با فرضیات فوق برای سختی دیوار در مقایسه با سختی قاب، در حالت طبقه‌ی نرم، پیوند سازه با قاب خالی تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارد، ولی در صورت وجود دیوار پرکننده در تمام طبقات، پیوند سازه به مقدار ۲۰٪ کاهش می‌یابد.

۹- ضابطه «۲-۳-۸» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: ضریب رفتار ساختمان، R

پرسش ۱۹: ضریب رفتار قاب دارای دیوار پرکننده چقدر است؟

۱۰- ضابطه «۲-۳-۸-۹» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

پرسش ۲۰: در صورتی‌که در قاب خمشی، دیوارها در طبقه‌ی اول وجود نداشته باشند، ضریب رفتار در این نوع سیستم منقطع در ارتفاع چگونه تعیین می‌شود؟

۱۱- ضابطه «۲-۳-۱۰-۳» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰

پرسش ۲۱: برون مرکزی اتفاقی به چه منظوری و چگونه در نظر گرفته می‌شود؟

پرسش ۲۲: آیا می‌توان بدون اثر دیوار، پیچش یک سازه را به درستی بررسی کرد؟

پرسش ۲۳: سازه‌ی شکل (۶) به چه علتی خراب شده است؟



شکل ۶- تخریب یک ساختمان به‌علت نادیده گرفتن اثر سختی دیوار (کوبه ۱۹۹۵)

پرسش ۲۴: در مواردی که ساختمان مشمول نامنظمی ضابطه «۱-۱-۸-۱-ث» استاندارد ۲۸۰۰ می‌شود، برون مرکزی

اتفاقی چه تغییری می‌کند؟

۱۲- ضابطه «۲-۴-۲» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: روش تحلیل دینامیکی طیفی

پرسش ۲۵: آیا بدون اثر دیوارهای پرکننده می‌توان تحلیل دینامیکی طیفی را به درستی انجام داد؟

۱۳- ضابطه «۲-۴-۳-۳» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: تحلیل تاریخچه‌ی زمانی غیرخطی

پرسش ۲۶: آیا بدون اثر دیوارهای پرکننده می‌توان تحلیل تاریخچه‌ی زمانی غیرخطی را به درستی انجام داد؟

۱۴- ضابطه «۲-۵» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

پرسش ۲۷: اثرات مثبت و منفی دیوار بر سازه چیست؟ کدام یک از این دو اثر، غالب است؟

پاسخ: به جدول (۱) ملاحظه شود.



جدول ۱- اثرات مثبت و منفی دیوار پرکننده‌ی آجری

اثرات وجود دیوار پرکننده در قاب فولادی یا بتنی		
ردیف	اثرات منفی	اثرات مثبت
۱	نامنظمی سختی در ارتفاع (طبقه‌ی نرم)	افزایش سختی و کاهش تغییرمکان
۲	نامنظمی مقاومت در ارتفاع (طبقه‌ی ضعیف)	افزایش مقاومت
۳	نامنظمی سختی در پلان (پیچش)	کاهش شکل‌پذیری نیاز
۴	توزیع نامناسب نیرو بین ستون‌های یک قاب بتنی (ستون کوتاه بتنی)	بالا آمدن تراز پایه در شرایط خاص
۵	توزیع نامناسب نیرو در پلان (ستون کوتاه فولادی)	شکست برشی شکل‌پذیر در ستون کوتاه فولادی
۶	افزایش نیروی طراحی به‌علت کاهش پریود	طرح قاب برای نیروی جانبی اندک
۷	افزایش نیروی طراحی به‌علت کاهش ضریب رفتار سیستم توأم	ایجاد سیستم دوگانه با کنش محوری قاب

پرسش ۲۸: در صورت وجود دیوار، مقدار تغییرمکان جانبی مجاز چقدر است؟

پرسش ۲۹: اثر وجود دیوار آجری در کنترل جابه‌جایی قاب‌های خمشی چند طبقه را بررسی کنید.

پاسخ: این مسأله به ضابطه‌های مقابل از آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ مربوط است: «۲-۳-۶»، «۲-۵-۴». پریود سیستم بدون

اثر دیوار (m و k به ترتیب جرم و سختی تعمیم یافته ساختمان هستند):

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

پریود سیستم با اثر دیوار:

$$T' = 0.8T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\alpha k}} \Rightarrow \alpha = 1.56$$

کاهش ۲۰ درصدی در پریود به معنای افزایش ۵۶ درصدی در سختی است. یعنی فرض شده است که وجود دیوار باعث شده که سختی ساختمان به مقدار ۵۶٪ زیاد شود.

