

تأثیر دیوار پرکننده آجری بر پیود سازه‌های بتنی

محمدرضا تابش پور

استادیار، دانشگاه صنعتی شریف
tabeshpour@sharif.edu

کمیل کریمی

کارشناس ارشد عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده:

پیود اصلی سازه یکی از خصوصیات اصلی ساختمان است. پیود، نشان دهنده‌ی نسبت جرم به سختی سازه است. در محاسبات طراحی برای یک زلزله با شدت مشخص، پیود سازه، مهمترین عامل تعیین نیروی استاتیکی معادل است. در فرایند طراحی، مصالح ساختمان دارای رفتار خطی الاستیک فرض می‌شوند و از اثرات اجزای غیر سازه‌ای (مانند تیغه‌بندی و غیره) صرف نظر می‌شود. همچنین شکل ساده‌ای برای مود اصلی ارتعاش سازه در نظر گرفته می‌شود، در حالی که وجود دیوار می‌تواند پیود را تا نصف کاهش دهد.

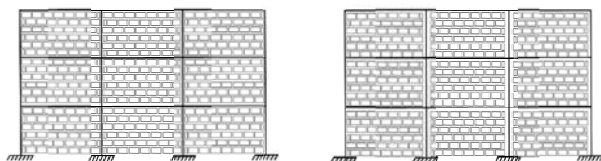
در این مقاله با محاسبه‌ی پیود سازه‌های ۳، ۵ و ۹ طبقه در حالت‌های مختلف وجود دیوار و مقایسه آن‌ها با حالت قاب‌های خالی، اثر دیوار روی پیود سازه را بررسی می‌کنیم. اثر ترک‌خوردگی نیز با وارد کردن بار ثقیلی و سپس محاسبه‌ی پیود در نظر گرفته شده است. همچنین اثر بار ثقیلی را در ترک‌خوردگی و زیاده‌تر شدن پیود سازه بررسی می‌کنیم و نشان می‌دهیم که گفته‌ی آیین-نامه (تبصره ۲ بند ۲-۳-۶) در مورد اثر ترک‌خوردگی روی پیود سازه‌های بتنی، درست می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده این است که برای وجود دیوار در تقریباً ۳۰٪ دهانه‌ها، ضریب ۰/۸ آیین‌نامه با کمی اغماض قابل قبول است، اما در صورت وجود دیوار در تمام دهانه‌ها این ضریب دست بالاست و بین ضریب آیین‌نامه و ضریب بدست آمده از مدل‌ها حدوداً ۵۵٪ تفاوت وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: دیوار پرکننده آجری، پیود، ترک خوردگی، ساختمان بتنی

مقدمه:

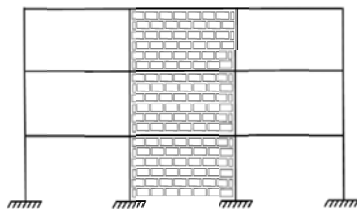
حالت: وجود دیوار بدون اتصال به قاب، هر ۳ دهانه، ۱ دهانه وسط با ۲ حالت کلی و طبقه نرم می‌باشد. در شکل ۱ تا ۵ حالت‌های مختلف قرارگیری دیوار برای سازه ۳ طبقه با دیوار ۱۷ سانتی متری نشان داده شده است. سیستم باربر جانبی قاب خمشی متوسط بوده و خاک منطقه نوع ۲ در نظر گرفته شد.

به جهت آنکه هدف بررسی اثر دیوار پرکننده آجری بر رفتار سازه می‌باشد، قاب‌های مذکور طبق روال موجود در طراحی بدون هرگونه دیوار پرکننده بر اساس آخرین استانداردهای موجود در ایران بارگذاری و طراحی شده‌اند. طراحی سازه‌ها با نرم‌افزار SAP2000 انجام شده است. برای بارگذاری ثقلی قاب‌ها از مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث ششم (آیین‌نامه ۵۱۹ بارهای وارد بر ساختمان) و برای بارگذاری لرزه‌ای از استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم استفاده شده است. بار مرده بر واحد سطح در بام ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و در طبقات ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و بار زنده در بام ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و در طبقات ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شد. بار مرده دیوار ۱۷ سانتی‌متری ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع دیوار و بار مرده دیوار ۲۳ سانتی‌متری ۱۳۳ کیلوگرم بر مترمربع دیوار در نظر گرفته شد.



