

ارزیابی طیف‌های طراحی استاندارد ۲۸۰۰ با مقایسه با استاندارد نیوزیلند (NZS-1170.5) و نقدی بر روش اعمال اثرات جهت‌داری زلزله در ساختگاه‌های حوزه نزدیک

احمد نیکنام^{*}، احسان یوسفی دادرس، علی مزارعی

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۳ شهریور ۱۳۹۵
بازنگری: ۲۲ اسفند ۱۳۹۵
پذیرش: ۲۸ اسفند ۱۳۹۵
ارائه آنلاین: ۳۱ خرداد ۱۳۹۶

کلمات کلیدی:

فاکتور خطر
شتاب مبنای طرح
شکل طیفی
اعمال اثرات حوزه نزدیک
استاندارد نیوزیلند

چکیده: این نوشتار برآنست که طیف‌های طراحی استاندارد ۲۸۰۰ را با مقایسه با ضوابط استاندارد نیوزیلند به دلیل شباهت‌های ظاهری نظیر دو پارامتری بودن مورد ارزیابی قرار دهد. هر دو استاندارد شتاب‌های طیفی با احتمال ده درصد در پنجاه سال را با زتاب می‌دهند. موارد ارزیابی شامل شتاب مبنای طرح (A) در استاندارد ۲۸۰۰ و فاکتور خطر (Z) در استاندارد نیوزیلند شکل‌های طیفی در بازه‌های شتاب ثابت و حداکثر سرعت ثابت روی انواع چهارگانه خاک و پارامتر اعمال اثرات جهت‌داری در حوزه نزدیک N(T) در استاندارد ۲۸۰۰ و N(D,T) در استاندارد نیوزیلند می‌باشند. با استفاده از روش مبتنی بر تحلیل خطر، مقادیر شتاب‌های طیفی استاندارد ۲۸۰۰ با اعمال اثرات جهت‌داری بطور کیفی ارزیابی شده است. نتایج کیفی این مقاله نشان می‌دهد که مقادیر شتاب‌های طیفی استاندارد ۲۸۰۰ در زمان تناوب‌های میانی (تا ۲ ثانیه) باید افزایش و در زمان تناوب‌های بلند (بزرگتر از ۲ ثانیه) باید کاهش داده شود. به بیان دیگر شتاب‌های طیفی برای ساختمان‌های با ساخت و ساز فراوان در حوزه نزدیک کمتر از مقدار مورد نیاز است.

۱- مقدمه

شروع گسلش در سطح زمین) ممکن است با ضربات نسبتاً قوی ناشی از انرژی مستهلک نشده امواج زلزله و دامنه زیاد در شروع تاریخچه زمانی سرعت مواجه شود. این زمین لرزه‌ها ممکن است از دو ویژگی برخوردار باشد که در زلزله‌های با فاصله دور دیده نمی‌شود یکی اثرات جهت‌داری پیش سوی^۱ و دیگری پدیده اثرات جابجایی ماندگار^۲ که تا کنون خسارات مالی و جانی زیادی ناشی از آن به بار آورده است [۴ و ۵].

به‌طور فشرده در شروع تاریخچه زمانی زلزله با بزرگای از ۶ ریشتر به بالا در ساختگاه‌های حوزه نزدیک به‌ویژه اگر ساختگاه‌ها در راستای صفحه گسلش باشد ضرباتی^۲ وارد می‌آید. چون شتاب تغییرات سرعت را با زتاب می‌دهد، ضربات یاد شده در شروع تاریخچه زمانی سرعت که عمدتاً با زمان تناوب زیاد و دامنه بلند همراه است. در همان زمان تناوب (که از زمان تناوب ۰/۶ ثانیه به بالا دیده شده است [۴] به شتابی قوی تبدیل می‌شود. این شتاب در بازه حداکثر سرعت ثابت طیف شتاب به صورت کوهانی نمایان می‌شود که به آن جهت‌داری زلزله گفته می‌شود. شکل ۱ دو طیف را نشان می‌دهد که هر دو مربوط به زلزله در فاصله برابر ساختگاه تا گسل مسبب می‌باشد و تفاوت منحنی آنها قابل مشاهده است. شکل ۱ نمونه‌ای از طیف‌های دو

انگیزه اصلی این پژوهش چالش‌های ناشی از تغییرات طیف‌های طراحی ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ نسبت به ویرایش سوم است. ضمن اینکه امروزه بخش‌های تغییر داده نشده آن نظیر ارائه دو پارامتری بودن $[A \times B(T_1)]$ و یا عدم رعایت فاصله ساختگاه تا گسل [۱]، روش اعمال اثرات جهت‌داری در حوزه نزدیک [۲]، مقایسه برش پایه استاندارد ۲۸۰۰ با دیگر آئین نامه‌ها [۳] قبلاً مورد نقد قرار داده شده است. آنچه در ویرایش جدید چالش برانگیز است به دو تغییر عمده آن بر می‌گردد. یکی تغییر توان زمان تناوب از $[T^{2/3}]$ در ویرایش سوم به $[T]$ در ویرایش جدید و دیگری اعمال اثرات حوزه نزدیک با پارامتر N(T) است $[B = NB_1(T)]$ که ظاهراً هر دو از استاندارد نیوزیلند (NZS-1170.5-4) اقتباس شده است. این مقاله بر آن است که این اقتباس را مورد نقد و ارزیابی قرار داده و نقائص آن را با توجه به اطلاعات امروزه مهندسی با الهام از اطلاعات طیف‌های نیوزیلند شفاف‌سازی نماید.

۱-۱- خصوصیات شتاب نگاشت در حوزه نزدیک

ساختگاه‌ها تا شعاعی حدود ۲۰ کیلومتر از رو مرکز (تصویر افقی نقطه

1 Forward directivity

2 Fling-step

3 Velocity Pulse

^{*}نویسنده عهده‌دار مکاتبات: a_nicknam@iust.ac.ir

۲- طیف‌های کشور نیوزیلند به عنوان مرجع ارزیابی طیف‌های ایران

امروزه طیف طراحی مستقیماً از شتابنگاشت‌های ثبت شده چه در فواصل دور و چه در حوزه نزدیک استخراج می‌گردد و ارائه طیف به صورت دو بخشی نظیر آنچه در استاندارد ایران است $[A \times B(T_p)]$ به کلی منسوخ شده است. در تمامی کشورهای لرزه‌خیز فقط در دو استاندارد به صورت دو بخشی ارائه می‌شود یکی استاندارد NZS-1175-4 [۱۹] و دیگری استاندارد ۲۸۰۰ که نحوه دو بخشی بودن آنها هم تفاوت فاحشی با یکدیگر دارد که در بخش‌های بعدی باختصار به آن پرداخته می‌شود. دو دلیل موجب انتخاب استاندارد NZS-117.5-4 به عنوان مرجع ارزیابی شده است: یکی شباهت آن در دو بخشی بودن و دیگری شباهت نسبی لرزه خیزی دو کشور.

