

مقایسه معیارهای پذیرش مهاربندهای ضربداری در روش‌های ارزیابی سریع، تفصیلی و آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی

حبیب سامی^۱ و سیدمهدی زهرایی^{۲*}

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده فنی - دانشگاه تهران
^۲ دانشیار دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده فنی - دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت ۸۵/۱۱/۲۸، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۷/۱۱/۱۴، تاریخ تصویب ۸۸/۱۰/۳۰)

چکیده

در این مقاله مقایسه پارامتریک و عددی آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی، دستورالعمل ارزیابی تفصیلی و سریع ساختمان‌های موجود برای مهاربندهای ضربداری (X- شکل) انجام می‌شود. برای مقایسه، ابتدا فرض می‌شود که ساختمان با آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی طرح شده و سپس با تعریف عوامل تبدیل و با استفاده از نسبت تنش طراحی اعضاء امکان پاسخگویی آن توسط دستورالعمل ارزیابی تفصیلی و سریع ساختمان‌های موجود برای سطح عملکرد ایمنی جانی بررسی می‌شود. با استفاده از این روش معیارهای پذیرش مهاربندهای ضربداری بررسی شده است و موارد اختلاف به صورت مشروح برای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه آورده شده و بیانگر این حقیقت است که برخی (به طور تقریبی ۵ درصد) مهاربندهای ضربداری طرح‌شده توسط آیین‌نامه طراحی از دید دستورالعمل ارزیابی تفصیلی و سریع ساختمان‌های موجود مردود هستند. در مقابل برخی اعضاء مردود از دید آیین‌نامه طراحی، از دید دستورالعمل ارزیابی تفصیلی و سریع ساختمان‌های موجود مورد قبول هستند. در ضمن با روشی مشابه و با فرض اینکه اعضاء ساختمان از دید ارزیابی سریع قابل قبول هستند، امکان پاسخگویی آن توسط دستورالعمل ارزیابی تفصیلی بررسی می‌شود. بر این اساس برخی (به طور تقریبی ۵۰ درصد) مهاربندهای ضربداری قابل قبول از دید دستورالعمل ارزیابی سریع ساختمان‌های موجود، از دید ارزیابی تفصیلی مردودند. در مقابل برخی اعضاء مردود از دید ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی مورد قبول هستند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تفصیلی، ارزیابی سریع، مهاربندهای ضربداری، معیارهای پذیرش، سطح عملکرد ایمنی جانی

مقدمه

در سال‌های اخیر پیدایش دیدگاه طراحی بر اساس عملکرد از یک طرف و توجه به ارزش اقتصادی ساختمان‌های موجود، هزینه‌های جانبی ناشی از کاربردهای مختلف آنها و ممکن نبودن توقف بهره‌برداری بسیاری از ساختمان‌ها از طرف دیگر و همچنین صدمه‌ها و خسارت‌های زلزله بر ساختمان‌ها، باعث شد تا روش‌های ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای به مرور بسط و گسترش یابند و همه ظرفیت‌های سازه مورد بررسی قرار گرفته و ضرایب اطمینان آگاهانه‌تر استفاده شوند. با توجه به فلسفه این دستورالعمل‌ها، ضرایب ایمنی در نظر گرفته شده در آیین‌نامه‌های طراحی باید از ضرایب ایمنی این دستورالعمل‌ها بزرگ‌تر باشد. با توجه به این موضوع انتظار می‌رود که سازه‌های طراحی شده مطابق آیین‌نامه‌های طراحی معمولی، توسط دستورالعمل‌های ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای نیز تأیید شوند. در واقع روش‌های ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها که در دستورالعمل‌هایی نظیر ASCE/SEI 31-03[3] و FEMA356[2]، FEMA273[1] یا دستورالعمل بهسازی (ارزیابی تفصیلی) [۴] و دستورالعمل ارزیابی سریع [۵] کشورمان بیان شده‌اند را می‌توان روش‌هایی دقیق‌تر و منطبق بر طراحی سازه‌های موجود دانست. با این حال به دلیل جدید بودن موضوع و اینکه هنوز دستورالعمل بهسازی کامل و بازبینی نشده و همچنین دستورالعمل ارزیابی سریع در حال حاضر در حد پیش‌نویس است، مواردی را می‌توان یافت که متناقض با این اصل است و مقایسه آن با ضوابط آیین‌نامه طراحی مفید به نظر می‌رسد. همچنین در مقایسه معیارهای پذیرش روش‌های ارزیابی سریع با تفصیلی، انتظار می‌رود که اعضاء مقبول از دید ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی نیز پذیرفته شوند، ولی باز هم مواردی را می‌توان یافت که متناقض با این اصل است و نیاز به مقایسه این دو روش ارزیابی نیز ضروری به نظر می‌رسد. در روش‌های تفصیلی، بررسی وضعیت سازه در سطوح

در سال‌های اخیر پیدایش دیدگاه طراحی بر اساس عملکرد از یک طرف و توجه به ارزش اقتصادی ساختمان‌های موجود، هزینه‌های جانبی ناشی از کاربردهای مختلف آنها و ممکن نبودن توقف بهره‌برداری بسیاری از ساختمان‌ها از طرف دیگر و همچنین صدمه‌ها و خسارت‌های زلزله بر ساختمان‌ها، باعث شد تا روش‌های ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای به مرور بسط و گسترش یابند و همه ظرفیت‌های سازه مورد بررسی قرار گرفته و ضرایب اطمینان آگاهانه‌تر استفاده شوند. با توجه به فلسفه این دستورالعمل‌ها، ضرایب ایمنی در نظر گرفته شده در آیین‌نامه‌های طراحی باید از ضرایب ایمنی این دستورالعمل‌ها بزرگ‌تر باشد. با توجه به این موضوع انتظار می‌رود که سازه‌های طراحی شده مطابق آیین‌نامه‌های طراحی معمولی، توسط دستورالعمل‌های ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای نیز تأیید شوند. در واقع روش‌های ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها که در دستورالعمل‌هایی نظیر

سپس ضرایب m_d^q تعیین شده با ضریب m موجود در ارزیابی سریع مقایسه می شود.

برای مقایسه ارزیابی تفصیلی با ارزیابی سریع با فرض اینکه اعضای سازه از دید ارزیابی سریع پذیرفته شده اند، امکان پاسخگویی و پذیرفته شدن آنها برای سطح عملکرد ایمنی جانی از دید ارزیابی تفصیلی بررسی می شود. با توجه به کنترل معیار پذیرش $Q_{UD} \leq kmQ_{CE}$ در ارزیابی تفصیلی برای اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل، متناظر ضریب m ارزیابی تفصیلی، ضریبی به نام $m_q^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}}$ تعریف می شود. سپس ضرایب m_d^c تعیین شده با ضریب m موجود در ارزیابی تفصیلی مقایسه می شود.

از آنجایی که سیستم مورد مطالعه، سیستم مهاربندی شده با محورهای متقارب است، بنابراین ضرایب m_d^q ، m_d^c و m_q^c برای اعضای مهاربندی که کنترل شونده توسط تغییر شکل هستند تعیین می شود. در ضمن جزئیات برای ساختمان های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه ارائه می شوند.

مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی کلیات

همان طور که اشاره شد، ضریب m_d^c با توجه به نسبت تنش طراحی SR تعیین شده و با ضریب m موجود در ارزیابی تفصیلی مقایسه می شود. از آن رو که روش های طراحی اغلب خطی هستند، برای مقایسه نیز روش خطی تحلیل ارزیابی تفصیلی و معیار پذیرش $Q_{UD} \leq kmQ_{CE}$ مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین برای تعیین m_d^c به روش زیر عمل می شود:

$$Q_{UD} \leq kmQ_{CE}, k=1 \Rightarrow \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \leq m$$

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E$$

$$Q_{UD} = 1.1(DL + LL) \pm C_1 C_2 C_3 C_m S_a W \quad (1)$$

در روابط بالا k ضریب آگاهی بوده که برابر با یک فرض می شود. S_a شتاب طیفی بوده و برابر با حاصل ضرب شتاب مبنا در ضریب بازتاب است. بقیه عوامل عبارتند از: Q_{UD} : تلاش کنترل شونده توسط تغییر شکل ناشی از بارهای ثقلی و زلزله مطابق روش ارزیابی تفصیلی.