شکل ۲: قرارگیری دیوار پرکننده آجری متصل با قاب در تمام دهانه‌ها

شکل ۱: قرارگیری دیوار پرکننده آجری با وجود درز



شکل ۳: قرارگیری دیوار پرکننده آجری متصل با قاب در دهانه وسطی

پریود اصلی سازه یکی از خصوصیات اصلی ساختمان است. پریود، نشان دهنده‌ی نسبت جرم به سختی سازه است. در محاسبات طراحی برای یک زلزله با شدت مشخص، پریود سازه، مهمترین عامل تعیین نیروی استاتیکی معادل است. در فرایند طراحی، مصالح ساختمان دارای رفتار خطی الاستیک فرض می‌شوند و از اثرات اجزای غیر سازه‌ای (مانند تیغه‌بندی و غیره) صرف نظر می‌شود. همچنین شکل ساده‌ای برای مود اصلی ارتعاش سازه در نظر گرفته می‌شود، در حالی که وجود دیوار می‌تواند پریود را تا نصف کاهش دهد [۱ و ۲]. در این مقاله با محاسبه‌ی پریود سازه در حالت‌های مختلف وجود دیوار از قبیل: وجود دیوار در تمام دهانه‌ها، وجود دیوار در دهانه وسطی، در دو حالت کلی و طبقه نرم و مقایسه آن‌ها با حالت قاب خالی اثر دیوار روی پریود سازه را بررسی می‌کنیم. اثر ترک-خوردگی نیز با وارد کردن بار ثقلی و سپس محاسبه‌ی پریود در نظر گرفته شده است [۳].

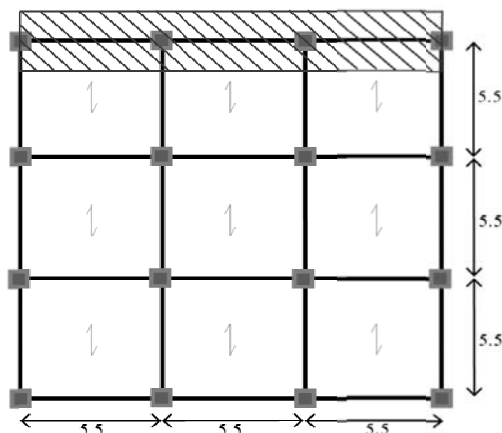
همچنین اثر بار ثقلی را در ترک‌خوردگی و زیاده‌تر شدن پریود سازه بررسی می‌کنیم و نشان می‌دهیم که گفته‌ی آیین‌نامه ۲۸۰۰ (تبصره ۲ بند ۲-۳-۶) در این مورد که اثر ترک‌خوردگی روی پریود را در سازه‌های بتنی با در نظر گرفتن ممان اینرسی مقاطع تیرها برابر $0.5 I_g$ و ممان اینرسی مقاطع ستون‌ها برابر I_g وارد می‌کند، درست می‌باشد [۴].

بر طبق تبصره ۱ از بند ۲-۳-۶ آیین‌نامه ۲۸۰۰ به جای بکار بردن روابط تجربی محاسبه پریود می‌توان زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان (T) را با استفاده از روش‌های تحلیلی به‌دست آورد، ولی در هر صورت مقدار آن نباید از $1/25$ برابر زمان تناوب حاصل شده از رابطه تجربی بیشتر در نظر گرفته شود. آیین‌نامه UBC و بنگلادش هم چنین محدودیتی را برای استفاده از زمان تناوب تحلیلی لحاظ می‌کند [۵].

مدل‌های مورد بررسی

سازه‌های مورد بررسی در این تحقیق، قاب‌های ۳ طبقه ۳ دهانه، ۵ طبقه ۳ دهانه، ۹ طبقه ۳ دهانه واقع در شهر شاهرود می‌باشند. طول دهانه‌ها برابر ۵٫۵ متر و ارتفاع طبقه اول ۳٫۵ متر و ارتفاع طبقات دیگر ۳ متر می‌باشد. چیدمان دیوار هم به ۵

پلان سازه‌های مورد بررسی به صورت زیر می‌باشد.



شکل ۴: پلان تمام سازه‌ها

$$C = \frac{ABI}{R} \quad (1)$$

$$V = CW \quad (2)$$

برش پایه محاسبه شده سهم قاب محور ۱ خواهد بود که در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج پریود سازه‌ها

نتایج محاسبه‌ی پریود در حالات مختلف در جدول ۶ نشان داده شده است: در این جداول (T1 2800) از رابطه ۳ که همان رابطه (۲-۶) آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد به دست می‌آید و از رابطه ۴ (T1 2800+Masonry) بدست می‌آید.

$$T = 0.07H^{\frac{3}{4}} \quad (3)$$

$$T = 0.056H^{\frac{3}{4}} \quad (4)$$

طراحی سازه‌ها

وزن قاب با در نظر گرفتن بار مرده بعلاوه ۲۰ درصد بار زنده، بعنوان بار موثر لرزه‌ای خواهد بود. محاسبات نیروی جانبی ناشی از زمین‌لرزه با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ به صورت زیر می‌باشد:

جدول ۱: نیروی وارد بر قاب ۱ در سازه‌های مورد بررسی

Story	A	B	I	R	C	W (Ton)	V (Ton)
۳	۰.۳	۲/۵	۱	۷	۰/۱۰۷	۲۰۷/۳۱	۲۲/۲
۵	۰.۳	۲/۳۵۵	۱	۷	۰/۱	۳۷۰/۶۵	۳۷/۰.۶
۹	۰.۳	۱/۷۶۸	۱	۷	۰/۰۷۵۴	۸۰۴/۱۷	۶۰/۶۳

جدول ۲: نیروی وارد بر قاب ۱ در سازه‌های مورد بررسی

9 Story				5 Story				3 Story				NO.Story
23 cm infill wall		17 cm infill wall		23 cm infill wall		17 cm infill wall		23 cm infill wall		17 cm infill wall		Infill
3 bay	1 bay	3 bay	1 bay	3 bay	1 bay	3 bay	1 bay	3 bay	1 bay	3 bay	1 bay	No. of Infill
0.84062	0.84062	0.8406	0.8406	0.5468	0.5468	0.5468	0.5468	0.3788	0.3788	0.3788	0.3788	T1 2800
0.6725	0.6725	0.6725	0.6725	0.4374	0.4374	0.4374	0.4374	0.303	0.303	0.303	0.303	T1 2800+Masonry
1.2974	1.2974	1.2974	1.2974	1.1049	1.1049	1.1049	1.1049	0.6689	0.6689	0.6689	0.6689	Sap 0.5Ig, Ig(Bare Frame)
0.6107	0.9012	0.6779	0.9446	0.4191	0.7442	0.4665	0.796	0.26719	0.5330	0.2992	0.5440	T1 sap + strut
0.9358	0.9358	0.9358	0.9358	0.6878	0.6878	0.6878	0.6878	0.506613	0.5066	0.5066	0.5066	OpenSees befor gravity load
1.2477	1.2477	1.2477	1.2477	0.9907	0.9907	0.9907	0.9907	0.661279	0.6612	0.6612	0.6612	T1 OpenSees bare frame
0.5608	0.8439	0.6201	0.8827	0.3625	0.6590	0.3955	0.7131	0.240211	0.4939	0.2703	0.5197	T1 Op + strut
0.9375	0.3125	0.9375	0.3125	0.9375	0.3125	0.9375	0.3125	0.9375	0.3125	0.9375	0.3125	Masonry area %
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	T Coefficient 2800
0.4707	0.6946	0.5225	0.728	0.3793	0.6735	0.4222	0.7208	0.39944	0.7524	0.4473	0.8133	T Coefficient Sap
0.4494	0.6763	0.4969	0.7074	0.3659	0.6651	0.3992	0.7197	0.36325	0.747	0.4083	0.766	T Coefficient OpenSees

قاب خالی در نرم‌افزار Sap با در نظر گرفتن ممان اینرسی مقاطع تیرها برابر $I_g/5$ و ممان اینرسی مقاطع ستون‌ها

نتایج پریود سازه ۵ طبقه

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود پریود مود اول در

برابر I_g برابر $0/6689$ می‌باشد و با عدد $0/6612$ که پریود مود اول در نرم‌افزار OpenSees بعد از اعمال بار ثقلی است تقریباً یکی می‌باشد، که این تصدیق تبصره ۲ بند ۲-۳-۶ آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد.

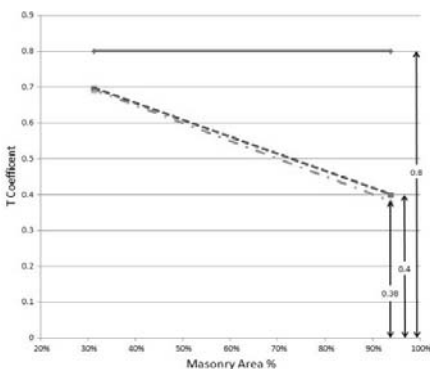
در جدول ذکر شده مشاهده می‌شود که در حالت‌های وجود دیوار پریود سازه کمتر می‌شود که بیان‌گر این مطلب است که سازه سخت‌تر می‌شود.

در شکل ۵ میزان تغییر در پریود سازه در حالت وجود دیوار ۱۷ و ۲۳ سانتی‌متری نسبت به پریود قاب خالی در دو نرم‌افزار Sap و OpenSees سنجیده شده است.

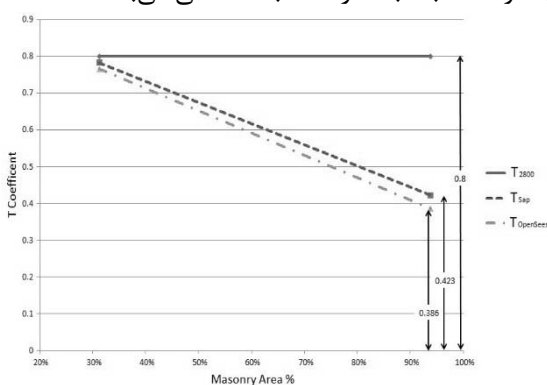
این نسبت در آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای تمامی حالات وجود دیوار برابر $0/8$ معرفی شده است در حالی که در بعضی حالات وجود دیوار در تمام دهانه‌ها در نرم‌افزار Sap به عدد $0/423$ و در نرم‌افزار OpenSees به عدد $0/386$ هم می‌رسد، که این نشان می‌دهد آیین‌نامه ۲۸۰۰ در این قسمت در خلاف جهت اطمینان کار کرده است زیرا با کمتر شدن پریود نیروی برش پایه‌ای که باید در طراحی لحاظ شود بزرگتر می‌شود، در حالی که به اشتباه سازه برای برش پایه‌ی کوچکتری طراحی شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود اختلاف اندکی بین دو نرم‌افزار وجود دارد که این اختلاف ناشی از عدم در نظر گرفتن میلگردها در محاسبه سختی در نرم‌افزار Sap می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تاثیر دیوار بر پریود در سازه ۹ طبقه کمتر از سازه‌های ۳ و ۵ طبقه می‌باشد که با توجه به سختی کمتر این سازه‌ها نسبت به سازه ۹ طبقه منطقی می‌باشد.

نتایج پریود سازه ۵ طبقه:

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود پریود مود اول در قاب خالی در نرم‌افزار Sap با در نظر گرفتن ممان اینرسی مقاطع تیرها برابر $I_g/0.5$ و ممان اینرسی مقاطع ستون‌ها برابر I_g برابر $1/1049$ می‌باشد و به عدد $0/9907$ که پریود مود اول در نرم‌افزار OpenSees بعد از اعمال بار ثقلی است خیلی نزدیک می‌باشد، که این تصدیق تبصره ۲ بند ۲-۳-۶ آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد. در جدول مذکور مشاهده می‌شود که در حالت‌های وجود دیوار پریود سازه کمتر می‌شود که بیان‌گر این مطلب است که سازه سخت‌تر می‌شود. در شکل ۶ میزان تغییر در پریود سازه در حالت وجود دیوار ۱۷ و ۲۳ سانتی‌متری نسبت به پریود قاب خالی در دو نرم‌افزار Sap و OpenSees سنجیده شده است. این نسبت در آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای تمامی حالات وجود دیوار برابر $0/8$ معرفی شده است در حالی که در بعضی حالات وجود دیوار در تمام دهانه‌ها در نرم‌افزار Sap به عدد $0/4$ و در نرم‌افزار OpenSees به عدد $0/382$ هم می‌رسد، که این نشان می‌دهد آیین‌نامه ۲۸۰۰ در این قسمت در خلاف جهت اطمینان کار کرده است زیرا با کمتر شدن پریود نیروی برش پایه‌ای که باید در طراحی لحاظ شود بزرگتر می‌شود، در حالی که به اشتباه سازه برای برش پایه کوچکتری طراحی شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود اختلاف اندکی بین دو نرم‌افزار وجود دارد که این اختلاف ناشی از عدم در نظر گرفتن میلگردها در محاسبه سختی در نرم‌افزار Sap می‌باشد.



شکل ۶: اثر دیوار در پریود سازه ۵ طبقه در نرم‌افزار Sap و OpenSees (نسبت پریود قاب با دیوار به پریود قاب خالی)



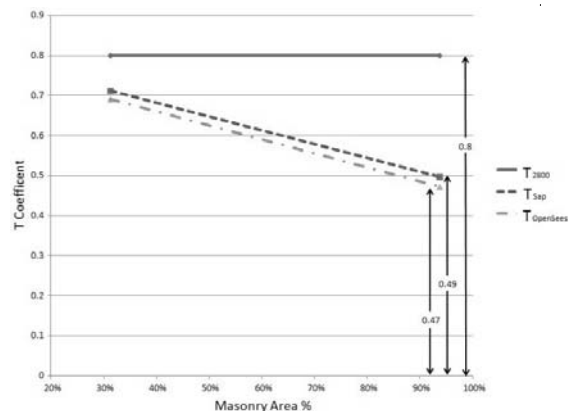
شکل ۵: اثر دیوار در پریود سازه ۳ طبقه در نرم‌افزار Sap و OpenSees (نسبت پریود قاب با دیوار به پریود قاب خالی)

نتایج پریود سازه ۹ طبقه:

نتایج محاسبه‌ی پریود در حالات مختلف در جدول ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود پریود مود اول در قاب خالی در نرم‌افزار Sap با در نظر گرفتن ممان اینرسی مقاطع تیرها برابر $0.5 I_g$ و ممان اینرسی مقاطع ستون‌ها برابر I_g برابر $1/2974$ می‌باشد و به عدد $1/2477$ که پریود مود اول در نرم‌افزار OpenSees بعد از اعمال بار ثقلی است خیلی نزدیک می‌باشد، که این تصدیق تبصره ۲ بند ۲-۳-۶ آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد.

در جدول مذکور مشاهده می‌شود که در حالت‌های وجود دیوار پریود سازه کمتر می‌شود که بیان‌گر این مطلب است که سازه سخت‌تر می‌شود. در شکل ۷ میزان تغییر در پریود سازه در حالت وجود دیوار ۱۷ و ۲۳ سانتی‌متری نسبت به پریود قاب خالی در دو نرم‌افزار Sap و OpenSees سنجیده شده است.

این نسبت در آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای تمامی حالات وجود دیوار برابر 0.8 معرفی شده است در حالی که در بعضی حالات وجود دیوار در تمام دهانه‌ها در نرم‌افزار Sap به عدد 0.49 و در نرم‌افزار OpenSees به عدد 0.47 هم می‌رسد، که این نشان می‌دهد آیین‌نامه ۲۸۰۰ در این قسمت در خلاف جهت اطمینان کار کرده است زیرا با کمتر شدن پریود نیروی برش پایه‌ای که باید در طراحی لحاظ شود بزرگتر می‌شود، در حالی که به اشتباه سازه برای برش پایه‌ی کوچکتری طراحی شده است.



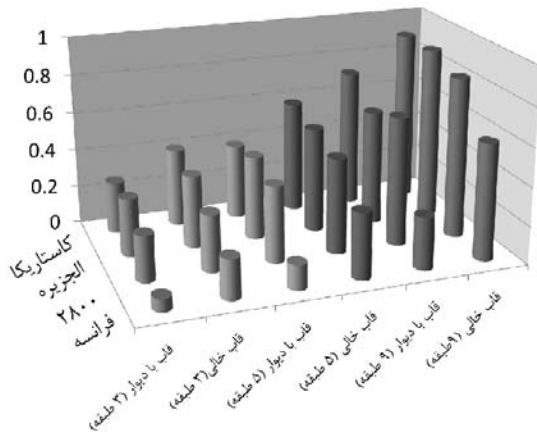
شکل ۷: اثر دیوار در پریود سازه ۹ طبقه در نرم‌افزار Sap و OpenSees (نسبت پریود قاب با دیوار به پریود قاب خالی)

روابط تجربی پریود در آیین‌نامه‌های مختلف برای

سازه‌های مورد بررسی

در جدول ۳ روابط تجربی پریود در آیین‌نامه‌های مختلف برای مدل‌های مورد بررسی آورده شده است:

اما هدف از بررسی این آیین‌نامه‌ها بررسی این موضوع می‌باشد که کدام کشورها تاثیر دیوار پرکننده آجری را در آیین‌نامه خود وارد کرده‌اند. کشورهایی از قبیل الجزیره، کاستاریکا، فرانسه و ایران تاثیر دیوار را در پریود سازه لحاظ کرده‌اند. در شکل ۸ میزان این تاثیر در سازه ۳، ۵ و ۹ طبقه بتنی مشخص شده است. همان‌طور که در شکل ۲۲ مشاهده می‌شود آیین‌نامه ۲۸۰۰ تاثیر دیوار پرکننده آجری را در پریود سازه کم در نظر می‌گیرد. آیین‌نامه الجزیره و فرانسه تاثیر دیوار را به خوبی در پریود سازه در نظر می‌گیرند.



شکل ۸: میزان تاثیر دیوار در پریود سازه ۳، ۵ و ۹ طبقه بتنی

نتیجه گیری

دیوار پرکننده آجری تاثیر بسیار زیادی در رفتار سازه در حالت الاستیک و پلاستیک دارد. دیوار پرکننده آجری به دلیل سختی اولیه بالا تاثیر زیادی در سختی سازه دارد. پریود یک سازه رابطه معکوس با سختی سازه دارد. با افزایش سختی دوره تناوب یک سازه کاهش می‌یابد. آیین‌نامه ۲۸۰۰ بر طبق بند ۶-۲، تاثیر دیوار بر پریود سازه را با ضریب کاهش 0.8 لحاظ می‌کند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده این است که برای وجود دیوار در دهانه وسطی ضریب 0.8 آیین‌نامه با کمی اغماض قابل قبول است، اما در صورت وجود دیوار در تمام دهانه‌ها این ضریب بسیار دست بالاست و بین

ضریب آیین‌نامه و ضریب بدست آمده از مدل‌ها حدوداً ۵۵٪ تفاوت وجود دارد. بدین منظور پیشنهاد می‌شود آیین‌نامه ۲۸۰۰ تاثیر میزان وجود دیوار در سازه را در این ضریب لحاظ کند. همچنین با بررسی ۱۷ آیین‌نامه در دسترس مشخص می‌شود که آیین‌نامه ۲۸۰۰ پریود سازه را کمی دست بالا در نظر می‌گیرد که این امر نیز تاثیر به‌سزایی در رفتار سازه دارد. آیین‌نامه ۲۸۰۰ ضریب $0.5I_g$ برای تیر و I_g برای تاثیر دادن ترک‌خوردگی در پریود سازه بتنی پیشنهاد می‌کند. با مقایسه دو نرم‌افزار Sap و OpenSees مشخص می‌شود که ضرایب پیشنهادی آیین‌نامه ۲۸۰۰ کاملاً دقیق می‌باشد.

مراجع

[۱] تابش‌پور، محمدرضا، "اثر دیوار پرکننده آجری بر پریود ارتعاشی سازه"، دومین همایش مقررات ملی ساختمان، شیراز، ۱۵ و ۱۶ اسفند ۸۸

[۲] تابش‌پور، محمدرضا، "الزامات دیوار پرکننده آجری در آیین‌نامه ۲۸۰۰ (دستنامه ۲۰)", انتشارات فدک ایستاتیس، تهران، ۱۳۸۸.

[۳] کریمی، کمیل؛ «بررسی الزامات تعیین ضریب رفتار سازه‌های بتنی با دیوار پرکننده آجری» پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه صنعتی شاهرود، اساتید راهنما: تابش‌پور، محمدرضا، کلات جاری، وحیدرضا، ۱۳۸۹.

[۴] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۸۴-۲۸۰۰)،

ویرایش سوم، کمیته دائمی بازنگری آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، مرکز تحقیقات وزارت مسکن، تهران، ایران، ۱۳۸۴.

[5] Amanat, Kh. M, Hoque, E., (2006) "A rationale for determining the natural period of RC building frameshaving infill" Engineering Structures 28 (2006) 495-502.

جدول ۳: روابط تجربی پریود در آیین‌نامه‌های مختلف

آیین‌نامه	T	۳ طبقه (Bare)	۳ طبقه (Infill)	۵ طبقه (Bare)	۵ طبقه (Infill)	۹ طبقه (Bare)	۹ طبقه (Infill)
هند (IS-1893 (2002)	$T_a = 0.09h/\sqrt{d}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
السالوادور	$T = 0.073h^{0.75}$	0.395	0.395	0.5702	0.5702	0.8766	0.8766
کلمبیا (NSR-98 1998)	$T_a = 0.09h/\sqrt{d}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
کاستاریکا (۱۹۸۶)	قاب خالی	0.3	×	0.5	×	0.9	×
	قاب با دیوار	×	0.24	×	0.4	×	0.72
اتیوپی (ESCP-1 1983)	$T_a = 0.09h/\sqrt{d}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
نپال (NBC-105 (1995)	$T = 0.06h^{0.75}$	0.3246	0.3246	0.4687	0.4687	0.7205	0.7205
الجزیره (۱۹۸۸)	قاب خالی	0.4058	×	0.5858	×	0.9	×
	قاب با دیوار	×	0.2705	×	0.3905	×	0.6004
ونزلا (۱۹۸۸)	$T_a = 0.09h/\sqrt{d}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
آلبانی (۱۹۸۹)	$T_a = 0.09h/\sqrt{d}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
فرانسه (AFPS -90 1990)	قاب خالی	0.21	×	0.3434	×	0.609	×
	قاب با دیوار	×	0.0663	×	0.1294	×	0.2738
تایلند	$T_a = 0.09h/\sqrt{d}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
بنگلادش	$T = 0.073h^{0.75}$	0.395	0.395	0.5702	0.5702	0.8766	0.8766
سوریه	$T = 0.0731h^{0.75}$	0.39555	0.39555	0.571	0.571	0.8778	0.8778
مصر (۱۹۸۸)	$T_a = \frac{0.09h}{\sqrt{d}}$	0.21048	0.21048	0.34342	0.34342	0.609	0.609
آمریکا	$T = 0.055h^{0.75}$	0.2976	0.2976	0.4296	0.4296	0.6604	0.6604
ایتالیا	$T_a = 0.1h/\sqrt{d}$	0.2338	0.2338	0.3815	0.3815	0.677	0.677