$$T \rightarrow 0.8T \Rightarrow \begin{cases} V \uparrow & (V \rightarrow \beta V) \Rightarrow \Delta \uparrow & (\Delta \rightarrow \beta \Delta) \\ k \uparrow & (k \rightarrow \alpha k = k + k_{inf}) \Rightarrow \Delta \downarrow & (\Delta \rightarrow \Delta / \alpha) \end{cases}$$

در پرسش بعدی مقدار $\beta = 1.16$ به دست خواهد آمد. اگر مقدار افزایش تغییرمکان به‌علت افزایش برش پایه، کمتر از ۵۶٪ باشد، یعنی β کمتر از ۱/۵۶ باشد، آنگاه افزایش برش پایه به‌علت کاهش پریود، منجر به افزایش جابه‌جایی جانبی سازه نخواهد شد. k_{inf} سختی دیوارهای پرکننده‌ی قاب‌ها است.

پرسش ۳۰: در چه صورتی وجود دیوار باعث می‌شود که برش پایه بیش از ۵۶٪ افزایش یابد؟

پاسخ:

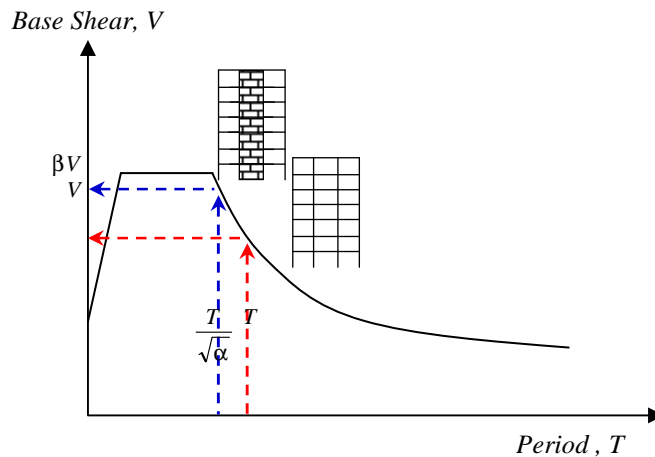
$$B = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$T' = 0.8T \quad B' = (S + 1) \left(\frac{T_s}{0.8T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{B'}{B} = \left(\frac{1}{0.8}\right)^3 = 1.16 = \frac{\Delta'}{\Delta} = \beta < \alpha = 1.56$$

پس برش پایه به علت وجود دیوار بر اساس مقدار پریود پیشنهادی آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ به مقدار ۱۶٪ افزایش می‌یابد. یعنی اگر قاب سازه‌ای بدون اثر دیوار برای تغییرمکان جانبی، کنترل شده است، دیگر نیازی به کنترل جابه‌جایی ساختمان دارای دیوار پرکننده نیست. این مطالب در شکل (۷) به‌طور شماتیک نشان داده شده است. پس مطابق آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ می‌توان گفت:

اثر مثبت دیوار پرکننده‌ی آجری در تقلیل تغییرمکان جانبی، بیشتر است از اثر منفی آن در افزایش برش پایه.



شکل ۷- افزایش بار طراحی سازه به‌علت وجود دیوار

پرسش ۳۱: بر اساس سایر آیین‌نامه‌های لرزه‌ای، اثر دیوار پرکننده بر بارگذاری و تغییرمکان سازه چیست؟

۱۵- ضابطه «۲-۸» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: نیروهای جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان

پرسش ۳۲: اجزای ساختمان و قطعات الحاقی به ساختمان برای چه نیرویی باید محاسبه شوند؟

پرسش ۳۳: برای قطعات الحاقی که با مصالح بنایی و ملات ماسه سیمان ساخته می‌شوند، مقاومت کششی مجاز مصالح و ملات را چگونه در نظر می‌گیریم؟

پرسش ۳۴: در چه صورتی دیوار پرکننده‌ی آجری به‌عنوان قطعه‌ی الحاقی در نظر گرفته می‌شود؟

پرسش ۳۵: روش محاسبه‌ی دیوار پرکننده برای شکست خارج از صفحه چگونه است؟

۱۶- ضابطه «۲-۱۰» آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰: افزایش بار طراحی در ستون‌های خاص

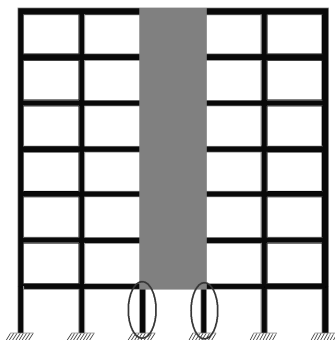
پرسش ۳۶: در موارد ضروری که یکی از اعضای جانبی باربر، مانند دیوار برشی یا قاب بادبندی شده تا روی شالوده

ادامه پیدا نمی‌کند، ستون‌هایی که این عضو را تحمل می‌کنند باید برای چه مقاومتی طراحی شوند؟