Q_{CE} : مقاومت مورد انتظار عضو مطابق ارزیابی تفصیلی.

Q_E : تلاش ناشی از نیروی زلزله مطابق ارزیابی تفصیلی.

Q_G : تلاش ناشی از بارهای ثقلی مطابق ارزیابی تفصیلی.

برای تبدیل مقاومت طراحی به مقاومت مورد انتظار عضو

مختلف خطر از روش مدلسازی کامل انجام گرفته و با تحلیل سطوح عملکرد سازه کنترل می شود. این کنترل از راه مقایسه نیروها و تغییر شکل های خطی یا غیرخطی اعضا و مقایسه آنها با مقادیر مجاز (معیارهای پذیرش) انجام می گی رد. ولی روش های ارزیابی سریع، اغلب در کنار چک لیست ها، چند ضابطه تحلیلی از قبیل کنترل تنش های برشی یا محوری دارد که محدود به کنترل های سریع بوده و برای محاسبه و کنترل کفایت سختی و مقاومت اجزای مشخصی از ساختمان، انجام می شود.

در این مقاله ابتدا نحوه مقایسه پارامتریک معیارهای پذیرش روش های ارزیابی لرزه ای تفصیلی، سریع و آیین - نامه طراحی سازه های فولادی برای مهاربندهای ضربدردی با استفاده از تحلیل های خطی بیان می شود. سپس با مثال های عددی، روش ارائه شده صحت سنجی می شود.

کلیات روش مقایسه پارامتریک برای اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل

روش مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی و سریع به این ترتیب است که فرض می شود سازه با آیین - نامه طراحی [۶، ۷، ۸] طرح شده باشد، سپس با توجه به نسبت تنش طراحی موجود در عضو، SR ، امکان پاسخگویی آن توسط ارزیابی تفصیلی و سریع برای سطح عملکرد ایمنی جانی بررسی می شود. لازم به ذکر است که اندیس های d ، c و q به ترتیب برای نمایش آیین نامه طراحی، ارزیابی تفصیلی و ارزیابی سریع به کار رفته است. برای مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی با توجه به کنترل معیار پذیرش $Q_{UD} \leq kmQ_{CE}$ در ارزیابی تفصیلی برای اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل، متناظر ضریب m ارزیابی تفصیلی، ضریبی به نام $m_d^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}}$ تعریف می شود که با توجه به نسبت تنش طراحی SR تعیین می شود. سپس ضرایب m_d^c با ضریب m موجود در ارزیابی تفصیلی مقایسه می شود.

همانند روش ذکر شده، برای مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی سریع، با توجه به کنترل معیار پذیرش ارزیابی سریع و شبیه سازی آن به صورت $Q_{UD} \leq kmQ_{CE}$ برای اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل، متناظر ضریب m ارزیابی سریع، ضریبی به نام $m_q^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}}$ تعریف می شود که با توجه به نسبت تنش طراحی SR تعیین می شود.

جدول ۱: مقادیر α برای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه.

Building Story	C ₁	C ₂	C ₃	C _m	I	α
2	1.38	1	1	1.0	1	1.38
4	1.20	1	1	0.9	1	1.08
6	1.05	1	1	0.9	1	0.95
8	1.00	1	1	0.9	1	0.90

تعیین مقادیر β برای ساختمان‌های مورد مطالعه

از آنجایی که در هر دو روش ارزیابی تفصیلی و آیین‌نامه طراحی [۷ و ۸]، استفاده از رابطه تجربی $0.05(h)^{0.75}$ برای تعیین پیروید ساختمان‌های مهاربندی هم‌محور مجاز است، بنابراین مقدار β با توجه به تعریف آن برای ساختمان‌های مورد مطالعه برابر با یک است.

تعیین مقادیر η برای ساختمان‌های مورد مطالعه

با توجه به نحوه توزیع نیروی زلزله در ارتفاع ساختمان در روش‌های آیین‌نامه طراحی طبق رابطه (۱۰) و ارزیابی تفصیلی طبق رابطه (۱۱) می‌توان گفت برای ساختمان‌های با پیروید کمتر از 0.5s مقدار ضریب k برابر یک می‌شود و در نتیجه نحوه توزیع نیروی زلزله در آیین‌نامه طراحی و ارزیابی تفصیلی یکی شده و مقدار η برابر با یک می‌شود. برای حالتی که پیروید ساختمان بین 0.5s تا 0.7s باشد، مقدار ضریب η بزرگ‌تر از یک و برای ساختمان‌های با پیروید بزرگ‌تر از 0.7s ضریب η به علت اعمال نیروی شلاقی آیین‌نامه طراحی در تراز بام، کوچک‌تر از یک است. بنابراین با توجه به بررسی‌های انجام‌شده مقدار ضریب η برای ساختمان‌های ۲، ۴ و ۶ طبقه برابر با 1.00 و برای ساختمان ۸ طبقه برابر با 1.01 به دست آمد:

$$f_{id} = \frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^n w_j h_j} (V_d - f_t) \quad (10)$$

$$\& \text{if } T \leq 0.7 \Rightarrow f_t = 0$$

$$f_{ic} = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n w_j h_j^k} V_c \quad (11)$$

$$\& k = 0.5T + 0.75 \text{ if } T \leq 0.5 \Rightarrow k = 1$$

تعیین مقادیر λ برای ساختمان‌های مورد مطالعه

برای همه ساختمان‌ها، مقدار λ برای مهاربندی‌ها ثابت و برابر است با:

$$\lambda = \frac{Q_{CE}}{Q_d} = \frac{1.7 \times 1.1 \times B F_a A_{br}}{1.33 B F_a A_{br}} = 1.4$$

ضریبی با نام λ طبق رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$\lambda = \frac{Q_{CE}}{Q_d} \quad (2)$$

Q_d : مقاومت عضو مطابق آیین‌نامه طراحی.

نسبت تنش طراحی SR طبق رابطه (۳) به دست می‌آید که برای تعیین ضریب m_d^c به کار می‌رود:

$$SR = \frac{Q_u}{Q_d} \quad (3)$$

$$Q_u = DL + LL + \frac{AB_d I W}{R} \quad (4)$$

Q_u : تلاش طراحی عضو مطابق آیین‌نامه طراحی.

با توجه به روابط (۲) و (۳) و (۴)، مقاومت مورد انتظار عضو، مطابق روش ارزیابی تفصیلی (Q_{CE}) را بر حسب عوامل طراحی محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{CE} = \lambda Q_d = \lambda \frac{Q_u}{SR} = \frac{\lambda}{SR} \left[DL + LL + \frac{AB_d I W}{R} \right] \quad (5)$$

با تعریف ضرایب $\eta, \gamma, \beta, \alpha$ به صورت زیر و با توجه به روابط (۱) و (۵)، ضریب m_d^c به این شکل تعیین می‌شود:

$$\alpha = \text{نسبت} \quad (6)$$

ضرایب بار زلزله روش ارزیابی تفصیلی به آیین‌نامه طراحی:

$$\alpha = \frac{C_1 C_2 C_3 C_m}{I}$$

β : نسبت ضرایب بازتاب روش ارزیابی تفصیلی به آیین‌نامه طراحی:

$$\beta = \frac{B_c}{B_d} \quad (7)$$

γ : نسبت نیروهای ثقیلی به زلزله آیین‌نامه طراحی:

$$\gamma = \frac{DL + LL}{\frac{AB_d I W}{R}} \quad (8)$$

η : ضریب ناشی از تفاوت توزیع نیروی زلزله در طبقات روش ارزیابی تفصیلی و آیین‌نامه طراحی:

$$m_d^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} = \frac{1.1(DL + LL) + C_1 C_2 C_3 C_m AB_c W}{\frac{\lambda}{SR} \left[DL + LL + \frac{AB_d I W}{R} \right]} \quad (9)$$

$$\Rightarrow m_d^c = \frac{1.1\gamma + \alpha\beta\eta R}{\lambda(1 + \gamma)} SR$$

تعیین مقادیر α برای ساختمان‌های مورد مطالعه

در جدول (۱) مقادیر α ارائه شده است. ضرایب مورد نیاز برای محاسبه مقادیر α بر اساس بند (۳-۳-۱-۲). دستورالعمل بهسازی و برای زمین نوع دوم تعیین شده‌اند.

قابل ملاحظه نیروهای زلزله در دو روش آیین نامه طراحی و ارزیابی تفصیلی برای ساختمان‌های کوتاه است.

مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی سریع کلیات

همان‌طور که اشاره شد، ضریب m_d^q با توجه به نسبت تنش طراحی SR تعیین شده و با ضریب m موجود در ارزیابی سریع مقایسه می‌شود. بنابراین به نوعی روش ارزیابی سریع را همانند روش ارزیابی تفصیلی شبیه‌سازی کرده و با آیین نامه طراحی مقایسه می‌شود. محاسبه نیروی محوری و نحوه کنترل سریع و معیار پذیرش مهاربندها در روش ارزیابی سریع مطابق روش زیر انجام می‌گیرد [۳ و ۵]:

$$f_j = \frac{1}{m} \left(\frac{v_j}{SN_{br}} \right) \left(\frac{L_{br}}{A_{br}} \right) \leq 0.5 f_y \quad (17)$$

L_{br} : متوسط طول مهاربندها (m)

N_{br} : تعداد مهاربندهای کششی و فشاری، هر گاه مهاربندها برای فشار طراحی شده باشند. تعداد مهاربندهای کششی اگر مهاربندها فقط برای کشش طراحی شده باشند.

S : متوسط طول دهانه‌های مهاربندی شده (m)

A_{br} : متوسط سطح مقطع مهاربندها (m^2)

v_j : برش طبقه در تراز j

m : ضریب اصلاح ظرفیت اعضای مهاربندی که با توجه به نوع مهاربند و سطح عملکرد طبق جدول (۳-۸) ASCE/SEI 31-03 تعیین می‌شود.

معیار پذیرش روش ارزیابی سریع را با معیار پذیرش روش ارزیابی تفصیلی مطابقت داده و با تعریف عوامل زیر ارزیابی سریع را همانند ارزیابی تفصیلی شبیه‌سازی کرده و با آیین نامه طراحی مقایسه می‌شود:

$$Q_{CE} = 0.5 f_y A_{br}$$

$$Q_{UD} = \left(\frac{v_j}{SN_{br}} \right) \left(\frac{L_{br}}{A_{br}} \right) A_{br}$$

$$\frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \leq m$$

با توجه به روابط ذکر شده می‌توان پی برد که در روش ارزیابی سریع Q_{UD} فقط تابع نیروی زلزله است، بنابراین برای تعیین m_d^q به روش زیر عمل می‌شود:

$$Q_{UD} \leq km Q_{CE}, \quad k=1 \Rightarrow \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \leq m$$

$$Q_{UD} = Q_E = CS_a W = CAB_q W \quad (18)$$

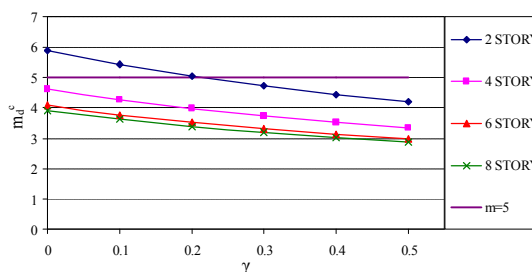
تعیین m_d^c مهاربندهای ساختمان‌های مورد مطالعه

در حالت کلی مقادیر m_d^c طبق رابطه (۹) تعیین می‌شود. با توجه به سیستم مهاربندی و با مقدار ضرایب $\lambda = 1.4$, $\beta = 1$, $SR = 1$, $R = 6$ ، رابطه (۹) به صورت رابطه (۱۲) خلاصه می‌شود

$$m_d^c = \frac{0.786\gamma + 4.29\alpha\eta}{(1 + \gamma)} \quad (12)$$

جدول ۲: m_d^c مهاربندهای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه.

Building Story	α	η	m_d^c
2	1.38	1.00	$\frac{0.786\gamma + 5.91}{(1 + \gamma)}$ (۱۳)
4	1.08	1.00	$\frac{0.786\gamma + 4.63}{(1 + \gamma)}$ (۱۴)
6	0.95	1.00	$\frac{0.786\gamma + 4.08}{(1 + \gamma)}$ (۱۵)
8	0.90	1.01	$\frac{0.786\gamma + 3.90}{(1 + \gamma)}$ (۱۶)



شکل ۱: نمودارهای تغییرات m_d^c مهاربندها بر حسب γ .

برای مقایسه ضرایب m ارزیابی تفصیلی و ضرایب m_d^c ، خط $m=5$ که طبق معیار پذیرش ارزیابی تفصیلی برای مهاربندهای فشاری زوج ناودانی و زوج نبشی ضریب تعیین کننده‌ای است، روی نمودار شکل (۱) مشخص شده است. محدوده بالای خط $m=5$ ، محدوده مهاربندهایی است که از دید ارزیابی تفصیلی مردود هستند و محدوده زیر خط $m=5$ ، محدوده مهاربندهایی را مشخص می‌کند که از دید ارزیابی تفصیلی مقبول هستند. نکته قابل ملاحظه‌ای که از نمودارها بر می‌آید این است که محدوده قابل ملاحظه‌ای از مهاربندهای طراحی شده توسط آیین نامه طراحی از دید ارزیابی تفصیلی نیز قابل قبول هستند. در ضمن با توجه به شکل (۱) فقط مهاربندهای طراحی شده برای ساختمان‌های کوتاه (کمتر از ۳ طبقه) امکان دارند از دید ارزیابی تفصیلی مردود شوند و این بیشتر به دلیل تفاوت

تعیین مقادیر α برای ساختمان‌های مورد مطالعه

در جدول (۳) مقادیر α ارائه شده است. ضریب C مورد نیاز برای محاسبه مقادیر α بر اساس جدول (۳-۴) ASCE/SEI 31-03 [۲] تعیین شده است.

جدول ۳: مقادیر α برای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه.

Building Story	C	I	α
2	1.2	1.0	1.2
4, 6 & 8	1.0	1.0	1.0

تعیین مقادیر β برای ساختمان‌های مورد مطالعه

از آنجا که در هر دو روش ارزیابی سریع و آیین‌نامه طراحی، استفاده از رابطه تجربی $0.05(h)^{0.75}$ برای تعیین پریود ساختمان‌های مهاربندی هم‌محور مجاز است، بنابراین مشابه حالت قبل، مقدار β برابر با یک است.

تعیین مقادیر η برای ساختمان‌های مورد مطالعه

از آنجا که نحوه توزیع نیروی زلزله در ارتفاع برای روش‌های ارزیابی سریع و تفصیلی یکی است، بنابراین در این بخش نیز طبق بند قبلی محاسبه می‌شود. η مقادیر

تعیین مقادیر λ برای ساختمان‌های مورد مطالعه

برای همه ساختمان‌ها، مقدار λ برای مهاربندی‌ها متغیر بوده و تابع لاغری مهاربندها است و برابر است با:

$$\lambda = \frac{Q_{CE}}{Q_d} = \frac{0.5 f_y A_{br}}{1.33 B F_a A_{br}} = 0.376 \left(\frac{F_y}{B F_a} \right) \quad (24)$$

$$B = \left(\frac{1}{1 + \frac{kl/r}{2C_c}} \right)$$

که B ضریب کاهش تنش است [۷] و با توجه به بررسی‌های انجام‌شده $0.7 \leq \lambda \leq 1.7$ است.

تعیین m_d^q مهاربندهای ساختمان‌های مورد مطالعه

در حالت کلی مقادیر m_d^q طبق رابطه (۲۳) تعیین می‌شود. با توجه به سیستم مهاربندی و با مقدار ضرایب $R=6$, $SR=1$, $\beta=1$ ، رابطه (۲۳) به صورت رابطه (۲۵) خلاصه می‌شود:

$$m_d^q = \frac{6\alpha\eta}{\lambda(1+\gamma)} \quad (25)$$

در روابط بالا k ضریب آگاهی است که برابر با یک فرض می‌شود و S_a شتاب طیفی بوده و برابر با حاصل ضرب شتاب مبنا در ضریب بازتاب است. بقیه عوامل عبارتند از: Q_{UD} : تلاش کنترل‌شونده توسط تغییر شکل ناشی از بارهای زلزله (نیروی ایجاد شده در عضو مهاربندی مطابق با روش ارزیابی سریع).

Q_{CE} : مقاومت مورد انتظار مهاربندی مطابق ارزیابی سریع. Q_E : تلاش ناشی از نیروی زلزله مطابق روش ارزیابی سریع. برای تبدیل مقاومت طراحی به مقاومت مورد انتظار عضو مطابق روش ارزیابی سریع، ضریبی به نام λ طبق رابطه (۱۹) تعریف می‌شود:

$$\lambda = \frac{Q_{CE}}{Q_d} \quad (19)$$

Q_d : مقاومت عضو مطابق آیین‌نامه طراحی نسبت تنش طراحی SR در این بخش نیز طبق رابطه (۳) به دست می‌آید که برای تعیین ضریب m_d^q نیز به کار می‌رود. با توجه به روابط (۳) و (۴) و (۱۹)، مقاومت مورد انتظار عضو مطابق روش ارزیابی سریع (Q_{CE}) را بر حسب عوامل طراحی محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{CE} = \lambda Q_d = \lambda \frac{Q_u}{SR} = \frac{\lambda}{SR} \left[DL + LL + \frac{AB_d I}{R} W \right] \quad (20)$$

با تعریف ضرایب $\alpha, \beta, \gamma, \eta$ به صورت زیر و با توجه به روابط (۱۸) و (۲۰)، ضریب m_d^q تعیین می‌شود:

α : نسبت ضرایب بار زلزله روش ارزیابی سریع به آیین‌نامه طراحی:

$$\alpha = \frac{C}{I} \quad (21)$$

β : نسبت ضرایب بازتاب ارزیابی سریع به آیین‌نامه طراحی:

$$\beta = \frac{B_q}{B_d} \quad (22)$$

γ : نسبت نیروهای ثقیلی به زلزله آیین‌نامه طبق رابطه (۸)

η : ضریب ناشی از تفاوت توزیع نیروی زلزله در طبقات روش ارزیابی سریع و آیین‌نامه طراحی:

$$m_d^q = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} = \frac{CAB_q W}{\frac{\lambda}{SR} \left[DL + LL + \frac{AB_d I}{R} W \right]} \quad (23)$$

$$\Rightarrow m_d^q = \frac{\alpha\beta\eta R}{\lambda(1+\gamma)} SR$$

توسط آیین‌نامه طراحی از دید ارزیابی سریع نیز قابل قبول هستند.

مقایسه روش ارزیابی سریع با ارزیابی تفصیلی کلیات

همان‌طور که اشاره شد، برای مقایسه فرض می‌کنیم که اعضای سازه از دید ارزیابی سریع پذیرفته شده‌اند و با توجه به کنترل معیار پذیرش $Q_{UD} \leq kmQ_{CE}$ در ارزیابی تفصیلی برای اعضای کنترل‌شده توسط تغییر شکل، با تعریف ضریب $m_q^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}}$ برای مهاربندها متناظر با ضریب m روش ارزیابی تفصیلی، امکان پاسخگویی آن توسط ارزیابی تفصیلی برای سطح عملکرد ایمنی جانی بررسی می‌شود. پس ضرایب m_q^c تعیین شده با ضریب m موجود در ارزیابی تفصیلی مقایسه می‌شود.

همان‌طور که در بخش (۲-۲-۱) اشاره شد، محاسبه نیروی محوری و نحوه کنترل سریع و معیار پذیرش مهاربندها در روش ارزیابی سریع مطابق رابطه (۱۷) انجام می‌گیرد. با بررسی رابطه (۱۷)، معیار پذیرش روش ارزیابی سریع را با معیار پذیرش روش آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی مطابقت داده و با تعریف عوامل زیر روش ارزیابی سریع را همانند روش آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی شبیه‌سازی کرده و با ارزیابی تفصیلی مقایسه می‌شود:

$$f_j \leq 0.5f_y \Rightarrow \frac{mf_j}{0.5f_y} \leq m$$

$$\Rightarrow \frac{\left(\frac{v_j}{SN_{br}}\right)\left(\frac{L_{br}}{A_{br}}\right)A_{br}}{0.5f_y A_{br}} \leq m \Leftrightarrow \frac{Q_u^q}{Q_d^q} \leq m = 6$$

$$SR_q^c = \frac{Q_u^q}{Q_d^q} \quad (29)$$

$$Q_d^q = 0.5f_y A_{br}$$

$$Q_u^q = \left(\frac{v_j}{SN_{br}}\right)\left(\frac{L_{br}}{A_{br}}\right)A_{br} \quad (30)$$

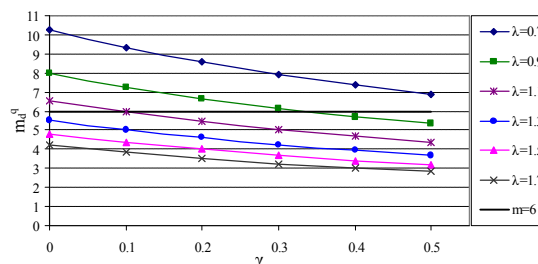
SR_q^c : نسبت تنش‌ها مطابق ارزیابی سریع و $0 \leq SR_q^c \leq m = 6$ (در نقش نسبت تنش مطابق آیین‌نامه طراحی، SR).

Q_d^q : مقاومت عضو مطابق ارزیابی سریع (در نقش مقاومت طراحی آیین‌نامه، Q_d).

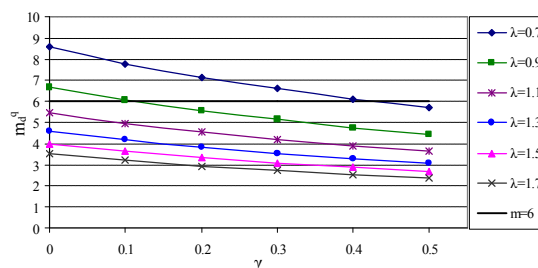
Q_u^q : تلاش طراحی ایجادشده در عضو مطابق ارزیابی سریع (در نقش تلاش طراحی ایجادشده در عضو مطابق

جدول ۴: m_d^q مهاربندهای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه.

Building Story	α	η	m_d^q
2	1.2	1.00	$\frac{7.2}{\lambda(1+\gamma)}$ (۲۶)
4 & 6	1.0	1.00	$\frac{6.0}{\lambda(1+\gamma)}$ (۲۷)
8	1.0	1.01	$\frac{6.06}{\lambda(1+\gamma)}$ (۲۸)



شکل ۲: تغییرات m_d^q مهاربندهای سازه دو طبقه بر حسب γ .



شکل ۳: نمودارهای تغییرات m_d^q مهاربندهای ساختمان‌های

چهار، شش و هشت طبقه بر حسب γ .

برای مقایسه ضرایب m ارزیابی سریع و ضرایب m_d^q ، خط $m=6$ که طبق معیار پذیرش ارزیابی سریع برای مهاربندهای فشاری زوج ناودانی و زوج نبشی، ضریب تعیین‌کننده‌ای است، روی نمودار اشکال (۲) تا (۳) مشخص شده است. محدوده بالای خط $m=6$ ، محدوده مهاربندهایی است که از دید ارزیابی سریع مردود هستند و محدوده زیر خط $m=6$ ، محدوده مهاربندهایی را مشخص می‌کند که از دید ارزیابی سریع مقبول هستند. نکته قابل ملاحظه‌ای که از نمودارها بر می‌آید این است که با کاهش λ و ارتفاع ساختمان، امکان اینکه مهاربندهای طراحی‌شده توسط آیین‌نامه طراحی از دید ارزیابی سریع مردود شوند، بیشتر می‌شود و این بیشتر به دلیل تفاوت قابل ملاحظه نیروهای زلزله در دو روش آیین‌نامه طراحی و ارزیابی سریع برای ساختمان‌های کوتاه است. اما به هر حال محدوده قابل ملاحظه‌ای از مهاربندهای طرح‌شده

$$m_q^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} = \frac{1.1(DL + LL) + C_1 C_2 C_3 C_m A B_c W}{\frac{\lambda}{SR_d^q} [C A B_q W]} \quad (38)$$

$$\Rightarrow m_q^c = \frac{(1 + \gamma) \alpha \beta \eta}{\lambda} SR_d^q$$

تعیین مقادیر α برای ساختمان‌های مورد مطالعه

در جدول (۵) مقادیر α ارائه شده است. ضرایب مورد نیاز برای محاسبه مقادیر α بر اساس بند (۳-۱-۲) دستورالعمل بهسازی و جدول (۳-۴) ASCE/SEI 31-03 و برای زمین نوع دوم تعیین شده‌اند.

جدول ۵: مقادیر α برای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه.

Building Story	C_1	C_2	C_3	C_m	C	α
2	1.38	1.0	1.0	1.0	1.2	1.15
4	1.20	1.0	1.0	0.9	1.0	1.08
6	1.05	1.0	1.0	0.9	1.0	0.95
8	1.00	1.0	1.0	0.9	1.0	0.90

تعیین مقادیر β برای ساختمان‌های مورد مطالعه

از آنجا که در هر دو روش ارزیابی سریع و تفصیلی، استفاده از رابطه تجربی $0.05(h)^{0.75}$ برای تعیین پریود ساختمان‌های مهاربندی هم‌محور مجاز است، بنابراین مشابه حالت قبل مقدار β برابر با یک است.

تعیین مقادیر η برای ساختمان‌های مورد مطالعه

از آنجا که نحوه توزیع نیروی زلزله در ارتفاع برای روش‌های ارزیابی سریع و تفصیلی یکی است، بنابراین برای کلیه ساختمان‌ها $\eta = 1$ است.

تعیین مقادیر λ برای ساختمان‌های مورد مطالعه

برای همه ساختمان‌ها مقدار λ برای مهاربندی‌ها متغیر بوده و تابع لاغری مهاربندهاست و برابر است با:

$$\lambda = \frac{Q_{CE}}{Q_d^q} = \frac{1.7 \times 1.1 \times B F_a A_{br}}{0.5 F_y A_{br}} = \frac{3.74 B F_a}{F_y} \quad (39)$$

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده $0.8 \leq \lambda \leq 2.0$ است.

تعیین m_q^c مهاربندهای ساختمان‌های مورد مطالعه

در حالت کلی مقادیر m_q^c طبق رابطه (۳۸) تعیین می‌شود. با توجه به سیستم مهاربندی و با مقدار ضرایب $\beta = \eta = 1$ ، $SR_d^c = 6$ ، $0.8 \leq \lambda \leq 2.0$ ، $0 \leq \gamma \leq 0.12$ رابطه (۳۸) به این ترتیب خلاصه می‌شود:

$$m_q^c = \frac{6(1 + \gamma)\alpha}{\lambda} \quad (40)$$

آیین‌نامه طراحی، (Q_u) .

با توجه به معیار پذیرش $Q_{UD} \leq kmQ_{CE}$ در روش ارزیابی تفصیلی، برای تعیین m_{qc} به روش زیر عمل می‌شود:

$$Q_{UD} \leq kmQ_{CE}, k=1 \Rightarrow \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \leq m$$

$$m_q^c = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \quad (31)$$

در روابط بالا، k ضریب آگاهی بوده که برابر با یک فرض می‌شود. بقیه عوامل عبارتند از:

Q_{UD} : تلاش کنترل‌شونده توسط تغییر شکل ناشی از بارهای ثقیل و زلزله مطابق روش ارزیابی تفصیلی که طبق رابطه (۱) به دست می‌آید.

Q_{CE} : مقاومت مورد انتظار عضو مطابق ارزیابی تفصیلی.

m_q^c : ضریبی متنظر با ضریب m روش ارزیابی تفصیلی.

برای تبدیل مقاومت عضو مطابق روش ارزیابی سریع به مقاومت مورد انتظار عضو مطابق روش ارزیابی تفصیلی ضریبی با نام λ طبق رابطه (۳۲) تعریف می‌شود:

$$\lambda = \frac{Q_{CE}}{Q_d^q} \quad (32)$$

با توجه به معیار پذیرش روش ارزیابی سریع و رابطه (۳۰)، نتیجه می‌گیریم که Q_u^q فقط تابعی از نیروی زلزله است:

$$Q_u^q = C S_a W = C A B_q W \quad (33)$$

با توجه به روابط (۲۹) و (۳۲) و (۳۳)، مقاومت مورد انتظار عضو، مطابق روش ارزیابی تفصیلی (Q_{CE}) را بر حسب عوامل روش ارزیابی سریع محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{CE} = \lambda Q_d^q = \lambda \frac{Q_u^q}{SR_d^q} = \frac{\lambda}{SR_d^q} [C A B_q W] \quad (34)$$

با تعریف ضرایب $\eta, \gamma, \beta, \alpha$ به صورت زیر و با توجه به روابط (۱) و (۳۴)، ضریب m_q^c به صورت زیر تعیین می‌شود:

α : نسبت ضرایب بار زلزله ارزیابی تفصیلی به سریع:

$$\alpha = \frac{C_1 C_2 C_3 C_m}{C} \quad (35)$$

β : نسبت ضرایب بازتاب روش ارزیابی تفصیلی به سریع:

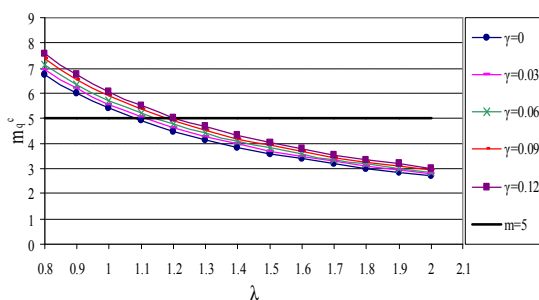
$$\beta = \frac{B_c}{B_q} \quad (36)$$

γ : نسبت نیروهای ثقیل به زلزله روش ارزیابی تفصیلی:

$$\gamma = \frac{1.1(DL + LL)}{C_1 C_2 C_3 C_m A B_c W} \quad (37)$$

η : ضریب ناشی از تفاوت توزیع نیروی زلزله در طبقات

روش ارزیابی تفصیلی به روش ارزیابی سریع:



شکل ۷: نمودارهای تغییرات m_q^c مهاربندهای ساختمان هشت طبقه بر حسب λ .

برای مقایسه ضرایب m ارزیابی تفصیلی و ضرایب m_q^c ، خط $m=5$ که طبق معیار پذیرش ارزیابی تفصیلی برای مهاربندهای فشاری زوج ناودانی و زوج نبشی ضریب تعیین کننده‌ای است، روی نمودار اشکال (۴) تا (۷) مشخص شده است. محدوده بالای خط $m=5$ ، محدوده مهاربندهایی است که از دید ارزیابی تفصیلی مردود هستند و محدوده زیر خط $m=5$ ، محدوده مهاربندهایی را مشخص می‌کند که از دید ارزیابی تفصیلی مقبول هستند. نکته قابل ملاحظه‌ای که از نمودارها بر می‌آید این است که با کاهش λ و ارتفاع ساختمان، امکان اینکه مهاربندهای مقبول از دید ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی مردود شوند بیشتر می‌شود. نکته قابل توجه این است که بر خلاف انتظار، محدوده قابل ملاحظه‌ای از مهاربندهای مقبول از دید ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی مردود هستند.

نتایج عددی برای صحت‌سنجی روش مقایسه پارامتریک در حالت‌های مختلف مورد بررسی

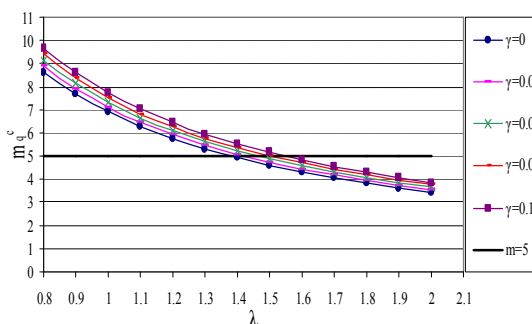
در این بخش چند نمونه ساختمان دو، چهار و شش طبقه با استفاده از نرم‌افزار [۹] ETABS2000 طراحی شده و سپس برای اعتباربخشی به نتایج قسمت قبلی، مهاربندها مطابق ارزیابی سریع و تفصیلی کنترل می‌شوند. در ضمن معیارهای پذیرش ارزیابی سریع نیز با ارزیابی تفصیلی برای مدل‌های نمونه مقایسه خواهد شد.

مشخصات مدل‌ها

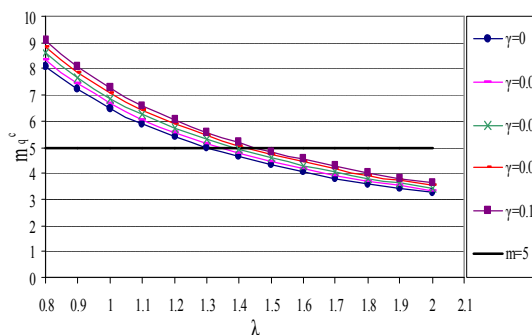
ساختمان‌های دو و چهار طبقه در دو حالت بادبندی مطابق با پلان‌های اشکال (۸) و (۹) و ساختمان شش طبقه فقط در یک حالت بادبندی مطابق با پلان شکل (۹) مدل‌سازی می‌شوند. بنابراین در کل پنج نمونه مدل

جدول ۶: m_q^c مهاربندهای ساختمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ طبقه.

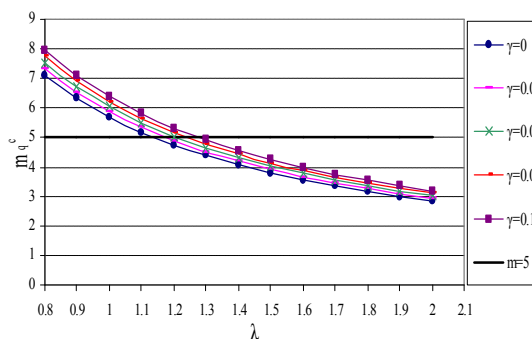
Building Story	α	m_q^c	
2	1.15	$\frac{6.9(1+\gamma)}{\lambda}$	(۴۱)
4	1.08	$\frac{6.48(1+\gamma)}{\lambda}$	(۴۲)
6	0.95	$\frac{5.7(1+\gamma)}{\lambda}$	(۴۳)
8	0.90	$\frac{5.4(1+\gamma)}{\lambda}$	(۴۴)



شکل ۴: نمودارهای تغییرات m_q^c مهاربندهای ساختمان دو طبقه بر حسب λ .



شکل ۵: نمودارهای تغییرات m_q^c مهاربندهای ساختمان چهار طبقه بر حسب λ .



شکل ۶: نمودارهای تغییرات m_q^c مهاربندهای ساختمان شش طبقه بر حسب λ .

جدول ۸: مشخصات ساختمان‌های مورد بررسی برای مدل‌سازی.

مشخصات	توضیحات	مشخصات	توضیحات
ارتفاع طبقات	3.2 m	ضریب اهمیت ساختمان	I=1
پوشش سقف	تیرچه بلوک	شتاب مینای طرح	A=0.35
بار مرده طبقات	640 kg/m ²	نوع زمین	دو
بار مرده بام	620 kg/m ²	مقاطع ستونها	2IPE
بار زنده طبقات	200 kg/m ²	مقاطع مهاربندها	زوج ناودانی (2UNP)
بار زنده بام	150 kg/m ²		

مدل‌های نمونه ابتدا با نرم‌افزار ETABS2000 به صورت سه‌بعدی مدل‌سازی و بر مبنای استاندارد ۲۸۰۰ [۸،۷] و مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان [۶] طراحی شده‌اند. لازم به ذکر است که تغییر مکان نسبی طبقات را کنترل کرده و در ضمن محدودیت لاغری مهاربندها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ رعایت شده است. سپس مهاربندها مطابق ارزیابی سریع و تفصیلی کنترل می‌شوند. در ضمن معیارهای پذیرش ارزیابی سریع نیز با ارزیابی تفصیلی برای مدل‌های نمونه مقایسه خواهد شد.

کنترل مهاربندها

در جدول (۹) درصد مهاربندهای مردود و نحوه کنترل آنها در حالت‌های مختلف مورد بررسی، برای مدل‌های نمونه ارائه شده است. این جدول شامل چهار قسمت است:

- ◀ مشخصات مهاربندهای طراحی شده.
- ◀ مقایسه آیین‌نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی (d-c).
- ◀ مقایسه آیین‌نامه طراحی با ارزیابی سریع (d-q).
- ◀ مقایسه ارزیابی سریع با ارزیابی تفصیلی (q-c).

الف) مشخصات مهاربندهای طراحی شده

این قسمت جدول (۹) شامل مقاطع طراحی شده مهاربندها برای مدل‌های نمونه است.

ب) مقایسه آیین‌نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی

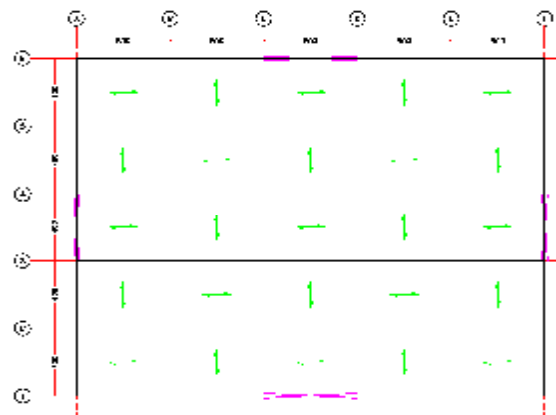
این قسمت جدول (۹) شامل مقادیر $m_r^{dc} = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}}$ به

طبق جدول (۷) برای طراحی و کنترل خواهیم داشت.

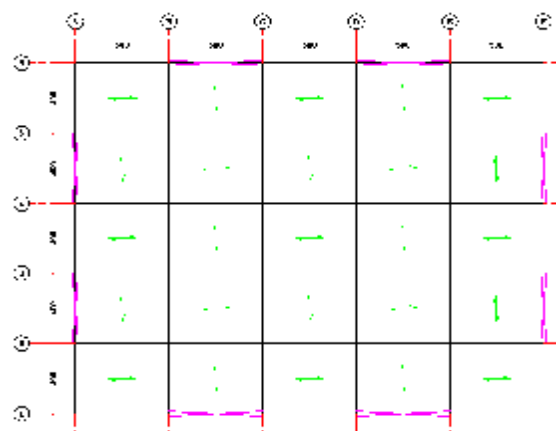
جدول ۷: مدل‌های مورد بررسی بر اساس طبقه و نوع پلان.

مدل	تعداد طبقات	نوع پلان
2ST-1	2	1
2ST-2	2	2
4ST-1	4	1
4ST-2	4	2
6ST-2	6	2

مقاطع ستون‌ها از دوپل IPE چسبیده یا با فاصله با ورق یا بدون ورق و مقاطع مهاربندها از دوپل ناودانی با فاصله یک سانتی‌متر از هم هستند. سایر مشخصات ساختمان‌ها مطابق جدول (۸) است.



شکل ۸: پلان نوع ۱ ساختمان‌های مورد مطالعه.



شکل ۹: پلان نوع ۲ ساختمان‌های مورد مطالعه.

جدول باید بدان اشاره کرد این است که فقط مهاربندهای طراحی شده برای ساختمان دو طبقه، همان طور که نتایج قسمت قبلی نیز تأیید کرد، امکان دارند از دید ارزیابی تفصیلی مردود شوند؛ به طوری که در حدود ۲۵ درصد مهاربندها مردود شده‌اند (مهاربندهای مردود رنگی شده‌اند).

دست آمده از تحلیل خطی مدل‌های نمونه بر اساس روش ارزیابی تفصیلی، مقادیر m طبق معیار پذیرش ارزیابی تفصیلی و همچنین مقادیر m_d^c تعریف شده طبق بخش (۲-۱-۶) است. با دقت در مقادیر m_r^c و m_r^{dc} می‌توان پی برد که انطباق خوبی بین آن‌ها وجود دارد. بنابراین می‌توان نتایج قسمت قبلی (مقایسه پارامتریک) را با اعتبار بیشتری به کار برد. نکته قابل توجهی که از این قسمت

جدول ۹: کنترل مهاربندها در حالت‌های مختلف مورد بررسی.

ساختمان				مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی (d-c)					مقایسه آیین نامه طراحی با ارزیابی سریع (d-q)					مقایسه ارزیابی سریع با ارزیابی تفصیلی (q-c)								
Building Story	MODEL	STORY	SECTION	m_d^c	m_r^{dc}	m	درصد مهاربندهای مردود (مدل)	درصد مهاربندهای مردود (ساختمان)	درصد مهاربندهای مردود (کل)	m_d^q	m_r^{dq}	m	درصد مهاربندهای مردود (مدل)	درصد مهاربندهای مردود (ساختمان)	درصد مهاربندهای مردود (کل)	m_d^c	m_r^{dc}	m	درصد مهاربندهای مردود (مدل)	درصد مهاربندهای مردود (ساختمان)	درصد مهاربندهای مردود (کل)	
2	2ST-1-X	2	2UNP10	5.59	5.58	5	50%		25%	5.12	5.16	6	0%		0%	6.53	6.49	5	100%		100%	
		1	2UNP14	4.93	4.92	5				5.28	5.27	6				5.59	5.61	5				
	2ST-1-Y	2	2UNP10	5.33	5.32	5	50%		25%	5.54	5.56	6	0%		0%	5.75	5.73	5	100%		100%	
		1	2UNP14	4.77	4.76	5				5.68	5.67	6				5.02	5.04	5				
	2ST-2-X	2	2UNP8	4.01	4.00	5	0%		0%	3.16	3.17	6	0%		0%	7.59	7.58	5	100%		100%	
		1	2UNP10	4.41	4.40	5				3.97	3.98	6				6.64	6.64	5				
	2ST-2-Y	2	2UNP8	3.65	3.64	5	0%		0%	3.41	3.41	6	0%		0%	6.40	6.41	5	100%		100%	
		1	2UNP10	4.19	4.19	5				4.29	4.29	6				5.85	5.86	5				
	4	4ST-1-X	4	2UNP12	3.82	3.81	5	0%		0%	4.09	4.10	6	25%		12.5%	5.53	5.57	5	50%		50%
			3	2UNP16	4.33	4.32	5				5.23	5.26	6				4.97	4.93	5			
			2	2UNP18	4.49	4.48	5				5.75	5.87	6				4.69	4.58	5			
			1	2UNP20	4.37	4.35	5				5.81	5.70	6				4.51	4.59	5			
4ST-1-Y		4	2UNP12	3.70	3.69	5	0%		0%	4.41	4.42	6	25%		12.5%	4.97	5.02	5	50%		50%	
		3	2UNP16	4.21	4.19	5				5.58	5.67	6				4.51	4.44	5				
		2	2UNP18	4.49	4.48	5				6.20	6.32	6				4.35	4.25	5				
		1	2UNP20	4.44	4.43	5				6.32	6.14	6				4.21	4.33	5				
4ST-2-X		4	2UNP8	3.77	3.76	5	0%		0%	3.16	3.17	6	0%		0%	7.09	7.13	5	87.5%		50%	
		3	2UNP12	3.49	3.48	5				3.72	3.72	6				5.61	5.62	5				
		2	2UNP12	4.44	4.43	5				4.75	4.83	6				5.61	5.50	5				
		1	2UNP14	4.03	4.01	5				4.56	4.49	6				5.30	5.35	5				
4ST-2-Y		4	2UNP8	3.44	3.43	5	0%		0%	3.41	3.41	6	0%		0%	5.98	6.02	5	87.5%		50%	
		3	2UNP12	3.38	3.37	5				4.00	4.00	6				5.06	5.05	5				
		2	2UNP12	4.33	4.32	5				5.13	5.21	6				5.05	4.98	5				
		1	2UNP14	3.89	3.88	5				4.91	4.84	6				4.77	4.81	5				
6		6ST-2-X	6	2UNP8	3.56	3.54	5	0%		0%	3.39	3.40	6	0%		0%	6.25	6.24	5	16.5%		16.5%
			5	2UNP12	3.47	3.45	5				4.17	4.19	6				4.97	4.95	5			
	4		2UNP14	3.73	3.71	5	4.79				4.82	6	4.65				4.62	5				
	3		2UNP16	3.61	3.59	5	4.92				4.96	6	4.38				4.35	5				
	2		2UNP16	3.94	3.92	5	5.37				5.53	6	4.37				4.25	5				
	1		2UNP18	3.58	3.56	5	5.16				4.99	6	4.14				4.28	5				
	6ST-2-Y	6	2UNP8	3.23	3.21	5	0%		0%	3.65	3.66	6	0%		0%	5.27	5.26	5	16.5%		16.5%	
		5	2UNP12	3.34	3.32	5				4.49	4.51	6				4.43	4.42	5				
		4	2UNP14	3.59	3.57	5				5.13	5.20	6				4.17	4.13	5				
		3	2UNP16	3.57	3.54	5				5.27	5.34	6				4.03	3.98	5				
		2	2UNP16	3.83	3.82	5				5.75	5.96	6				3.97	3.84	5				
		1	2UNP18	3.64	3.63	5				5.65	5.37	6				3.84	4.05	5				

نتیجه‌گیری

روش ذکر شده در این تحقیق برای مقایسه آیین‌نامه طراحی با دستورالعمل بهسازی (ارزیابی تفصیلی) و ارزیابی سریع و همچنین برای مقایسه ارزیابی سریع با تفصیلی، امکان رسیدن به نتایج کلی و مشخص کردن اختلاف‌ها را فراهم می‌کند.

الف) مقایسه آیین‌نامه طراحی با ارزیابی تفصیلی

درباره ساختمان‌های مورد مطالعه با کاهش ارتفاع سازه و ضریب γ ، امکان پاسخگویی عضو طرح‌شده توسط آیین‌نامه طراحی از دید ارزیابی تفصیلی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر اگر دو سازه مشابه فقط با تعداد طبقات متفاوت توسط ارزیابی تفصیلی بررسی شوند، اگر سازه‌ای که تعداد طبقات کمتری دارد مورد تأیید واقع شود، به طور حتم سازه بلندتر تأیید می‌شود.

نمودارها و بررسی‌های انجام‌شده در این مقاله نشان می‌دهند که فقط مهاربندهای طراحی‌شده برای ساختمان‌های کوتاه (کمتر از ۳ طبقه) امکان دارند از دید ارزیابی تفصیلی مردود شوند، به طوری که ۲۵ درصد مهاربندهای طرح‌شده ساختمان دو طبقه از دید ارزیابی تفصیلی مردود شدند و این بیشتر به دلیل تفاوت قابل ملاحظه نیروهای زلزله در دو روش آیین‌نامه طراحی و ارزیابی تفصیلی برای ساختمان‌های کوتاه است. ولی در کل محدوده قابل ملاحظه‌ای (به طور تقریبی ۹۵ درصد) از مهاربندهای طرح‌شده توسط آیین‌نامه طراحی از دید ارزیابی تفصیلی نیز قابل قبول هستند و این نتیجه بر خلاف نتایج برخی کارهای انجام‌شده تا اکنون برای مقایسه آیین‌نامه طراحی با دستورالعمل بهسازی است که البته تغییر معیار پذیرش m ارزیابی تفصیلی برای مهاربندهای زوج ناودانی از مقدار ۳ به ۵ و اصلاح آن طبق FEMA356 و همچنین تعیین دقیق عوامل مؤثر برای مقایسه در این تحقیق، دلیل این اختلاف نتیجه‌گیری است.

ب) مقایسه آیین‌نامه طراحی با ارزیابی سریع

به طور کلی می‌توان گفت در مهاربندها، با کاهش ضرایب γ ، λ و همچنین با کاهش ارتفاع ساختمان، امکان پاسخگویی عضو طرح‌شده توسط آیین‌نامه طراحی، از دید ارزیابی سریع کاهش می‌یابد. با این حال محدوده قابل

ج) مقایسه آیین‌نامه طراحی با ارزیابی سریع

در این قسمت جدول (۹) مهاربندهای طراحی‌شده با ارزیابی سریع کنترل می‌شود که شامل مقادیر m_r^{dq} به دست آمده از نتایج کنترل سریع مطابق با روش ارزیابی سریع، مقادیر m مجاز طبق معیار پذیرش ارزیابی سریع ($m=6$) و همچنین مقادیر m_q^q تعریف شده طبق بخش (۲-۶-۲) است. با دقت در مقادیر m_q^q و m_r^{dq} می‌توان پی برد که انطباق خوبی بین آن‌ها وجود دارد. بنابراین می‌توان نتایج قسمت قبلی (مقایسه پارامتریک) را با اعتبار بیشتری به کار برد. نکته قابل توجهی که از این قسمت جدول باید بدان اشاره کرد، این است که بر خلاف انتظار، مبنی بر محافظه‌کارانه بودن روش آیین‌نامه طراحی، امکان مردود شدن مهاربندهای طرح‌شده از دید ارزیابی سریع وجود دارد، ولی در کل، اکثر (به طور تقریبی ۹۵ درصد) مهاربندهای طراحی‌شده، از دید ارزیابی سریع نیز قابل قبول هستند.

د) مقایسه ارزیابی سریع با ارزیابی تفصیلی

در این قسمت، جدول (۹) مهاربندهای مقبول از دید ارزیابی سریع با ارزیابی تفصیلی کنترل می‌شوند که شامل مقادیر m مجاز طبق معیار پذیرش ارزیابی تفصیلی ($m=5$) و همچنین مقادیر m_q^c تعریف‌شده طبق بخش (۲-۳-۶) است. در ضمن با دقت در مقادیر m_r^{dq} و m_r^{dc} مقایسه آنها می‌توان با مقادیر m_q^c به رابطه منطقی آنها پی برد. به این ترتیب که اغلب با ضعیف‌تر کردن مهاربندها تا حدودی که معیار پذیرش ارزیابی سریع رعایت شود ($m=6$)، امکان مقبول شدن آنها را از دید ارزیابی تفصیلی بررسی می‌شود و نتیجه این است که انطباق خوبی بین آن‌ها وجود دارد (بین m_q^c و مقادیر $m_r^{dc} = 6 \frac{m_r^{dc}}{m_r^{dq}}$).

بنابراین می‌توان نتایج قسمت قبلی (مقایسه پارامتریک) را با اعتبار بیشتری به کار برد. نکته‌ای که باید بدان اشاره کرد این است که به طور تقریبی ۵۰ درصد مهاربندهای مقبول از دید ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی مردود هستند و این موضوع با توجه به منطق محافظه‌کارانه بودن ارزیابی سریع نسبت به تفصیلی، خلاف انتظار است.

مهاربندهای مقبول توسط ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که تأثیر ضریب λ نسبت به ضریب γ بیشتر است. همچنین محدوده قابل ملاحظه‌ای (به طور تقریبی ۵۰ درصد) از مهاربندهای مقبول از دید ارزیابی سریع، از دید ارزیابی تفصیلی مردود هستند و این نتیجه‌گیری بر خلاف این انتظار است که روش ارزیابی سریع نسبت به روش تفصیلی محافظه‌کارانه است.

ملاحظه‌ای (به طور تقریبی ۹۵ درصد) از مهاربندهای طرح‌شده توسط آیین‌نامه طراحی از دید ارزیابی سریع نیز مقبول هستند.

ج) مقایسه ارزیابی سریع با ارزیابی تفصیلی

نمودارها و بررسی‌های انجام‌شده در این مقاله نشان می‌دهند که برای سیستم مورد مطالعه با کاهش ضریب λ و ارتفاع سازه و همچنین با افزایش γ (نسبت نیروهای ثقلی به زلزله ارزیابی تفصیلی)، امکان پاسخگویی

مراجع

- 1 - Federal Emergency Management Agency, FEMA-273, (1997). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Building Seismic Safety Council, Washington DC.
- 2 - Federal Emergency Management Agency, FEMA-356, (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Building Seismic Safety Council, Washington DC.
- 3 - American Society of Civil Engineers, ASCE/SEI 31-03, (2003). *Seismic Evaluation of Existing Buildings*, Reston, Virginia.
- 4 - International Institute of Earthquake Engineering and Sismology, (2002). *Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*.
- 5 - International Institute of Earthquake Engineering and Sismology, (2006). *Guidelines for the Quick Seismic Evaluation of Existing Buildings*.
- 6 - Ministry of Housing & Urban Development, (2001). *Iranian National Building Code, Section 10, Design and Execution of Steel Buildings*.
- 7 - Building & Housing Research Center, (1999). *Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings*, Standard 2800, 2nd Edition.
- 8 - Building & Housing Research Center, (2004). *Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings*, Standard 2800, 3rd Edition.
- 9 - Etabs2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Building, *Computers and Structures, Inc.*, (2004). User manual, Ver. 8.5.0, Berkeley, California.