۲-۱- لرزه خیزی نیوزیلند

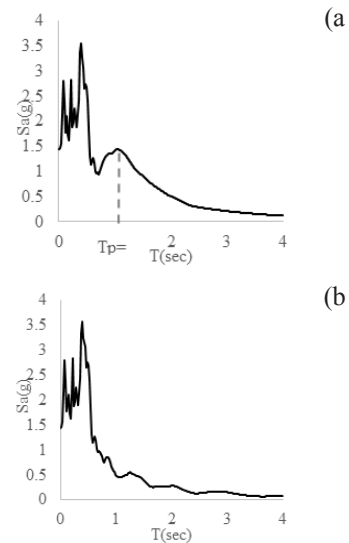
کشور نیوزیلند در جنوب اقیانوس آرام و بخش جنوبی استرالیا واقع شده و وسعت آن ۲۶۸۶۰ کیلومتر مربع (حدود ۱۶٪ ایران) با جمعیتی حدود ۴ میلیون نفر است. جدول ۱ نمونه‌ای از زلزله‌های ثبت شده و تاریخی را نشان می‌دهد. در کشور نیوزیلند خطر لرزه‌ای با پارامتر Z تعریف می‌شود و فاکتور خطر Z در این آیین‌نامه چنین تعریف شده است: فاکتور خطر برابر با نصف مقدار طیف زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال و زمان تناوب نیم ثانیه روی خاک کم عمق (نرم) می‌باشد که حداقل آن $0.13g$ و حداکثر آن در حوزه نزدیک معادل $0.6g$ می‌باشد.

نیوزیلند از سال ۱۹۳۵ دارای کد طراحی ساختمان است و تا قبل از سال ۱۹۹۲ با مشخص کردن فاکتور خطر Z به ۵ بخش تقسیم می‌گردد. مناطق شمالی A (با فاکتور خطر $0.2g$)، مناطق شمالی B (با فاکتور خطر $0.2g$ تا $0.3g$)، مناطق شمالی C (با فاکتور خطر $0.3g$ بدون اثرات جهت‌داری) و منطقه NF با فاکتور خطر بیش از $0.3g$ (مخصوص حوزه نزدیک) و بالاخره منطقه V با فاکتور خطر $0.3g - 0.2g$ از جمله آنهاست.

از سال ۱۹۹۲ فاکتور عملکرد سازه (S_p) که نسبت شکل‌پذیری جابجایی سازه به جابجایی نظیر بر اساس تساوی جابجایی خطی و غیرخطی است به استاندارد نیوزیلند وارد گردید [۲۰]. سه منطقه تقسیم بندی شده در ویرایش قبلی با نقشه‌های هم خطر با فاکتور خطر Z جدید منطقه جایگزین گردید که برای لرزه‌خیزی کم مقدار $0.6g$ و برای منطقه با لرزه خیزی زیاد برابر با $1/2$ مشخص گردید.

آنچه قابل نتیجه‌گیری است اینکه نیوزیلند کشوری است با لرزه‌خیزی بسیار زیاد که با کشور ایران قابل مقایسه می‌باشد بنابراین می‌تواند به عنوان مرجعی برای ارزیابی طیف‌های ایران مورد استفاده قرار گیرد. بویژه برای زلزله‌های با فواصل کمتر از ۲۰ کیلومتر (حوزه‌ی نزدیک) که استاندارد NZS مقدار ۶/۵ ریشتر در نظر گرفته است [۲۱] گو اینکه اینکار باید بطور مستقل برای آیین‌نامه کشور ایران انجام گیرد ولی بدلائیل زیاد از جمله در برداشتن هزینه زیاد و نواقص موجود در استاندارد این امر را تا کنون غیر عملی ساخته است.

زلزله در حوزه نزدیک را نشان می‌دهد. زمان تناوب نظیر حداکثر شتاب طیفی با T_p (Pulse Period) نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایش مقایسه طیف‌های نظیر دو زلزله در حوزه نزدیک (a) با اثرات جهت‌داری و نبود نظیر حداکثر شتاب طیفی جهت‌دار بدون اثرات جهت‌داری (T_p) (b)

Fig. 1. Illustration Comparison between two spectral at near field a) ground motion with directivity effect and has pulse-period (T_p) b) ground motion without directivity effect

۲-۱- پیشینه مطالعات جهت‌داری زلزله

سابقه ارائه پارامتر جهت‌داری زلزله به کار آقای بن مناهم بر می‌گردد که در رساله دکترا با فرمول‌های فیزیک-ریاضی پیچیده آنرا بیان کرده است [۶]. در زمینه‌ی مدل کردن جهت‌داری زلزله از منظر لرزه‌شناسی کارهای زیادی در دهه گذشته انجام شده که نمونه‌ای از آن در مرجع [۷] قابل مشاهده می‌باشد. نظریه جهت‌داری در حوزه نزدیک نیز توسط تعدادی از پژوهشگران ارائه شده است [۸-۱۱] در زمینه فروریزش ساختمان ناشی از جهت‌داری نیز گزارش‌هایی ارائه شده است [۱۲-۱۴] مطالعات سال‌های اخیر توجه خاصی به ضربه سرعت شده است. نمونه‌های آنرا می‌توان در کار کالکان [۱۵]، هال [۱۶] و همکاران [۱۶] هیتون و همکاران [۱۷] و ایوان [۱۸] نام برد. ذکر این نکته ضروری است که چون شتاب طیفی در استاندارد ۲۸۰۰ به صورت دو پارامتر A (شتاب مبنای طرح) و B (شکل طیفی) ارائه شده با روابط کاهندگی در بردارنده اثرات جهت‌داری که معمولاً به شتاب طیفی اعمال می‌گردد قابل اصلاح نیست زیرا روابط کاهندگی عمدتاً پارامتر شتاب طیفی (Sa) را با اثرات جهت‌داری مدل می‌نماید $[A \times B]$ در استاندارد ۲۸۰۰.

- 1 Kalkan
- 2 Hall
- 3 Heaton
- 4 Heaton

جدول ۱: نمونه‌هایی از زلزله‌ها گذشته نیوزیلند برای مقایسه با زلزله‌های رخ داده در ایران در استفاده از دیتای نیوزیلند

Table 1. Example of new Zealand earthquake for Comparison with Iranian earthquake

اسم رخداد	تاریخ رخداد	بزرگا	محدوده اثر-گذاری	شدت اصلاح شده مرکالی
Marlborough	۱۸۴۸ Oct ۱۶	۷/۸	Wellington	۸
Wairarapa	۱۸۵۵ Jun ۲۱	۸/۱	Wellington	۹
Murchison	۱۹۲۹ Jun ۱۶	۷/۷	Murchison	۹
Hawke's Bay	۱۹۳۱ Feb ۳	۷/۸	Napier	۱۰
Pahiatua	۱۹۳۴ Feb ۵	۷/۴	Pahiatua	۸
Wairarapa	۱۹۴۱ Jun ۲۴	۷/۲	Masterton	۸
Edgecumbe	۱۹۸۷ May ۲	۶/۶	Edgecumbe	۹
Darfield	۲۰۱۰ Sep ۳	۷/۱	Christchurch	۸

$$C_d = C_h(T) \times Z \times R \times N(T, D) \quad (1)$$

که در آن:

Z فاکتور خطر منطقه‌ای زلزله (معادل شتاب مبنای طرح با تفاوت فاحش در تعریف آن با استاندارد ۲۸۰۰)

R فاکتور دوره بازگشت سالانه زلزله (۴۷۵ سال و یا قابلیت تغییر در دوره بازگشت کمتر و بیشتر که در استاندارد ایران تعریف نشده است)

$C_h(T)$ فاکتور شکل طیفی (در استاندارد ایران با B تعریف شده است)

$N(T, D)$ فاکتور اثرات جهت‌داری در حوزه نزدیک (در استاندارد ایران با

$N(T)$ تعریف شده است)

قابل ذکر اینکه در طیف‌های نیوزیلند پارامترهای دیگری برای انعکاس عملکرد سازه (SP) و نیز شکل‌پذیری آن (KU) به صورت زیر منظور شده است:

$$V_b = C_d(T) \times W \quad (1a)$$

$$C_d(T) = C_d \times S_p / K_u \quad (1b)$$

که در آن:

S_p فاکتور عملکردی سازه (در استاندارد ایران تعریف نشده است)

K_u فاکتور شکل‌پذیری (در استاندارد ایران تعریف نشده است)

چون این دو پارامتر در استاندارد نیوزیلند مباحث سازه‌ای را نمایندگی می‌کند از بحث این نوشتار خارج است و در ارزیابی استاندارد ایران مطرح نمی‌شود.

۲-۲- مقایسه دو بخشی بودن استاندارد نیوزیلند و ایران

۲-۲-۱- استاندارد ۲۸۰۰ ایران

دو بخشی بودن طیف‌های طراحی استاندارد ۲۸۰۰ در مقایسه با استاندارد معتبر به سادگی قابل تشخیص است. طیف‌های ایران $[Sa(T_1)]$ بصورت $Sa(T_1) = A \times B(T_1)$ ارائه شده که در آن A (شتاب مبنای طرح)، که احتمال فراگذشت شتاب زمین (PGA) روی بستر سنگی را نمایندگی می‌کند. مقادیر A (درصدی از g) در هر منطقه نماینده مقدار احتمالاتی بیشینه زمین (PGA) است که احتمال بزرگتر از آن در ۵۰ سال ده درصد است ($PE = 10\%$). پارامتر $B(T)$ هم اثرات و خواص دینامیکی، محتوای فرکانسی زلزله‌ها، نوع خاک و لرزه‌خیزی منطقه را نمایندگی می‌کند. که روی هر نوع خاک و در هر زمان تناوب دارای اثرات خاصی است.

آنچه در طیف‌های دو بخشی استاندارد ۲۸۰۰ چالش برانگیز است اینکه پارامتر A مقدار احتمالاتی حداکثر شتاب زمین را نمایندگی می‌کند و فقط در زمان تناوب صفر ($T=0$) با دیگر بخش $B(T)$ مشترک است. به بیان دیگر، پارامتر A مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب صفر است که با روش احتمالاتی بدست می‌آید (کمی دور از ذهن بنظر می‌رسد) که بر حسب ادعا کل طیف (از زمان تناوب صفر تا ۵ ثانیه) را باید به صورت شکل طیفی احتمالاتی تبدیل نماید. و بالاخره، اثرات حوزه نزدیک با پارامتر $N(T)$ در شکل طیفی $B_1(T)$ ضرب می‌شود که این نکته در استاندارد نیوزیلند نیز به صورت مشابه اعمال می‌گردد.

۲-۲-۲- استاندارد نیوزیلند

ضریب زلزله این استاندارد $C_d(T)$ که از آن برش پایه با رفتار خطی حاصل می‌شود. (V_b) با استفاده از ۶ پارامتر به شرح زیر بدست می‌آید [۲۲]:

بازگشت مختلف ارائه شده است جدول شماره ۳ [۲۱] این ضریب از ۱/۸ تا ۰/۲ تغییر می‌کند. در دوره بازگشت سالانه زلزله طرح (۴۷۵ ساله) مقدار R برابر با یک است. چون زلزله استاندارد ۲۸۰۰ نیز برای این دوره بازگشت ارائه شده لذا ارزیابی استاندارد ۲۸۰۰ در این دوره بازگشت (R=۱) مورد بررسی قرار داده می‌شود. به این ترتیب اثرات پارامتر R از بحث حذف می‌گردد.

۳- تفاوت‌های عمده دو استاندارد

۳-۱-۳-۱- اختلاف کیفی در روش محاسبه شتاب مبنای طرح (A) و فاکتور خطر (Z)
در استاندارد نیوزیلند ضریبی برای اعمال اثر دوره بازگشت سالانه زلزله (R) پیش بینی شده است که طی جدولی مقادیر مختلف آن برای دوره‌های

جدول ۲: نمایش مقادیر فاکتور خطر Z در ساختمانهای با فواصل ۴ تا ۲۰ کیلومتری از گسل مسبب در استاندارد نیوزیلند برای مقایسه مقادیر شتاب مبنای طرح به دلیل یکسان بودن تقریبی مقدار عددی A و Z

Table 2. hazard factor (Z) in site with 4 until 20 km distance from causer fault in the New Zealand seismic code for comparison with basic design acceleration (A) for approximately equal value

No.	Location	Z	D (km)
۱	Waikanae	۰/۴	۲۰-۱۵
۲	Paraparaumu	۰/۴	۲۰-۱۴
۳	Masterton	۰/۴	۱۰-۶
۴	Porirua	۰/۴	۱۲-۸
۵	Wellington	۰/۴	۸-۰
۶	Eastbourne-Point Howard	۰/۴	۸-۴
۷	Wainuiomata	۰/۴	۸-۵
۸	Kaikoura	۰/۴۲	۱۲
۹	Arthurs Pass	۰/۶	۱۲

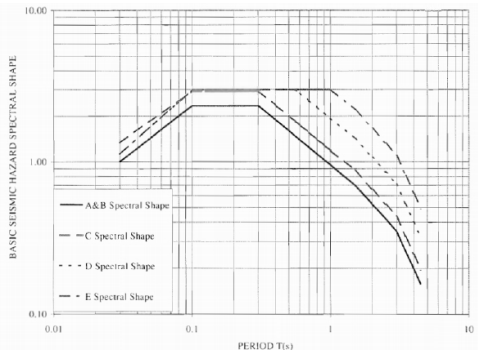
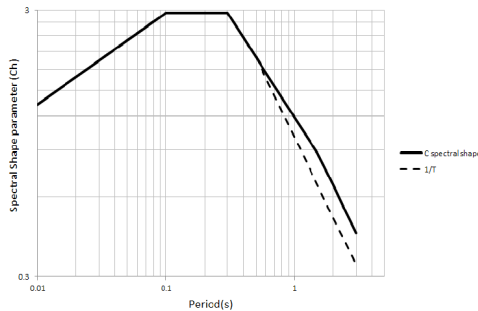
جدول ۳: مقادیر متوسط فواصل و بزرگا برای شتاب طیفی در زمان تناوب یک ثانیه روی چهار نوع خاک مطابق استاندارد ۲۸۰۰، این مقدار به صورت متوسط برای ارزیابی پارامتر N(T) در استاندارد ایران آمده است.

Table 3. Average value magnitude and distance for acceleration spectral 1 sec on four site soil condition in 2800 code. This value present as an average in Iranian code for assessment N(T) parameter

شتاب در یک ثانیه	Boore 2008	Campbell 2008	Abrahamson 2008
خاک نوع ۴	M=6.5, R=9	M=6.5, R=6.5	M=6.5, R=11
خاک نوع ۳	M=6.5, R=10.5	M=6.5, R=7.5	M=6.5, R=11.5
خاک نوع ۲	M=6.5, R=12	M=6.5, R=8	M=6.5, R=13
خاک نوع ۱	M=6.5, R=15	M=6.5, R=12	M=6.5, R=16

فاکتور خطر (Z) استاندارد نیوزیلند NZS-1170.5-4 عبارتست از نصف شتاب طیفی در زمان تناوب نیم ثانیه روی خاک نوع C. قابل ذکر اینکه طبقه بندی خاکها در استاندارد نیوزیلند با ایران متفاوت است. حداقل ۰/۱۳ و حداکثر آن ۰/۶ است. دلیل این روش انتخاب فاکتور خطر این است که نصف شتاب طیفی در پریرود نیم ثانیه معادل یک است یعنی فاکتور (Z) مقدار

نکته قابل اهمیت، اختلاف در روش محاسبه دو پارامتر A و Z است. پارامتر A حاصل از تحلیل خطر بیشینه شتاب زلزله روی زمین (PGA) است که از روابط کاهندگی مخصوص PGA استفاده می‌شود. کاربرد این نوع روابط کاهندگی در مهندس زلزله مدتهاست منسوخ شده است. فاکتور خطر Z از روی طیف استاندارد نیوزیلند پیش بینی می‌گردد. مقدار عددی



شکل ۲: شکل طیفی $C_h(t)$ مینا در چهار نوع خاک در استاندارد نیوزیلند [۱۹] برای تحلیل به روش مدی و تاریخچه زمانی

Fig. 2. $C_h(t)$ on four different soil type at New Zealand seismic code for modal and numerical integration time history method

$$C_h(0) = 1$$

$$\text{برای } 0 < T < 0.1 \quad C_h(T) = 1 + 1.35 \left(\frac{T}{0.1}\right)$$

$$\text{برای } 0.1 < T < 0.3 \quad C_h(T) = 2.35$$

$$\text{برای } 0.3 \leq T \leq 1.5 \quad C_h(T) = 1.6 \left(\frac{0.5}{T}\right)^{0.75}$$

$$\text{برای } 1.5 < T \leq 3 \quad C_h(T) = 1.05/T$$

$$\text{برای } 3 < T \quad C_h(T) = 3.15/T^2$$

(۲)

به طوریکه ملاحظه می‌شود تغییرات شکل طیفی بعد از اولین پریود گوشه (T_g) در بازه $0/3$ تا $1/5$ ثانیه از توان $0/75$ تبعیت می‌کند (به شکل شماره ۳ مراجعه شود) که به مراتب شتاب‌های طیفی آن بزرگتر از تغییرات متناسب با $1/T$ است (که مبنای تغییرات استاندارد 2800 ویرایش چهارم است) و تغییرات شتاب طیفی از زمان تناوب $1/5$ ثانیه شروع می‌شود. این شروع تغییرات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در بخش حوزه نزدیک به آن پرداخته می‌شود. نتیجه اینکه شروع تغییرات متناسب با $1/T$ که در هر دو استاندارد تحت تاثیر جهت‌داری حوزه نزدیک قرار داده می‌شود (با ضریب $N(T)$ در دو آئین‌نامه کاملاً متفاوت است. به عنوان نمونه استاندارد ایران برای طیف سنگ از $0/4$ ثانیه شروع می‌شود ($T_g=0/4$).

شتاب طیفی است که با ضرب در شکل طیفی روی آن تاثیر گذار نیست. پس می‌تواند به عنوان بیشینه شتاب زمین تلقی گردد. به همین دلیل بعضی مراجع فاکتور Z را با تقریب برابر عدد احتمالاتی نظیر PGA و یا عدد احتمالاتی بیشینه شتاب موثر زمین می‌نامند. این پارامتر با شکل طیفی C_U در استاندارد نیوزیلند کاملاً سازگار است.

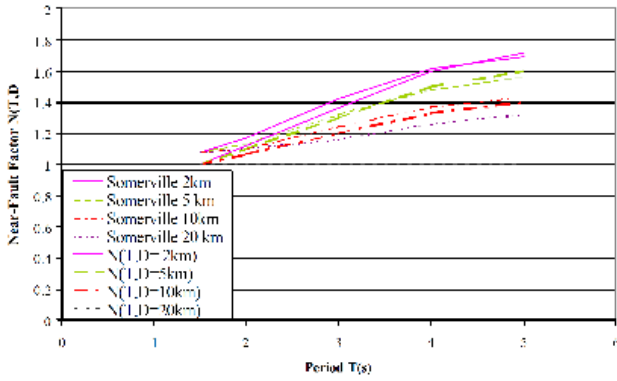
۳-۲- مقایسه کمی فاکتور خطر (Z) و شتاب مبنای طرح (A) در حوزه نزدیک (بدون اثرات جهت‌داری)

با توجه به آنچه آمد، مقدار Z نباید با شتاب مبنای طرح (هر دو برای یک سطح خطر ده درصد) اختلاف آنچنانی داشته باشد. مقادیر جدول ۲ از جدول شماره ۳،۳ استاندارد NZS-1170.5-2004 استخراج شده که در آن مقادیر فاکتور Z در فواصل 4 تا 20 کیلومتری از گسل را نشان می‌دهد (حتی نمونه $Z=0/6$ هم در ردیف ۹۷ جدول استاندارد نیوزیلند $3/3$ دیده می‌شود). مقادیر Z برای فواصل کمتر از 20 کیلومتر معادل $0/41$ است. از طرفی دیگر مقادیر شکل طیفی در استاندارد نیوزیلند برای خاک‌های نرم D و E (3 و 4 استاندارد ایران) معادل 3 می‌باشد. با یک محاسبه ساده مقدار شتاب طیفی در این دو نوع خاک برای استاندارد ایران و مناطق با لرزه‌خیزی خیلی زیاد و زیاد در بازه شتاب ثابت معادل $0/91=2/75 \times 0/35$ و $0/81=3/25 \times 0/25$ و برای استاندارد نیوزیلند معادل $3 \times 0/4=1/2$ می‌باشد یعنی اختلافی بین 25% تا 58% (بطور متوسط بین 41% - 50%) تصحیح می‌گردد.

۳-۳- اختلاف دو طیف در شکل طیفی بازه حداکثر سرعت ثابت

مهمترین تفاوت طیف طراحی در دو آئین‌نامه ایران و نیوزیلند مقادیر شکل طیفی در بازه حداکثر سرعت ثابت و یا بازه با زمان تناوب بلند است که برای اصلاح طیف به حوزه نزدیک با ویژگی جهت‌داری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طیف نیوزیلند شامل شش بخش است که سه بخش آن در بازه حداکثر سرعت ثابت قرار می‌گیرد. این بخش در طیف مربوط به زمان تناوب‌های بلندتر از T_g (زمان تناوب گوشه) می‌باشد.

مقادیر شکل طیف استاندارد ایران از پریود گوشه (T_g) به بعد متناسب با $1/T$ تغییر می‌کند که اقتباسی از استاندارد ASCE-7 [۱۹] آمریکاست در حالیکه شکل طیف در استاندارد NZS دارای دو پریود گوشه و یا بیشتر است (به شکل شماره ۲ مراجعه شود). تغییرات ضریب زلزله برای خاک نوع A و B در شکل ۲ با خط پر و به صورت دو پریود گوشه‌ای نشان داده شده است. مقادیر شکل طیفی از پریود گوشه اول تا پریود گوشه دوم بسته به نوع خاک از روابط متفاوتی تبعیت می‌کند که استاندارد 2800 فاقد آن است. به عنوان مثال بر روی خاک نوع A و یا B (سنگ) و برای تحلیل با روش‌های مدی و تاریخچه زمانی شکل طیفی از مجموع روابط زیر ساخته شده است.



شکل ۳: مقایسه ضرایب $N(T,D)$ آیین نامه نیوزیلند با ضرایب بدست آمده توسط آقای سامرویل [۴] (مرجعی که شروع مقدار اثرات جهت‌داری را از پرپود ۵/۱ ثانیه نشان می‌دهد، درحالی‌که در استاندارد ایران این اثرات از زمان تناوب گوشه (T_s) شروع می‌شود)

Fig. 3. Comparison of value $N(T,D)$ parameter in New Zealand standard and value in Somerville paper

$$N=0.4/(4-T_s)(T-T_s)+1 \quad (5)$$

با حداکثر ۱/۴ برای پرپودهای بزرگتر از ۴ ثانیه که مقادیر آن ثابت می‌ماند.

منطق فرمول ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ $[N(T)]$ فقط محدود است به انتخاب حداکثر ضریب ۱/۷ (برای مناطق با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد) و ۱/۴ (برای مناطق با خطر نسبی کم و متوسط) و درون‌یابی آن در محدوده‌های پرپود گوشه $T_s(N)=1$ و پرپود چهار ثانیه $(N=1/7)$ و یا $(N=1/4)$ غافل از اینکه حداقل شرط وجود اثرات جهت‌داری در زلزله حوزه نزدیک بزرگای از ۶ ریشتر به بالاست [۴] این در حالی است که طبق منبع اصلی استاندارد نیوزیلند (مقاله آقای سامرویل) شروع جهت‌داری از زمان تناوب ۰/۶ ثانیه توصیه شده است. همچنین در استاندارد نیوزیلند اعمال اثرات جهت‌داری از زمان تناوب ۱/۵ ثانیه توصیه شده است (شکل ۳).

شکل ۴ طیف‌های دو استاندارد را بدون اثرات جهت‌داری روی چهار نوع خاک نشان می‌دهد.

جدول ۴: مقادیر شتاب طیفی در زمان تناوب یک ثانیه با اعمال اثرات جهت‌داری با روش جدید

Table 4. spectral acceleration for 1 sec by considering new method directivity effect

نوع خاک VI	نوع خاک III	نوع خاک II	نوع خاک I
۱/۲۳	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۴۹

1 Somerville

۳-۴- اختلاف در تعریف پارامتر اثرات جهت‌داری زلزله به طیف حوزه نزدیک $N(T,D)$

امروزه اثرات جهت‌داری به مقدار متوسط شتاب طیفی حاصل از رابطه کاهندگی اثر داده می‌شود و اعمال آن به مقدار نظیر احتمال فراگذشت ده درصد است $(Sa(Ti)=\overline{(Sa(Ti))}+\delta\epsilon)$. دو استاندارد به لحاظ تعریف پارامتر (N) مورد مقایسه قرار داده می‌شود.

$N(T,D)$ مطابق آیین نامه نیوزیلند، ضریبی است که شتاب طیفی حوزه نزدیک را به طیف با ویژگی جهت‌داری تبدیل می‌نماید. به این ترتیب که در شکل طیفی $C_h(T)$ ضرب می‌شود تا اثرات جهت‌داری در طیف را اعمال نماید. برای ساختمان‌های بیش از ۲۰ کیلومتر مقدار این ضریب واحد و برای فواصل کوتاهتر این ضریب افزایش می‌یابد بطوریکه در فاصله ۲ کیلومتری و یا کمتر مقدار آن به ۱/۷۲ می‌رسد. به عنوان نمونه اعمال این اثر در استاندارد نیوزیلند در خاک نوع A و B (نظیر نوع یک استاندارد ۲۸۰۰) که از زمان تناوب ۱/۵ ثانیه شروع می‌شود با رابطه ۳ نشان داده می‌شود.

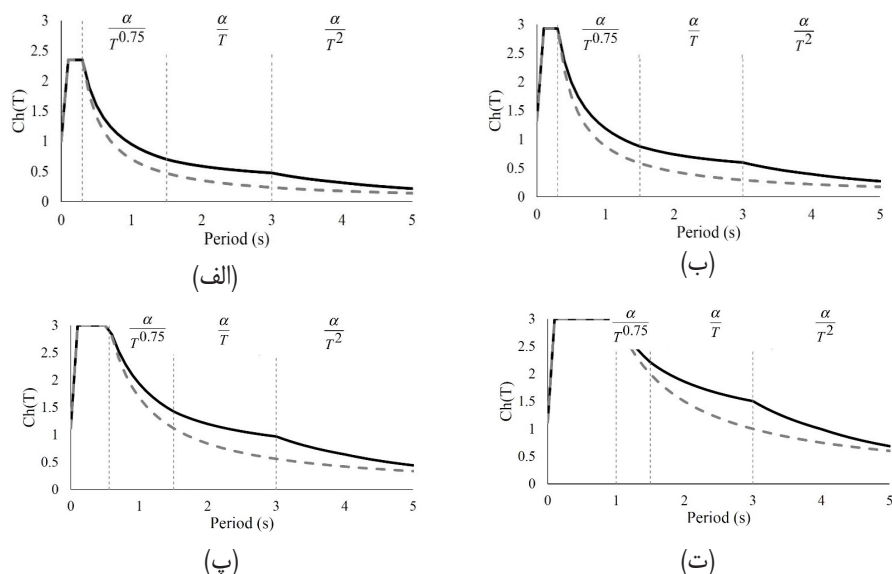
$$N(D,T)=\begin{cases} N_{max}(T) & D<2 \\ 1+\frac{(N_{max}(T)+1)(20-D)}{18} & 2<D<20 \\ 1 & D>20 \end{cases} \quad (3)$$

مقادیر N_{max} برحسب دوره تناوب طی جدولی ارائه شده است (جدول ۴ از مرجع [۲۱]). بطوریکه در تفسیر آیین نامه نیوزیلند آمده است [۱۹] محاسبه $N(T,D)$ بر اساس کار آقای سامرویل [۴] است. شکل ۳ این مقایسه را نشان می‌دهد. جدول ۴ مقادیر حداکثر ضرایب اثرات جهت‌داری N_{max} شتاب با زمان تناوب‌های در استاندارد نیوزیلند را نشان می‌دهد.

این پارامتر در استاندارد ایران با $N(T)$ معرفی شده و از طریق پرپود گوشه T_s به نوع خاک مرتبط شده است گو اینکه هیچگونه‌ای اشاره‌ای به نقش آن که اعمال اثرات جهت‌داری زلزله است نشده است. پارامتر $N(T)$ برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد به صورت رابطه ۴ آمده است.

$$N=0.7/(4-T_s)(T-T_s)+1 \quad (4)$$

با حداکثر ۱/۷ (مشابه استاندارد NZS که مقدار ۱/۷۲ توصیه شده است) برای پرپودهای بزرگتر از ۴ ثانیه که مقادیر آن ثابت می‌ماند و برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم به صورت رابطه ۵ آمده است.



شکل ۴: مقایسه شکل طیفی استاندارد نیوزیلند با شکل طیفی شتاب با ۱/۱ (الف) خاک نوع ۱ (ب) خاک نوع ۲ (پ) خاک نوع ۳ (ت) خاک نوع ۴ (اختلاف تغییرات شتاب طیفی به صورت $1/T$ در استاندارد ایران با طیف نیوزیلند کاملاً قابل مشاهده می‌باشد)

Fig. 4. Comparison of standard new Zealand spectrum by spectral acceleration with 1.1 value
a) soil type I b) soil type II c) soil type III d) soil type IV

استاندارد با یک سری تحلیل خطر بر روی چهار نوع خاک و با استفاده از روابط کاهندگی بدست آمده است. علی‌الاصول مبنای این ارزیابی این است که بزرگای متوسط در فاصله متوسط حوزه نزدیک و با استفاده از روش موجود [۸] محاسبه می‌گردد که مقدار آن در این ارزیابی ۶/۵ ریشتر است و ضریب اثرات جهت‌داری ناشی از بزرگای ۶/۵ ریشتر محاسبه و یک سوم آن به عنوان مبنای ارزیابی شتاب طیفی با مقادیر نظیر با اعمال اثرات پارامتر $N(T)$ مورد استفاده قرار داده می‌شود. در این صورت مقادیر شتاب طیفی در زمان تناوب‌های مختلف باید با استفاده از روابط زیر با احتمال فراگذشت ده درصد در پنجاه سال بدست آمده باشد.

$$\begin{aligned} \ln Sa &= \mu_{\ln Sa} + \varepsilon \delta \\ \mu_{\ln Sa} &= \ln Sa - \varepsilon \delta \\ \varepsilon &= 1.28 \end{aligned} \quad (۶)$$

که به دلیل احتمال فراگذشت ده درصد در پنجاه سال مقدار اپسیلون برابر با ۱/۲۸ می‌باشد. با توجه به اینکه اثرات جهت‌داری باید روی شتاب‌های طیفی متوسط ($\mu_{\ln Sa}$) اعمال گردد، شتاب طیفی نظیر یک ثانیه که در بازه حداکثر سرعت قرار دارد برای ارزیابی اعمال اثرات حوزه نزدیک انتخاب گردیده است (ASCE-7-2005). گام‌های مختلف کار به شرح زیر است: مقادیر شتاب‌های طیفی در زمان تناوب یک ثانیه ($T=1$) در هر چهار نوع خاک (بدون اعمال اثرات N) مشخص می‌شود (جدول شماره ۳).

۴- ارزیابی طیف‌های استاندارد ۲۸۰۰ به لحاظ اعمال اثرات حوزه نزدیک

بطوریکه قبلاً آمد، باید با اعمال ضرایبی روی مقدار متوسط شتاب طیفی با رابطه (و یا روابط) کاهندگی $[f(m,r)]$ انجام گردد [۸]. زیرا اعمال پارامتر N روی $N \times Sa(T) = [N \times f(m,r) + N \times \delta \varepsilon]$ به این دلیل درست نیست که پارامتر N در انحراف معیار ضرب می‌شود (زیرا ε با مقیاس کردن تغییر نمی‌کند [۲۰]. شاهی و همکاران [۸] نشان دادند که پارامتر N (به جای N از AF به عنوان پارامتر افزاینده استفاده شده است) باید در مقدار متوسط روابط کاهندگی $[f(m,r)]$ ضرب شود به این دلیل که انحراف معیار (δ) در این روش کاهش می‌یابد. در روش شاهی برای اصلاح مقادیر انحراف معیار به کار رفته در رابطه کاهندگی از پارامتر (RF ضریب تقلیل) پیش‌بینی شده استفاده شده است. اطلاعات دقیق این رابطه که انحراف معیار را کاهش می‌دهد در مرجع [۸] قابل دسترسی است. در این مقاله برای دسترسی به ضریب AF (بجای $N(T)$) از مرجع [۸] و ASCE [۲۳] الهام گرفته شده است. ارائه تغییرات شتاب طیفی در بازه حداکثر سرعت ثابت با اعلام اثرات جهت‌داری بصورت $1/T$ مشابه طیف‌های ASCE می‌باشد. اختلاف مقادیر پارامتر AF در چهار نوع طیف‌های استاندارد ۲۸۰۰ محاسبه و به صورت شکلی مورد مقایسه قرار داده شده‌اند.

۴-۱- ارزیابی استاندارد ۲۸۰۰ در اعمال اثرات جهت‌داری در حوزه نزدیک

در این روش فرض بر این است که طیف‌های استاندارد ۲۸۰۰ با روش

نیست و ناحیه پیش سوی که جهت‌داری در آن رخ می‌دهد تقریباً یک چهارم مناطق اطراف گسل را تشکیل می‌دهد [۴]. با توجه به عدم امکان دسترسی به خصوصیات صفحه گسلش زلزله‌های نزدیک گسل در ایران چون هدف از اینکار ارزیابی فاکتور جهت‌داری در استاندارد ۲۸۰۰ است (N)، اگر حداقل سی درصد این مقدار به عنوان ضریب افزایش ناشی از جهت‌داری تعیین گردد با اعمال ضریب افزایش طیفی (AF) مرجع [۸] در زمان تناوب یک ثانیه معادل

$1/25 = 1 + (0.3 * 0.85)$ خواهد شد (AF) که باید به طور حداقل روی شتاب‌های طیفی نظیر یک ثانیه تمامی طیف‌های چهار نوع خاک اعمال گردد. نتایج ضرائب افزایش شتاب‌های طیفی در زمان تناوب یک ثانیه روی چهار نوع خاک در جدول ۶ نشان داده شده است.

یادآوری می‌شود که تغییرات شتاب طیفی در بازه حداکثر سرعت ثابت در طیف‌های اصلاح شده همچنان با اقتباس از ASCE متناسب با $1/T$ باقی می‌ماند.

قابل ذکر اینکه شتاب‌های طیفی در بازه حداکثر شتاب ثابت نیز که لزوم آنها در مقاله [۲۲] عنوان گردیده نیز باید اصلاح گردد. جدول ۲ نشان می‌دهد که فاکتور خطر برای فواصل از ۴ تا ۲۰ کیلومتر بین ۰/۴۱ تا ۰/۴۲ است با توجه به اینکه مقادیر فاکتور Z حدوداً با شتاب مبنای طرح برابر است طبیعتاً بازه شتاب ثابت نیز باید افزایش یابد. به منظور انجام حداقل اصلاحات در طیف‌های موجود در ویرایش چهارم، حداقل اصلاح مقادیر شتاب طیفی در بازه حداکثر شتاب نیز برابر مقادیر مندرج در شکل ۵ گردیده است. به طوریکه مشاهده می‌گردد، مقادیر شتاب طیفی با روش‌های متداول اعمال اثرات جهت‌داری سازگاری ندارد.

سه رابطه کاهندگی به شرح زیر برای محاسبه مقادیر شتاب طیفی متوسط هر یک از انواع خاک‌ها انتخاب شده با این توضیح که در زمان تناوب یک ثانیه مقادیر انحراف معیارها مشخص است.

محاسبه بزرگای متوسط در ساختمان‌های حوزه نزدیک ایران: با توجه به اینکه طیف‌های استاندارد ۲۸۰۰ نظیر احتمال فراگذشت ده درصد می‌باشد، با در اختیار داشتن انحراف معیار (δ) در زمان تناوب یک ثانیه (که در هر رابطه کاهندگی میزان مشخصی است) و اسپیلون نظیر آن معادل $1/28$ و مقدار $\ln S_a(T=1)$ طبق رابطه ۶ مقدار متوسط $\mu_{\ln S_a}$ در صورت انتخاب مقدار متوسط فاصله (R) (که تابعی به صورت $f(M,R)$ است) با استفاده از مقدار $f(M,R)$ مقدار M از طریق رابطه کاهندگی بدست می‌آید. در این مطالعه حاصل این کار به مقدار $M=6/5$ انجامیده است.

به طوریکه قبلاً آمد، با الهام از روش آقایان شاهی و بیکر^۱ (که روشی برای پیش‌بینی شتاب طیفی در ساختمان‌های نزدیک گسل در بردارنده درصدی از اثرات جهت‌داری است ارائه داده اند) و با فرض اینکه زلزله با بزرگای $6/5$ ریشتر دارای حداکثر میزان افزایش شتاب طیفی (جهت‌داری) در زمان تناوب (Pulse period) T_p می‌باشد (آنچه در استاندارد نیوزلند رعایت شده است) مقدار T_p از رابطه $\mu_{\ln T_p} = -5.73 + 0.99M$ محاسبه شده است و معادل $0/8$ ثانیه می‌باشد ($T_p=0/8$ ثانیه)

با در اختیار داشتن مقدار زمان تناوب نظیر حداکثر شتاب طیفی جهت دار (T_p) متوسط ضریب افزایش شتاب طیفی $\mu_{\ln AF}$ با استفاده از مرجع [۸] معادل $1/85$ بدست آمده است. نکته قابل اهمیت این است که این عدد در حالتی است که زلزله با بزرگای $6/5$ ریشتری صد در صد دارای جهت‌داری باشد. حال آنکه زلزله در ساختمان نزدیک به گسل الزاماً با جهت‌داری همراه

جدول ۵: مقادیر حداکثر ضریب اثرات جهت‌داری متناسب با زمان‌های تناوب در استاندارد نیوزیلند؛ ارزش کیفی این مقادیر از کمی آن‌ها بیشتر است و به صورت نسبی قابل ارزیابی است

Table 5. Maximum value of directivity effect corresponding with period in new Zealand standard; .worth qualitative value more than value number

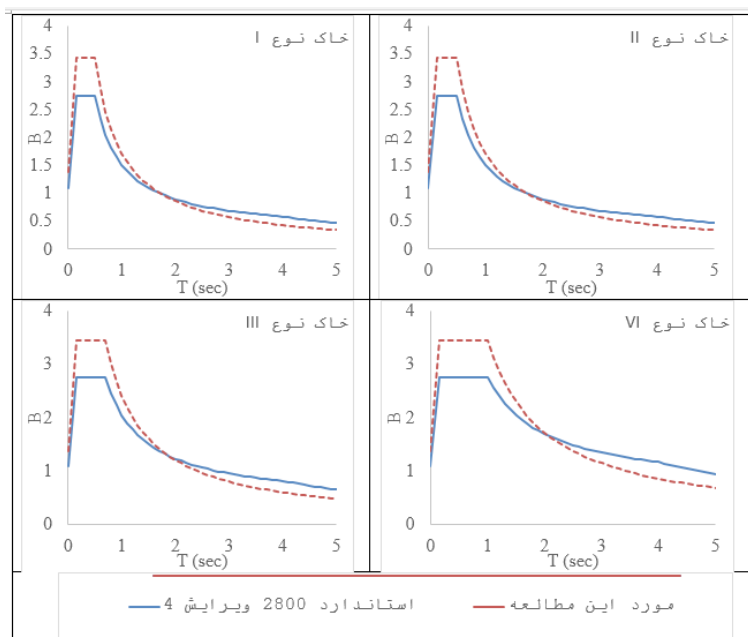
Period (sec)	$1/5 >$	۲	۳	۴	≥ 5
N_{max}	۱	۱/۱۲	۱/۳۶	۱/۶	۱/۷۲

جدول ۶: ضرائب افزایش شتاب‌های طیفی مشروط بر اینکه زلزله با بزرگای $6/5$ ریشتری همراه با جهت‌داری باشد در چهار نوع خاک (مقادیر به صورت)

Table 6. spectral acceleration amplification factor provided the earthquake more than 6.5 with directivity effect for four type soil

میزان افزایش تابع N(T)	پریود پالس	شتاب در ۱ ثانیه	نوع خاک
۱/۸۵	۰/۸	۰/۹۶	۴
		۰/۶۷	۳

1 Baker



شکل ۵: ارزیابی نسبی و کیفی مقایسه طیف های استاندارد ۲۸۰۰ و روش جدید در چهار نوع خاک در هر دو بازه شتاب ثابت و حداکثر سرعت ثابت. به طوریکه قابل مشاهده می باشد مقادیر شتاب های طیفی استاندارد ایران در بازه ی میانی دارای مقادیر کمتر و در بازه با زمان های تناوب بالا (بزرگتر از ۳ ثانیه) دارای مقادیر بزرگتری است

Fig. 5. Assessment comparative and qualitative spectrum standard 2800 and new method for four soil type at constant acceleration and constant maximum velocity period ranges. As it seen the spectrum acceleration of Iranian standard is less in middle period and more for long periods.

در حالی که به لحاظ محتوایی تفاوت فاحشی با آن دارد. اساس اعمال اثرات جهت داری در استاندارد ۲۸۰۰ یک درون یابی است با حداکثر ۱/۷ در پیروید ۴ ثانیه و حداقل ضریب یک در پیروید گوشه. در حالی که پارامتر اثرات جهت داری در استاندارد نیوزیلند با استناد از مطالعات آقای سامرویل است که از زمان تناوب ۱/۵ ثانیه شروع می شود. گو اینکه امروزه این گونه نحوه اعمال اثرات جهت داری بکلی منسوخ شده که در مقاله از روش های بروز شده تر برای ارزیابی طیف استاندارد ۲۸۰۰ استفاده شده است. با توجه به بررسی های انجام شده نتایج این مطالعه بطور فشرده بصورت زیر قابل ارائه است.

۱. تغییر روش بدست آوردن شتاب مبنای طرح (A) که بیشینه شتاب زمین روی بستر سنگی را نمایندگی می کند حداقل از روشی مستقل از شکل طیفی مانند آنچه در استاندارد نیوزیلند است انجام می گیرد.
۲. فرم شکل طیفی یا باید از طیف های آمریکا اقتباس شود یا از شکل طیفی استاندارد نیوزیلند.
۳. عدم سازگاری مقادیر شتاب طیفی با اغنال اثرات جهت داری موجود ایجاب میکند که از روش های جدید برای ارائه پارامتر اثرات حوزه نزدیک $N(T)$ به طوریکه این اثرات روی متوسط شتاب های طیفی اثر بگذارد. نمونه آن روش هایی است در مرجع [۸] به آن اشاره شده است.

۵- نتیجه گیری

طراحی و ساخت چشمگیر انواع ساختمان ها در اکثر شهرهای بزرگ ایران از یک طرف و لرزه خیز بودن بخش های عمده ای از مناطق و از طرف دیگر اهمیت ارائه طیف های طراحی بروز شده و قابل اعتمادتر در استاندارد ۲۸۰۰ را به وضوح آشکار می نماید. در این نوشتار سعی شده است برخی از چالش های موجود در طراحی طیف های موجود شفاف سازی شود. طیف های موجود به صورت دو بخشی ($A \times B$) و ظاهرا با اقتباس از استاندارد نیوزیلند تهیه شده است. تفاوت های اساسی پارامترهای تشکیل دهنده شتاب های طیفی استاندارد ۲۸۰۰ با مقادیر نظیر در استاندارد نیوزیلند مورد بررسی و ارزیابی قرار داده شده است. این نگرانی که آیا شتاب های طیفی استاندارد ۲۸۰۰ با علوم مهندسی زلزله امروزی تا چه حد سازگار است. انگیزه اصلی این نوشتار بوده است. به عنوان نمونه شتاب مبنای طرح (که در زمان تناوب صفر تعریف می شود) تنها پارامتری است که استاندارد ۲۸۰۰ را در تمامی زمانهای تناوب به مقادیر نظیر احتمال فراگذشت ده درصد در پنجاه سال تبدیل می کند. دیگر نمونه آن شکل طیفی استاندارد ۲۸۰۰ است که از طیف های آمریکا اقتباس شده در حالی که با شکل طیفی استاندارد نیوزیلند با وجود دو پارامتری بودن شباهتی ندارد.

دیگر نکاتی که در مقاله به آن توجه ویژه ای معطوف شده است پارامتر اعمال اثرات جهت داری در حوزه نزدیک $[N(T)]$ است. این پارامتر به لحاظ روش اعمال در ضرب زلزله از استاندارد نیوزیلند اقتباس شده $[N(D,T)]$

- Palm Springs CA, 2000, pp. 151-156.
- [7] B. Rowshandel, Directivity correction for the Next Generation Attenuation (NGA) relations, *Earthquake Spectra*, 26(2) (2010) 525-559.
- [8] M. Yousefi, T. Taghikhany, Incorporation of directivity effect in probabilistic seismic hazard analysis and disaggregation of Tabriz city, *Natural hazards*, 73(2) (2014) 277-301.
- [9] C. Champion, A. Liel, The effect of near-fault directivity on building seismic collapse risk, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41(10) (2012) 1391-1409.
- [10] E. Kalkan, S.K. Kunnath, Relevance of absolute and relative energy content in seismic evaluation of structures, *Advances in Structural Engineering*, 11(1) (2008) 17-34.
- [11] J.F. Hall, T.H. Heaton, M.W. Halling, D.J. Wald, Near-source ground motion and its effects on flexible buildings, *Earthquake spectra*, 11(4) (1995) 569-605.
- [12] T.H. Heaton, J.F. Hall, D.J. Wald, M.W. Halling, Response of high-rise and base-isolated buildings to a hypothetical Mw 7.0 blind thrust earthquake, *Science*, 267(5195) (1995) 206-211.
- [13] W. Iwan, Drift spectrum: measure of demand for earthquake ground motions, *Journal of structural engineering*, 123(4) (1997) 397-404.
- [14] N.Z. Standard, NZS 1170.5: 2004 Structural Design Actions Part 5: Earthquake actions—New Zealand, Wellington, New Zealand: Standards New Zealand, (2004).
- [15] R. Fenwick, G. MacRae, Comparison of New Zealand Standards used for seismic design of concrete buildings, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 42(3) (2009) 187.
- [16] G.P. Kouretzis, M.J. Masia, C. Allen, Structural Design Codes of Australia and New Zealand: Seismic Actions, in: *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Springer, 2013, pp. 1-16.
- [17] R.P. Dhakal, S.-L. Lin, A.K. Loye, S.J. Evans, Seismic design spectra for different soil classes, *Bull New Zealand Soc Earthq Eng*, 46(2) (2013) 79-87.

۴. به طور کیفی استاندارد ۲۸۰۰ در زمان‌های میانی (حدود ۲ ثانیه) مقادیر شتاب‌های طیفی کمتری و در زمان‌های تناوب بالا (بیش از ۲ ثانیه) مقادیر شتاب‌های طیفی بیشتری از روش‌های متداول امروزی را ارائه کرده است. به بیان ساده برای برج‌ها مقادیر شتاب طیفی بیشتر و برای ساختمان‌های تا حدود ده طبقه که مقدار آنها بسیار بیشتر است مقادیر طیفی کمتری ارائه کرده است.

در پایان لازم است به این نکته اشاره شود که چون در بازه‌هایی از زمان‌های تناوب بالا (حدود ۳ ثانیه) به دلیل ثابت بودن حداکثر جابجایی طیف‌های تاریخچه زمانی شتاب، ترتیبی اتخاذ گردد که شتاب‌های طیفی متناسب با $1/T^2$ تغییر نماید. این نکته هم در استاندارد ASCE و هم در استاندارد نیوزیلند رعایت شده است.

مراجع

- [1] A. Nicknam, A. Mazarei, M. Ganjvar, The assessment of design response spectra in Iran standard No. 2800 ignoring the explicit effects of splitting to two parameters, A and B(T) and site-to-source distance, 2016.
- [2] A. Nicknam, Consequences of the recently modification of Iran seismic design code (No. 2800) (due to $A^* B$ form) and proposing forward directivity effects coefficients (NA and NV), (2017).
- [3] A. Nicknam, M. Farhangdoost, A. Mazarei, M. Ganjvar, Seismic design parameters assessment of special steel moment resisting frames using the collapse margin ratio method (CMR) (Modification factor R and over-strength factor Ω_0), *Amirkabir J. Civil Eng*, 50(2) (2018) 81-90.
- [4] A. Ben-Menahem, Radiation of seismic surface-waves from finite moving sources, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 51(3) (1961) 401-435.
- [5] S.K. Shahi, J.W. Baker, An empirically calibrated framework for including the effects of near-fault directivity in probabilistic seismic hazard analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101(2) (2011) 742-755.
- [6] N.A. Abrahamson, Effects of rupture directivity on probabilistic seismic hazard analysis, in: *Proceedings of the 6th international conference on seismic zonation*,

Please cite this article using:

A. Nicknam, E. Youssefi, A. Mazarei, Iran seismic design code evaluation through comparison with NZS 1170.5 and a critical look at its directivity effects implementation, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 50(4) (2018) 725-734.
DOI: 10.22060/ceej.2017.11832.5098

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