پاسخ: این ستون‌ها باید مقاومتی حداقل برابر با بارهای به دست آمده از ترکیبات زیر باشند، این ترکیبات اضافه بر ترکیباتی هستند که در طراحی سازه به‌طور معمول به‌کاربرده می‌شوند:

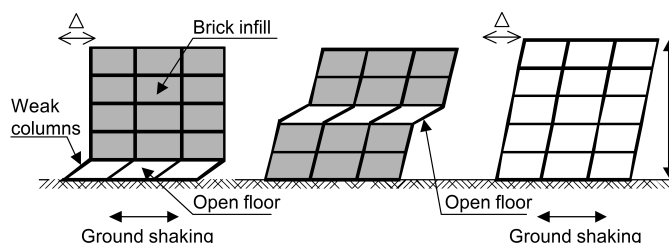
$$D + 0.8L \pm 2.8E$$

$$0.85D \pm 2.8E$$



شکل ۸- عدم امتداد دیوار برشی و بادبند

پرسش ۳۷: آیا در صورت انقطاع دیوار آجری در ارتفاع ساختمان نیز باید ترکیب بار فوق مورد استفاده قرار گیرد؟
پرسش ۳۸: در صورت وجود دیوار، آیا می‌توان مقدار $2/8$ را اصلاح کرد؟



شکل ۹- شکست طبقه‌ی نرم به‌علت انقطاع دیوار پرکننده‌ی آجری در ارتفاع ساختمان

پرسش ۳۹: به‌صورت شماتیک، منحنی ظرفیت سازه را در دو حالت شکست طبقه‌ی نرم و طراحی برای طبقه‌ی نرم نشان دهید.

پرسش ۴۰: در انتقال مود شکست از سازه‌ی معمولی به شکست طبقه‌ی نرم، چه اتفاقاتی رخ می‌دهد؟

پرسش ۴۱: چرا با وجود افزایش در سختی و مقاومت ساختمان در حالت شکست طبقه‌ی نرم، باز هم این شکست، بسیار نامطلوب است.

پرسش ۴۲: برای جلوگیری از شکست طبقه‌ی نرم چه اقدامی باید در طراحی انجام شود؟

پرسش ۴۳: میزان جذب انرژی به‌علت وجود طبقه‌ی نرم چه تغییری می‌کند؟

پرسش ۴۴: منظور از «سازه‌ی معادل با سازه دارای طبقه‌ی نرم» چیست؟

پرسش ۴۵: منحنی ظرفیت سازه در صورت عدم تأثیر دیوار پرکننده با حالت طبقه‌ی نرم و سازه معادل طبقه‌ی نرم را با یکدیگر مقایسه کنید.

پرسش ۴۶: در صورتی که برای جبران کاهش ضرایب افزونگی و فرامقاومت به‌علت شکست طبقه‌ی نرم، مقدار برش پایه‌ی طراحی به اندازه‌ی γ برابر افزایش یابد، آن‌گاه منحنی ظرفیت‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

پرسش ۴۷: منحنی ظرفیت سازه در صورت عدم تأثیر دیوار پرکننده با حالت شکست طبقه‌ی نرم با و بدون نیروی افزایشی در طراحی طبقه‌ی نرم را با یکدیگر مقایسه کنید.

پرسش ۴۸: ضوابط UBC-97 در مورد سیستم‌های باربر جانبی منقطع در ارتفاع چیست؟

پرسش ۴۹: ضوابط IBC-2003 در مورد سیستم‌های باربر جانبی منقطع در ارتفاع چیست؟

منابع

[۱]. تابش‌پور، محمدرضا؛ «تفسیر مفهومی کاربردی آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش سوم آیین-

نامه ۲۸۰۰ (جلد اول: فصل اول آیین‌نامه)»، انتشارات گنج هنر، تهران، ۱۳۸۶.

- [۲]. تابش پور، محمدرضا؛ «دیوار پرکننده آجری در قاب های سازه ای»، انتشارات فدک ایستاتیس، تهران، ۱۳۸۸.
- [۳]. تابش پور، محمدرضا؛ «بهسازی لرزه ای قاب های سازه ای دارای دیوار پرکننده آجری»، انتشارات فدک ایستاتیس، تهران، ۱۳۸۸.
- [۴]. تابش پور، محمدرضا؛ «الزامات دارای دیوار پرکننده آجری در آیین نامه ۲۸۰۰»، انتشارات فدک ایستاتیس، تهران، ۱۳۸۸.
- [۵]. تابش پور، م. ر.، فناد م. ع.، بخشی، ع.، و گل افشانی ع. ا.، "اثر دیوار آجری بر رفتار لرزه ای قاب های بتنی"، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۳.
- [۶]. آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، "استاندارد ۸۴-۲۸۰۰"، ویرایش سوم، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴.