بررسی فصول اول تا سوم پیش‌نویس نهایی استاندارد ۲۸۰۰

ویرایش چهارم – آذر ۹۲

علیرضا فاروقی

عضو هیات علمی و رییس دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

چکیده

مهمترین نکته در این میان، قبل از بررسی پیش‌نویس آیین‌نامه، حرکت قابل تقدیر کمیته استاندارد ۲۸۰۰، با در اختیار قراردادن پیش‌نویس ویرایش چهارم در برابر جامعه مهندسین و محققین است. این کار که برای اولین بار نسبت به دیگر ویرایشات استاندارد است، کمک می‌کند تا ابهامات و اشکالات احتمالی به حداقل رسیده، ضمن همگرایی بیشتر، استفاده از آن فراگیرتر شود.

در بخش اول این مقاله در شماره ۱ مجله، به بررسی برخی ابهامات موجود در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم، پرداخته شد. اکنون پس از ارائه پیش‌نویس نهایی استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم در آذر۹۲، برآن شدیم تا با بررسی موشکافانه‌تر، موارد مهم و تأثیرگذار این پیش‌نویس را معرفی کرده و با مقایسه آن با دیگر آیین‌نامه‌های مطرح دنیا، اختلافات را بیان کنیم.

مهمترین چالش این پیش‌نویس، بحث ساختمان‌های بلند و نیمه بلند و همچنین طیف ویژه ساختگاه است؛ به‌طوری که بندهای مورد اشاره در متن مقاله، انحرافات آشکار این پیش‌نویس را با دیگر استانداردهای معتبر نشان می‌دهد.

امید است تا با بازبینی موارد اشاره شده، هرچه بیشتر به ارتقای استاندارد ۲۸۰۰، کمکی هرچند اندک داشته باشیم.

واژه‌های کلیدی: زمان تناوب، طیف استاندارد، طیف ویژه ساختگاه، برش پایه، تحلیل دینامیکی طیفی.

مقدمه

همان‌طور که در ابتدا ذکر شد، مهمترین چالش این پیش‌نویس، بحث ساختمان‌های بلند و نیمه بلند و همچنین طیف ویژه ساختگاه است. بحث آیین‌نامه برای ساختمان‌های کوتاه و متوسط منظم، که نیازی به تحلیل طیفی و تهیه طیف ویژه ساختگاه ندارد و نیز کنترل‌هایی از قبیل زلزله حداقل یا سطح بهره‌برداری در آنها انجام نشده یا تعیین کننده نمی‌باشد، تفاوت معناداری با دیگر استانداردهای مطرح دنیا ندارد. از آنجا که چند سالی است احداث ساختمان‌های بلندتر از ۲۰ طبقه و مراکز تجاری خصوصاً در شهر تهران مرسوم شده است، لازم است تا موارد یادشده زیر، بیشتر مورد توجه قرار گرفته و بازبینی شود.

تعاریف و فصل اول (کلیات)

در این دو بخش، تغییرات عمده‌ای با ویرایش قبلی وجود ندارد، بجز موارد زیر:

۱- توضیحات و نام‌گذاری زلزله‌های اشاره شده در قسمت تعاریف با بند ۱-۲ فصل اول، یعنی زلزله‌های مبنای طراحی، همخوانی ندارد؛ به‌طور مثال: یک زلزله، ابتدا زلزله بسیار شدید و در ادامه، زلزله طرح نامیده شده است؛ و زلزله شدید و متوسط با زلزله بهره‌برداری متفاوت بوده و دلیل تعریف آنها معلوم نیست. هرچند که مطابق فصل یازدهم مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۹۲، زلزله طرح همان زلزله شدید است نه خیلی شدید.

۲- استفاده از ساختمان‌های با مصالح بنایی (علی‌الخصوص غیر مسلح) برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد در مناطق با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد (دسته‌بندی لرزه‌ای D,E,F در آیین‌نامه ASCE-7) علاوه بر اینکه کاملاً غیر اصولی و غیر منطقی است و باعث تلفات و خسارات جبران ناپذیری در این موارد می‌شود و مطابق متن آیین‌نامه ASCE-7 2010 جدول 12.2-1 نیز استفاده از آن مجاز نیست ولی متأسفانه در استاندارد ۲۸۰۰، اشاره‌ای به این مورد مهم نشده است.

Table 12.2-1 Design Coefficients and Factors for Seismic Force-Resisting Systems

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R[a]	Overstrength Factor, Ω_0[g]	Deflection Amplification Factor, C_d[b]	Structural System Limitations Including Structural Height, h_n (ft) Limits[c]				
					Seismic Design Category				
					B	C	D[d]	E[d]	F[e]
10. Detailed plain masonry shear walls	14.4	2	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
11. Ordinary plain masonry shear walls	14.4	1½	2½	1¼	NL	NP	NP	NP	NP

Plain masonary: مصالح بنایی ساده (غیرمسلح)

NP: Not Permitted: غیر مجاز

Table 11.6-1 Seismic Design Category Based on Short Period Response Acceleration Parameter

Value of S_{DS}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \le S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \le S_{DS}$	D	D

Table 11.6-2 Seismic Design Category Based on 1-S Period Response Acceleration Parameter

Value of S_{D1}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \le S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \le S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \le S_{D1}$	D	D

فصل دوم (حرکت زمین)

۱- در بند ۲-۲، لازم است تا به مفهوم A یعنی شتاب روی سنگ بستر اشاره شده تا با شتاب سطح زمین، اشتباه نشود. این مسئله در استفاده از طیف ویژه ساختگاه و نیز زلزله حداقل، مطابق رابطه ۳-۲، ایجاد شبه می‌کند.

۲- مهمترین نکته پیش‌نویس مربوط به تعریف طیف، است. در بند ۲-۵، تعریف مهمی از "حرکت زمین در زلزله طرح" ذکر شده است که این قابلیت را دارد تا در بندهای دیگر، مرجعی برای تمامی محاسبات باشد و از معرفی چندباره B,A در هر بخش پرهیز شود (همانند بند 11.4 آیین نامه ASCE7-10):

در بند ۲-۵-۱، طیف استاندارد برابر ABI/Ru معرفی شده که مجدداً همین رابطه در بند ۳-۳-۱ به عنوان ضریب زلزله معرفی می‌گردد که منطقی به‌نظر نمی‌رسد؛ همچنین در بند ۲-۵-۲ همین بخش، استفاده از طیف ویژه ساختگاه برای همه سازه‌ها مجاز دانسته شده ولی متأسفانه امتیاز و یا محل استفاده از آن در هیچ کجای آیین‌نامه ذکر نشده است؛ در صورتی‌که در بند 12.8.1.1 آیین‌نامه ASCE7-10 و در محاسبه برش پایه، استفاده از طیف ویژه ساختگاه بجای طیف استاندارد (محاسبه شده در بند 11.4.7 آیین‌نامه ASCE7-10) مجاز دانسته شده و در بند 21.4 آیین‌نامه ASCE7-10 نیز صراحتاً اعلام شده که شتاب طیفی ویژه ساختگاه، جایگزین شتاب طیفی استاندارد در محاسبه برش پایه می‌گردد:

21.4…..

For use with the Equivalent Lateral Force Procedure, the site-specific spectral acceleration, S_a, at T shall be permitted to replace S_{D1}/T in Eq. 12.8-3 and $S_{D1}T_L/T^2$ in Eq. 12.8-4. The parameter S_{DS} calculated per this section shall be permitted to be used in Eqs. 12.8-2, 12.8-5, 15.4-1, and 15.4-3. The mapped value of S_1 shall be used in Eqs. 12.8-6, 15.4-2, and 15.4-4.

12.8 EQUIVALENT LATERAL FORCE PROCEDURE

12.8.1 Seismic Base Shear

The seismic base shear, V, in a given direction shall be determined in accordance with the following equation:

$$V = C_s W \qquad (12.8\text{-}1)$$

where

C_s = the seismic response coefficient determined in accordance with Section 12.8.1.1
W = the effective seismic weight per Section 12.7.2

12.8.1.1 Calculation of Seismic Response Coefficient

The seismic response coefficient, C_s, shall be determined in accordance with Eq. 12.8-2.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \qquad (12.8\text{-}2)$$

where

S_{DS} = the design spectral response acceleration parameter in the short period range as determined from Section 11.4.4 or 11.4.7

R = the response modification factor in Table 12.2-1

I_e = the importance factor determined in accordance with Section 11.5.1

The value of C_s computed in accordance with Eq. 12.8-2 need not exceed the following:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \text{for} \quad T \le T_L \qquad (12.8\text{-}3)$$

$$C_s = \frac{S_{D1}T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \text{for} \quad T > T_L \qquad (12.8\text{-}4)$$

11.4.7 Site-Specific Ground Motion Procedures

The site-specific ground motion procedures set forth in Chapter 21 are permitted to be used to determine ground motions for any structure.

همچنین ممکن است در برخی مناطق با خطر نسبی زلزله بسیار بالا و نزدیک گسل و یا با پریود پایین، مقدار طیف ساختگاه، بیشتر از طیف استاندارد بوده و لازم است مبنای محاسبه برش پایه باشد. لذا پیشنهاد می‌شود برای مرجع قراردادن بند ۲-۵ در تمامی محاسبات، طیف معرفی شده در بند ۲-۵، به عنوان A.B=Sa معرفی و ضریب زلزله در بند ۳-۳-۱، به‌صورت C=Sa.I/Ru تعریف گردد (همانند رابطه 12.8-2 در ASCE7-10) که با این کار، علاوه بر جلوگیری از تعریف چندباره طیف، هرجا طیف استاندارد موجود باشد استفاده شده و هرجا طیف ویژه ساختگاه وجود داشته باشد، منظور گردد.

فصل سوم (محاسبه ساختمان‌ها در برابر زلزله)

۱- مطابق بند 12.9.4.1 آیین نامه ASCE7-10، علاوه بر کاهش برش پایه تا ۸۰ درصد، در صورت استفاده از طیف ویژه ساختگاه در محاسبه برش پایه استاتیکی، امکان کاهش برش پایه درصورت انجام تحلیل دینامیکی طیفی (اگر برش طیفی کمتر از استاتیکی باشد) تا ۸۵ درصد نیز گنجانده شده، صرف نظر از اینکه برش پایه از طیف استاندارد یا ویژه ساختگاه محاسبه شده باشد. مطابق همین بند، کاهش برش پایه شامل برش حداقل نیز می‌شود که در سازه‌های بلند مرتبه، بسیار تعیین کننده است (محاسبه برش V از بند 12.8 بوده که شامل تمام موارد فوق می‌شود). لذا مجدداً پیشنهاد می‌شود

برای مرجع قراردادن بند ۲-۵ در تمامی محاسبات، در بند ۳-۴-۱-۴، بخش اصلاح مقادیر بازتاب‌ها، جمله "نیروی محاسبه شده در بخش ۳-۳-۱" جایگزین جمله"برش پایه بر اساس رابطه ۳-۱ و با استفاده از طیف استاندارد" شود؛ که هر دو منظور را در خود دارد. در متن پیش‌نویس کنونی در این قسمت نیز امتیازی برای استفاده از طیف ویژه ساختگاه داده نشده است.

12.9.4.1 Scaling of Forces

Where the calculated fundamental period exceeds C_uT_a in a given direction, C_uT_a shall be used in lieu of T in that direction. Where the combined response for the modal base shear (V_t) is less than 85 percent of the calculated base shear (V) using the equivalent lateral force procedure, the forces shall be multiplied by $0.85\frac{V}{V_t}$:
where

V = the equivalent lateral force procedure base shear, calculated in accordance with this section and Section 12.8

۲- پیشنهاد می‌گردد مطابق تمامی بندهای ذکر شده در بالا، در بند ۳-۱۱-۲ نیز استفاده از طیف ویژه ساختگاه (در صورت عدم تهیه طیف زلزله سطح بهره‌برداری) مطابق تعریف بند ۲-۵، در زلزله سطح بهره‌برداری نیز مجاز دانسته شود. یادآوری می‌گردد زلزله سطح بهره‌برداری برای سازه‌های مهم، تعیین کننده است.

۳- اصلاح شتاب‌نگاشت‌ها در بند ۲-۵-۳-۲ و مقایسه متوسط طیف SRSS آنها با ۱/۳ برابر طیف استاندارد، بسیار دست بالا است و روش عنوان شده در بند ۲-۱-۴ استاندارد که ۱۰۰ درصد زلزله در یک جهت با ۰/۳ زلزله در جهت دیگر ترکیب می‌کند نه با ۸۰ درصد، آن را نقض می‌کند: $\sqrt{1^2 + 0.8^2} = 1.3$ ، لذا مطابق بند ۱۶-۱-۳-۲ آیین‌نامه ASCE7-10، اولاً پیشنهاد می‌شود تا بجای مقایسه آن با ۱/۳ طیف، با خود طیف مقیاس شود که به معنای همان ترکیب ۱۰۰ با ۳۰ درصد زلزله‌ها در دو جهت متعامد باشد $\sqrt{1^2 + 0.3^2} = 1.04$. ثانیاً مطابق مفهوم یاد شده برای مرجع قراردادن بند ۲-۵ در تمامی محاسبات و متن صریح بند یاد شده فوق (بند ۱۶-۱-۳-۲) این مقایسه با طیف اشاره شده در بند ۲-۵ (یعنی استاندارد یا ویژه ساختگاه) انجام شود.

16.1.3.2….

. Each pair of motions shall be scaled such that in the period range from $0.2T$ to $1.5T$, the average of the SRSS spectra from all horizontal component pairs does not fall below the corresponding ordinate of the response spectrum used in the design, determined in accordance with Section 11.4.5 or 11.4.7.

۴- کنترل تغییرمکان نسبی در بند ۳-۵-۳ برای ساختمان‌های بلند مرتبه با زلزله مینیم مطابق بند 12.8.6.1 آیین‌نامه ASCE7-10، الزامی نیست. رابطه جایگرین معرفی شده اولاً برای مناطق با زلزله بسیار شدید (تقریبا A>0.4g) لازم است ثانیاً نسبت به رابطه ۳-۲ پیش‌نویس تا ۳۰ درصد، دست پایین‌تر است. این اثر برای سازه‌های بلند مرتبه بسیار تعیین کننده است و باعث افزایش قابل توجه وزن اسکلت می‌گردد.

12.8.6.1 Minimum Base Shear for Computing Drift

The elastic analysis of the seismic force-resisting system for computing drift shall be made using the prescribed seismic design forces of Section 12.8.

EXCEPTION: Eq. 12.8-5 need not be considered for computing drift.

C_s shall not be less than

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01 \qquad (12.8\text{-}5)$$

In addition, for structures located where S_1 is equal to or greater than $0.6g$, C_s shall not be less than

$$C_s = 0.5 S_1/(R/I_e) \qquad (12.8\text{-}6)$$

۵- در بند ۳-۳-۳، علاوه بر اینکه افزایش زمان تناوب تجربی تا ۲۵٪ برای بسیاری از حالات، بسیار سخت‌گیرانه است و افزایش ۲۵ تا ۴۰ درصدی برای مناطق با خطر نسبی زلزله متفاوت، مطابق ASCE7 پیشنهاد می‌شود زمان تناوب سیستم دوگانه قاب خمشی و مهاربند برون‌محور مشخص نبوده که البته در ASCE7 جدول 12.2-1 ردیف D1,B1 برابر هر دو حالت قاب ساده و خمشی دوگانه همان $0.07H^{3/4}$ است؛ همچنین در خصوص استفاده از میان‌قاب در این سیستم نیز اظهار نظر مشخصی نشده است.

۶- در بند ۳-۴-۱-۸، در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه برای سازه‌های نامنظم علی‌الخصوص هندسی و یا نامنظمی سیستم باربر جانبی در ارتفاع و به‌طور ویژه در سازه‌های خاص و بلند مرتبه که تأثیرات دوران و تغییرشکل‌های خاک، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر روی سازه دارد الزامی به نظر می‌رسد ولی اشاره‌ای نشده است.

۷- در روش اشاره شده در بند ۳-۱-۴ درخصوص ترکیب ۱۰۰ و ۳۰ درصد نیروهای افقی، مطابق بند 5.3.1.2 آیین‌نامه نیوزیلند، استفاده از آن به‌جای یافتن زاویه بحرانی تنها در سازه‌های دارای دو سیستم لرزه‌ای عمود برهم مجاز است.

5.3.1.2 *Nominally ductile and brittle structures*

For nominally ductile and brittle structures an action set comprising 100% of the specified earthquake actions in one direction plus 30% of the specified earthquake actions in an orthogonal direction to this shall be applied as follows:

(a) For seismic-resisting systems located along two perpendicular directions, the action set shall be applied separately in each perpendicular direction (100% on the first axis with 30% on the second axis, and then 30% on the first axis and 100% on the second axis); or

(b) For seismic resisting systems not located along two perpendicular directions the action set shall be applied in sufficient directions so as to produce the most unfavourable effect in any structural member.

۸- زمان تناوب اصلی معرفی شده در بند ۳-۳-۵-۹ قسمت ۲- ب، قاعدتاً باید زمان تناوب تحلیلی باشد؛ زیرا در سازه‌های چند برجی، مقایسه باید با مدل‌سازی هر برج و سازه زیرین به تنهایی صورت پذیرد که در زمان تناوب تجربی مدل‌سازی برج‌ها به تنهایی یا با یکدیگر فقط ارتفاع مؤثر است که در این خصوص شفافیت مناسب را ندارد.

۹- در بند ۳-۴-۱-۷، سهم ۵۰ درصدی مهاربندها و دیوارهای برشی در سیستم دوگانه، از قلم افتاده است.

۱۰- در جدول ۳-۵، ضریب رفتار قاب خمشی متوسط + مهاربند واگرای ویژه فولادی از قاب ساده به‌همراه مهاربند واگرای ویژه فولادی، ۱ واحد کوچکتر داده شده که منطقی به‌نظر نمی‌رسد؛ علاوه بر این، تأثیر رفتار لینک برشی و خمشی بر سیستم‌های دوگانه همراه با مهاربند واگرای ویژه فولادی، ذکر نشده است.

منابع:

۱- پیش نویس نهایی استاندارد ۲۸۰۰ - ویرایش چهارم، آذر ۱۳۹۲.

۲- علیرضا فاروقی؛ مشکلات رایج طراحان در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها، ماهنامه فنی مهندسی استحکام ساختمان، شماره ۱، مهر ۱۳۹۲.

3- Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures-ASCE7-2010.

4- Structural Design Actions Part 5 : Earthquake actions –New Zealand-NZS 1170.5:2004.