بررسي اثرات عامل‌هاي غايب مقاومت تسليم و چيدمان ميلگردها بر روي عامل‌هاي نمونه‌سازي ستون‌هاي مربعي شكل در استانداردهاي موجود

حسن مقدم[i]؛ محمد فلاح تفتي[ii]*؛ ميثم صمدي[iii]

چكيده

منحني غيرخطي نيرو- جابجايي ستون‌هاي مربعي شكل در استانداردهايي كه براي بهسازي لرزه‌اي ساختمان-هاي موجود به‌كار مي‌روند، توسط دو مقدار a و b كه به‌ترتيب بيانگر كاهش ظرفيت جانبي و محوري هستند، تعريف ميشوند. مقادير اين دو عامل در نشريه ۳۶۰ و فيما ۳۵۶ و همچنين ASCE41-06 تابعي از سطح بار محوري و همچنين نسبت ظرفيت برش ستون به برش قابل تحمل توسط بتن است در حاليكه در بازنگري آيين‌نامه ASCE41-06 اين مقادير تابعي از سطح بار محوري و همچنين نسبت حجمي تقويت‌هاي عرضي است. در اين مقاله يک شاخص محصورسازي كه به خوبي بيانگر اثرات آرايش آرماتورهاي طولي و عرضي و همچنين مقاومت تسليم است، پيشنهاد شده است. اين شاخص در پيش‌بيني عامل a و b به ترتيب براي ۳۸ و ۱۳ نمونه ستون آزمايشگاهي به كار رفته و در ادامه جدولي از اين شاخص محصورسازي ستون پيشنهاد مي‌شود. شاخص محصورسازي و هم‌چنين جدول پيشنهادي، نشان‌دهنده دقت بالاتري از پيش‌بيني مقادير a و b است. بطوريكه نتايج حاصله علاوه بر حفظ ملاحظات موردنظر آيين‌نامه، بيشترين اختلاف بين مقادير آزمايشگاهي و نتايج حاصله را از ۴/۷ برابر در نسخه بازنگري شده ASCE41-06 به ۳/۶ تقليل داده است.

لغات كليدي

بهسازي لرزه‌اي، ستون بتن‌آرمه، محصورشدگي، زمين لرزه، آيين‌نامه

The Missing Effects Of Yield strength And Arrangement Of Transverse Rebars On The Modeling Parameters Of RC Columns In Current Standards

H. Moghaddam; M. Fallah .T and M. Samadi

ABSTRACT

The nonlinear force-displacement curve of RC columns are presented in the current standards for seismic rehabilitation of existing buildings (such as ASCE41) by two displacement-based values of “a” and “b” that correspond to the loss of lateral and axial capacities, respectively. The ASCE41 presents the values of these two parameters as a function of the volumetric ratio of transverse reinforcement. A confinement index is proposed in this paper that accounts for the yield strength and arrangement of the transverse reinforcements as well. This index was used to predict the parameters “a” of 38 tested RC columns and the parameters “b” of 13 other columns. A table is proposed that gives the values of these two parameters based on the values of

تاريخ دريافت مقاله:۱۳۸۹/۵/۲۶

تاريخ اصلاحات مقاله:۱۳۹۰/۱/۲۷

[i] استاد، دانشگاه صنعتی شريف، دانشكده مهندسي عمران: hsnmoghaddam@yahoo.com

[ii] *نويسنده مسئول و دانشجوي فوق ليسانس، دانشگاه صنعتي شريف، دانشكده مهندسی عمران: mohammadtafty@gmail.com

[iii] استاديار, دانشگاه آزاد اسلامی, واحد مشهد

the proposed confinement index of the columns. It is shown that the proposed confinement index and table predicts more accurate values of the parameters “a” and “b”. Based on the results, maximum difference ratio to experimental values is reduced from 4.7 to 3.6 in comparison with those of update to ASCE41-06 while satisfying its specifications and regulations.

KEYWORDS

Seismic rehabilitation, RC column, Confinement, Earthquake, Standard

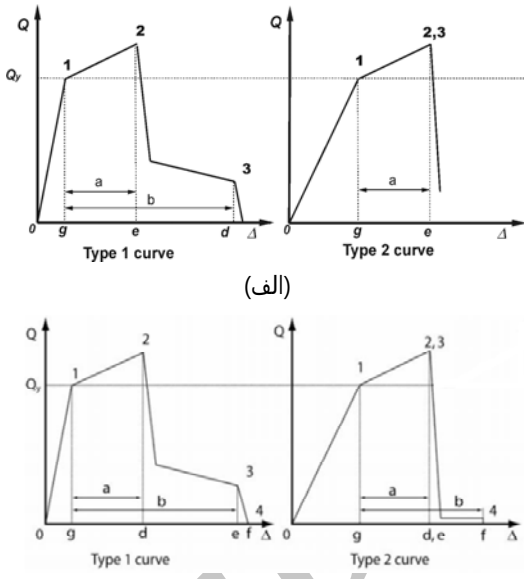
۱- مقدمه

ارزيابي لرزه‌اي و طرح بهسازي براي ساختمان‌هاي موجود نياز به بررسي و ارزيابي دقيق از رفتار جانبي غيرخطي اعضاي سازه‌اي دارد. ستون‌ها به عنوان يكي از اعضاي اصلي در ساختمان‌هاي بتن آرمه هستند كه بررسي توانايي آن‌ها در حفظ باربري ثقلي تحت جابه‌جايي‌هاي جانبي وارده ناشي از زلزله، در تعيين سطح عملكرد واقعي سازه در زلزله‌هاي شديد، اهميت ويژه‌اي دارد. بنابراين دقت در تعيين رفتار نيرو - جابجايي غيرخطي ستون‌هاي بتن آرمه مسئله‌اي مهم در بررسي و ارزيابي تحليلي از عملكرد لرزه‌اي ساختمان‌هاي موجود است.

از بين ويژگي‌هاي مختلف رفتار غيرخطي ستون‌هاي بتن-آرمه مانند سختي، مقاومت تسليم، مقاومت نهايي و شكل پذيري، آخرين مورد يعني شكل‌پذيري، بيش‌ترين اهميت را در تعيين سطح عملكرد يک ستون در يک زلزله شديد دارد. تعريف شكل‌پذيري براي عضوهاي سازه‌اي به تعريف نقطه نهايي از عملكردشان وابسته است. عموما دو نقطه نهايي در رفتار جانبي يک عضو (ستون) درنظرگرفته مي‌شود كه عبارتند از نقطه "افت مقاومت جانبي" و "نقطه از دست رفتن باربري ثقلي". در اين مقاله، ابتدا عواملی كه مورد استفاده نسخه‌هاي مختلف از آيين-نامه‌هاي بهسازي لرزه اي (از جمله: نشريه ۳۶۰، فيما ۲۷۳، فيما ۳۵۶، ASCE41-06 و نسخه ي بازنگري شده ASCE41-06) قرار گرفته‌اند، برای تعيين نقاط نهايي ستون‌هاي مربعي كه به صورت خمشي خراب شده‌اند، مورد بحث و بررسي قرار گرفته است. سپس مقايسه‌اي ميان نتايج آزمايشگاهي كه بر روي ۵۱ ستون مربعي شكل و بزرگ مقياس انجام شده با مقادير پيش‌بيني شده توسط آيين‌نامه‌هاي مختلف براي اين دو نقطه نهايي انجام شد. اين مقايسه‌ها نشان مي‌دهد كه دليل اصلي براي نامناسب بودن پيش‌بيني‌هاي انجام شده در شكل‌پذيري ستون‌هاي مربعي شكل و با حالت شكست خمشي، در مقايسه با نتايج آزمايشگاهي، نبود شاخصي مناسب برای تعيين ميزان محصورشدگي ستون‌ها به‌صورت دقيق و مناسب است. دليل ضعف شاخص‌هاي استفاده شده توسط آيين‌نامه‌هاي گفته شده، در نظر نگرفتن اثر دو عامل كليدي مقاومت تسليم آرماتورهاي عرضي و چگونگی آرايش آرماتورهاي طولي و عرضي در ستون است. از اينرو يک شاخص محصورشدگي جديدي براي پيش‌بيني رفتار غيرخطي ستون‌هاي بتن آرمه در اين مقاله ارائه مي‌شود كه اثرات دو عامل فوق را نيز مي‌بيند و نشان داده شده كه اين شاخص مي‌تواند با موفقيت در پيش‌بيني رفتار جانبي ستون‌هاي مورد آزمايش به‌كار رود. اين موفقيت به‌گونه‌اي است كه نتايج حاصل از جدول پيشنهادي، علاوه بر دارا بودن ضوابط و مقررات موردنظر آيين‌نامه (بطوريكه كمتر از ۲۰ درصد از نتايج آزمايش مربوط به عامل a از اعداد داده شده توسط جدول پيشنهادي و كمتر از ۱۰ درصد از نتايج مربوط به عامل b بوده است، كه اين دو مقدار در نسخه بازنگري شده ASCE41-06 به ترتيب ۳۵ و ۱۵ درصد هستند.) نتايج آزمايش را تا حد مطلوب‌تري به نتايج حاصله از جدول نزديک نموده است.

۲- بيان مسئله

حالت‌هاي كلي از رفتار نيروي جانبي - جابجايي، اعضاي سازه‌اي با كنترل جابجايي، طبق تعريف آيين‌نامه ASCE41-06، در شكل (۱) نشان داده شده است. منحني نوع ۱ كه در شكل (۱) نماينده‌اي از رفتار اعضاي شكل‌پذير است كه با يک ناحيه الاستيک (نقطه ۰ تا ۱ روي منحني) شروع مي‌شود و در ادامه با يک ناحيه پلاستيک (نقاط ۱ تا ۳)، همراه با مقاومت بسيار اندک جانبي ولي توانايي تحمل بارهاي ثقلي در نقطه ۳ ادامه مي‌يابد. منحني نوع ۲ در شكل (۱) است، نشان‌دهنده رفتار خمشي است كه با ناحيه الاستيک (نقطه ۰ تا ۱ روي منحني) شروع شده و با قسمت پلاستيک (نقاط ۱ تا ۲) ادامه مي‌يابد كه با كاهش مقاومت جانبي و ناتواني در تحمل بار ثقلي در نقطه ۲ همراه است. همان‌طور كه در شكل (۱) نشان داده شده است، تعريف منحني نوع ۲ در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 تغيير يافته به صورتي‌كه در اين آيين‌نامه، براي رفتار نوع ۲ فرض شده كه در نقطه ۳ هنوز باربري ثقلي حفظ مي شود.



(الف)

(ب)

شكل (۱): مقايسه منحني‌هاي نيرو - تغيير مكان آمده در الف) ASCE41-06 [۹] و ب) نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 [۲]

با توجه شكل (۱) عوامل اصلي در تعيين رفتار جانبي ستون، مقادير a وb هستند. در نشريه ۳۶۰، فيما ۲۷۳، فيما ۳۵۶ و ASCE41-06 ، ستون‌هاي مربعي شكل به ۴ گروه تقسيم مي‌شوند كه عبارتند از: كنترل‌شونده در خمش، كنترل‌شونده در برش، كنترل‌شونده در لغزش طول گيرايي يا وصله و ستون‌هاي تحت بار ثقلي زياد. اين آيين‌نامه‌ها فرض مي‌نمايند كه مقادير a و b وابسته به عوامل $\frac{P}{A_g f_c'}$ و $\frac{V}{b_w d\sqrt{f_c'}}$ و همچنين فاصله و جزئيات آرماتورهاي عرضي مي‌باشند.

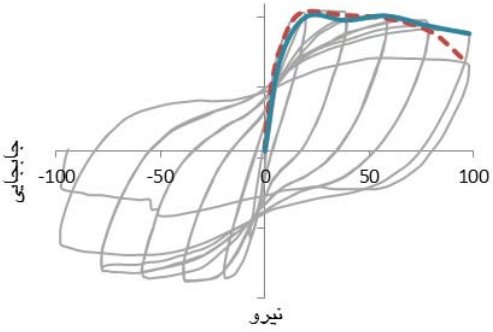
از طرف ديگر، در نسخه ي بازنگري شده ASCE41-06، رفتار ستون، به چهار حالت اصلي ديگر تقسيم مي‌شود كه عبارتند از: خمشي (حالت i)، خمشي - برشي (حالت ii)، برشي (حالت iii) و لغزش طول گيرايي يا وصله (حالت iv). اين طبقه‌بندي بر اساس نسبت $\frac{V_p}{V_n}$ (كه در آن v_p برش طلب مانند ظرفيت خمشي مفصل پلاستيک و v_n مقاومت برشي اسمي هستند) بنا نهاده شده است. در ضوابط اين بازنگري آيين‌نامه فرض مي‌شود كه مقادير عامل‌هاي a وb براي هر كدام از اين شرايط وابسته به سه عامل $\frac{P}{A_g f_c'}$ ، $\frac{V}{b_w d\sqrt{f_c'}}$ و $\rho = \frac{A_v}{b_w S}$ باشند.

به نظر مي‌رسد كه دو عامل مهم و اساسي براي محاسبه، در تمام اين موارد غائب هستند. اين عامل‌هاي غائب عبارتند از: مقاومت تسليم آرماتور عرضي و همچنين نحوه آرايش ميلگردهاي عرضي و طولي كه تعيين‌كننده ميزان محصورشدگي هسته ستون‌هاي مربعي شكل هستند. در اين تحقيق، تلاش شده است كه اين دو عامل در پيش‌بيني مقادير عامل‌هاي a و b از ستون هاي مربعي شكل وارد شوند.

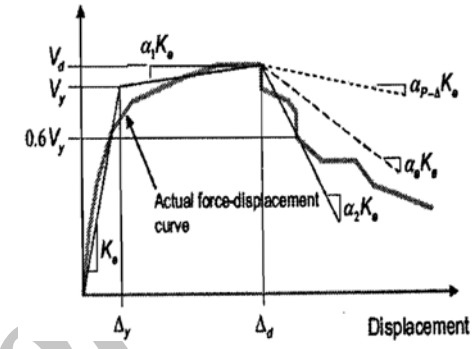
۳- استخراج مقادير عامل‌هاي a و b از اطلاعات آزمايشگاهي

نتايج آزمايش‌هايي كه توسط محققين مختلف بر روي ۳۸ نمونه ستون بتن آرمه انجام شده بود، براي بررسي مقادير عامل a مورد استفاده قرار گرفتند. اين نمونه ستون‌ها در جدول (۳) درج شده اند. از آنجا كه نسبت محاسبه شده $\frac{V_p}{V_n}$ براي اين ستون‌ها بين ۰/۶ و ۱ بوده، جزئيات آنها با ضوابط آيين‌نامه ACI318 برابري دارد و هم‌چنين اين نمونه‌ها داراي تنگ‌هايي با بست ۱۳۵ درجه هستند؛ بر مبناي طبقه‌بندي نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06، اين ستون‌ها با حالت شكست خمشي (حالت i) محسوب مي‌شوند. سامانه‌هاي آزمايش اين ستون‌هاي مورد بررسي طوري طراحي شده‌اند كه اثر $p-\Delta$ را در آزمايش وارد نمايند.

از طرف ديگر، براي استخراج مقادير عامل b، نياز به دانستن مقدار جابجايي جانبي كه ستون در آن جابجايي، ظرفيت تحمل بار ثقلي را از دست مي‌دهد، است. تعداد بسيار كمي از مطالعات، اين از دست رفتن بار ثقلي را گزارش نموده‌اند. با اين وجود نتايج ۱۳ نمونه ستون بتن آرمه جمع‌آوري شد كه شرايط فوق را داشته‌اند و هم‌چنين جابجايي كه در آن باربري ثقلي از دست‌رفته را گزارش نموده‌اند. براي اين ۱۳ نمونه مقادير عامل b محاسبه شده است. روند پيشنهادي در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 براي بدست آوردن منحني پوش، تفاوت‌هايي نسبت به نسخه‌ي قبلي (ASCE41-06) دارد. طبق نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06، منحني پوش بر روي هر نقطه از جابجايي بيشينه در طول دوره اول از هر نمو بارگذاري (يا تغييرشكل) رسم مي‌شود در حاليكه در نشريه ۳۶۰، فيما ۲۷۳، فيما ۳۵۶ و ASCE41-06 منحني پوش بر روي نقاط تقاطع اولين دوره منحني از نمو تغييرشكل i ام با آخرين دوره منحني از گام تغييرشكل (i-1) ام رسم مي‌شود. اين تفاوت در شكل (۲) براي يكي از ستون‌هاي مورد مطالعه، نشان داده شده است.



شكل (۲): مقايسه نحوه بدست آوردن پوش منحني ميان نسخه‌ی بازنگری شده ASCE41-06 [۲]و نسخه‌هاي قبلي اين آيين‌نامه در يكي از ستون‌هاي مورد مطالعه



شكل (۳): نمونه رفتار دوخطي نيرو - تغيير مكان

با استفاده از منحني‌هاي هيسترتيک نيرو - جابجايي جانبي، دو منحني پوش براي هر كدام از نمونه‌هاي مورد مطالعه (بر پايه دو رويه‌اي كه در بالا اشاره شد) تعيين شد. منحني‌هاي پوش بدست آمده به منحني‌هاي چند خطي تبديل و با توجه به شكل (۱) ، عامل هاي a وb براي اين ستون‌ها تعيين شدند. براى يكسان‌سازي تقريب چندخطي منحني پوش ستون‌ها، از روند پيشنهادي در ASCE41-06 براي دوخطي نمودن منحني نيرو - جابجايي سازه‌ها استفاده شد كه در شكل (۳) نشان داده شده است.

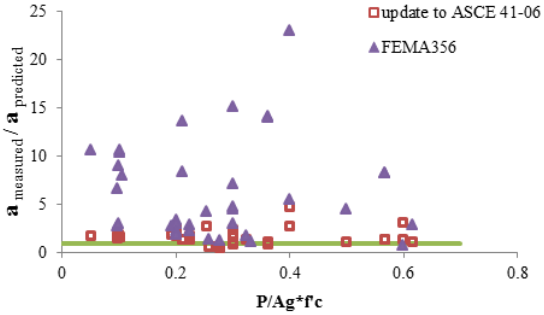
روندهاي اشاره شده در بالا براي محاسبه مقادير عامل a نشريه ۳۶۰، فيما ۳۵۶ و نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 و براي استخراج مقادير عامل a ($a_{measured}$)، ۳۸ نمونه ستون اعمال شدند. در شكل (۴) نسبت‌هاي آزمايشگاهي بدست آمده براي عامل a به مقدار پيش‌بيني شده‌ي آنها توسط فيما ۳۵۶ و نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 نشان داده شده است. همانطور كه از شكل مشخص مي‌شود مقادير پيش‌بيني شده توسط فيما ۳۵۶ بسيار محافظه‌كارانه است به طوريكه حتي براي يكي از نمونه‌ها، نسبت مقدار بدست آمده‌ي آزمايشگاهي به مقدار a پيش‌بيني شده آن توسط اين آيين‌نامه حدودا ۲۳ برابر است. به نظر مي‌رسد كه اين اختلاف بنا به دلايل زير باشد:

روند فيما ۳۵۶ در محاسبه‌ي منحني پوش بسيار محافظه‌كارانه است، در نتيجه جابجايي نهايي را خيلي كمتر برآورد مينمايد.

حاشيه‌ي امنيت بسيار بالايي براي پيش‌بيني مقادير براي عامل a در اين آيين‌نامه در نظر گرفته شده است.

طبقه‌بندي نامناسب ستون‌ها و متغيرهاي تعيين كننده براي اين طبقه‌بندي.

از طرف ديگر مقادير پيش‌بيني شده توسط نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06، ارزيابي بهتري از عامل a را داده است، به‌طوريكه، با توجه به شكل (۴) مي‌توان ديد كه بيشتر نسبت مقدار محاسبه شده آزمايشگاهي عامل a به مقدار پيش‌بيني آن توسط نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06، ۴/۷ است كه نشان‌دهنده‌ي بهبود برآورد كم مقادير در مقايسه با فيما ۳۵۶ است.



شكل (۴): مقايسه نسبت مقادير اندازه گيري شده به مقادير پيش‌بيني شده از عامل a توسط فيما ۳۵۶ [۸]و نسخه ی بازنگری شده ASCE41-06 [۲] براي ۳۸ ستون آزمايشگاهي

۱- بررسي جدول ارائه شده توسط نشريه ۳۶۰

همان‌طور كه اشاره شد، نشريه ۳۶۰، جدولي را براي تعيين عامل‌هاي رفتاري ستون در نمودار نيروي جانبي - جابجايي با عنوان "عامل‌هاي نمونه‌سازي و معيارهاي پذيرش براي روش‌هاي غيرخطي – ستون‌هاي بتن مسلح" ارائه نموده است. تا حدودي مي‌توان گفت كه اين جدول عينا از جدول مشابه در فيما ۳۵۶ گرفته شده است. به طوريكه تمام ضوابط و مقادير موجود در اين جدول عينا همان ضوابط و مقاديري است كه در جدول مشابه فيما ۳۵۶ آمده است. در اينجا نكته با دقت در اين دو جدول و مقايسه‌ي اين دو با هم است، به طوريكه بايد اعلام نمود كه اقتباس كامل اين جدول از جدول مشابه آن در فيما ۳۵۶، بدون تغييرات لازم و ضروري، باعث شده است كه محاسبات مربوطه با استفاده از نشريه ۳۶۰ در بعضي موارد غلط و حتي منافي موارد ديگر ارائه شده در همين نشريه ۳۶۰

باشد.

در اين نشريه براي تعيين مقادير عامل‌هاي نمونه‌سازي a و b، ستون‌ها از نظر سطح بار محوري، نسبت ظرفيت برش كل مقطع به ظرفيت برش قابل تحمل توسط بتن و همچنين از نظر واجد شرايط و يا بدون شرايط بودن آرماتورهاي عرضي، دسته‌بندي مي‌شوند. گفتني است كه در تقسيم‌بندي ستون‌ها از نظر نسبت ظرفيت برش قابل تحمل توسط بتن از رابطه (۱) استفاده شده است:

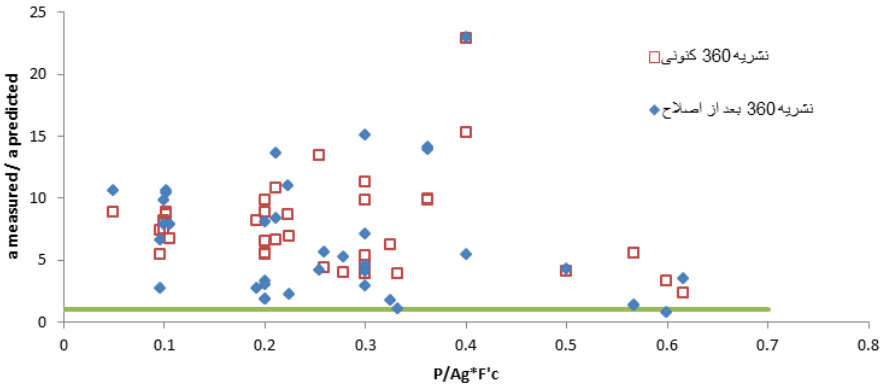
$$\frac{V}{b_w d\sqrt{f_c'}} = \frac{2V}{V_c} \qquad (۱)$$

اين عبارت همان عبارتي است كه در فيما ۳۵۶ آمده و با عنايت به اينكه مقادير متغيرها در فيما ۳۵۶ به واحد PSI هستند و در نشريه ۳۶۰ به واحد SI، بنابراين استفاده از اين عبارت در نشريه ۳۶۰ بدون توجه به تبديل واحدها نادرست است. گفتني است كه در فيما ۳۵۶ مقدار مقاومت برشي قابل تحمل توسط بتن (v_c) با استفاده از واحدهاي پوند و اينچ از رابطه $V_c = 2b_w d\sqrt{f_c'}$ تعيين مي‌شود. حال آنكه بر اساس نشريه ۳۶۰، اين مقدار بايد با استفاده از رابطه ارائه شده در آيين‌نامه آبا در واحد SI تعيين شود ($V_c = 0.2b_w d\sqrt{f_c'}$) كه منجر به متفاوت بودن مقادير نسبت مندرج در رابطه (۱) مي‌شود. براي تصحيح اين نسبت در نشريه ۳۶۰ به يكي از دو روش زير مي‌توان عمل نمود:

۱. در تقسيم‌بندي، فقط از عبارت $\frac{2V}{V_c}$ به جاي عبارت $\frac{V}{b_w d\sqrt{f_c'}} = \frac{2V}{V_c}$ استفاده شود.

۲. در تقسيم‌بندي از عبارت $\frac{V}{b_w d\sqrt{f_c'}} = \frac{0.2V}{V_c}$ به جاي عبارت $\frac{V}{b_w d\sqrt{f_c'}} = \frac{2V}{V_c}$ استفاده شود و اعداد مربوط به اين عامل نيز از ۳ و ۶ به ترتيب به ۰/۳ و ۰/۶ تغيير نمايد.

البته گفتني است كه با تغييرات و تصحيحات فوق مقادير بدست آمده از جدول نشريه ۳۶۰ مانند مقادير بدست آمده از فيما ۳۵۶ بسيار محافظه كارانه است و نياز به بازنگري دارد. در شكل (۵) مقايسه‌اي ميان مقادير پيش‌بيني شده توسط جدول كنوني نشريه ۳۶۰ و مقادير پيش‌بيني شده توسط جدول تصحيح شده از اين نشريه با مقادير آزمايشگاهي بدست آمده از ۳۸ نمونه مورد مطالعه براي تعيين عامل a ديده مي‌شود و مقادير دقيق اين نتايج در جدول (۱) آورده شده است. در اين شكل به وضوح ديده مي‌شود كه در جدول كنوني نشريه ۳۶۰ به دليل اشتباه صورت گرفته، چنين استنباط مي‌شود كه مقاومت برشي قابل تحمل توسط بتن برابر با $V_c = 2b_w d\sqrt{f_c'}$ است در صورتي‌كه مقدار اصلي آن به واحد SI حدودی برابر ۰/۱ اين مقدار است. كه اين امر باعث مي‌شود كه با توجه به شروط آمده در نشريه ۳۶۰ در رابطه با تقسيم‌بندي ستون‌ها به ستون‌هاي با آرماتورهاي عرضي واجد شرايط (C) و بدون شرايط (NC)، همگي نمونه ستون‌ها در قسمت بدون شرايط (NC) محسوب مي‌شوند و در نتيجه مقادير عامل‌هاي a و b آنها بسيار كم برآورد شود.



شكل ۵ – مقايسه ميان نسبت مقادير اندازه گيري شده به مقادير پيش بيني شده از پارامتر **a** توسط نشريه ۳۶۰ كنوني[۱] و نشريه ۳۶۰ بعد از اصلاح پيشنهادي

جدول (۱): مقادير اندازه گيري شده و مقادير پيش بيني شده از پارامتر a توسط نشريه ۳۶۰ كنوني و نشريه ۳۶۰ بعد از اصلاح پيشنهادي

نشريه ۳۶۰ بعد از اصلاح پيشنهادي	نشريه ۳۶۰ كنوني			نشريه ۳۶۰ بعد از اصلاح پيشنهادي	نشريه ۳۶۰ كنوني		
a predicted	a predicted	a measured	نام نمونه	a predicted	a predicted	a measured	نام نمونه
۰/۰۱۴۳	۰/۰۰۴۸	۰/۰۳۲۶	Xiao,2002,FHC3-0.22	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۵۳۲	Matamoros,1999,C10-05S
۰/۰۱۳۹	۰/۰۰۴۴	۰/۰۵۸۹	Muguruma,1989,BH-1	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۵۹	۰/۰۴۴۰	Xiao,1998,HC4-8L16-T10-0.1P
۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۴۴	۰/۰۱۹۲	Atalay,1975,n9	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۳۲۹	Xiao,1998,HC4-8L16-T6-0.1P
۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۶۹	Atalay,1975,n11	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۶۰	۰/۰۴۵۲	Soesianawati,1986,n1
۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۴۰	۰/۰۱۵۴	Soesianawati,1986,n3	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۴۹۰	Tanaka,1990,n6
۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۴۰	۰/۰۱۸۲	Soesianawati,1986,n4	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۵۱۸	Matamoros,1999,C10-10N
۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۴۰	۰/۰۴۵۳	Galeota,1996.BB4	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۵۳۱	Matamoros,1999,C10-10S
۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۴۰	۰/۰۲۱۲	Galeota,1996.BB4B	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۵۹	۰/۰۳۹۹	Kanda,1988,85STC-1
۰/۰۱۳۳	۰/۰۰۴۰	۰/۰۳۹۵	Galeota,1996.CB3	۰/۰۱۴۸	۰/۰۰۵۰	۰/۰۴۰۹	Xiao,1998,HC4-8L16-T10-0.2P
۰/۰۱۳۰	۰/۰۰۳۸	۰/۰۲۳۴	Xiao,2002,FHC4-0.33	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۵۰	۰/۰۴۹۱	Tanaka,1990,n2
۰/۰۱۲۹	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۴۴	Xiao,2002,FHC2-0.34	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۵۰	۰/۰۴۴۵	Tanaka,1990,n4
۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۴	۰/۰۳۳۵	Matamoros,1999,C5-40N	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۵۰	۰/۰۳۲۴	Xiao,2002,FHC6-0.2
۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۴	۰/۰۳۳۱	Matamoros,1999,C5-40S	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۷۵	Galeota,1996.CB1
۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۴۶۰	Muguruma,1989,AL-1	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۷۹	Galeota,1996.CB2
۰/۱۲۰	۰/۰۰۲۹	۰/۰۶۵۷	Muguruma,1989,AH-1	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۴۹	۰/۰۳۲۴	Matamoros,1999,C10-20N
۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۳۰	۰/۰۱۲۴	Watson,1989,n6	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۴۹	۰/۰۵۲۹	Matamoros,1999,C10-20S
				۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۴۸	۰/۰۴۱۳	Zahn,1986,n7

۲- شاخص تعيين‌كننده پيشنهادي براي ستون‌هاي با حالت خرابي خمشي (حالت i)

همانطور كه گفته شد، به نظر ميرسد كه عامل $\rho = \frac{A_v}{b_w S}$ (كه براي تعيين مقادير عامل‌هاي a و b از رفتار جانبي ستون‌هاي مربعي شكل در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 به كار رفته است) قادر به پيش‌بيني مناسبي از ميزان محصورشدگي (كه عامل اساسي در پيش بيني رفتار ستون‌هاي كنترل شده توسط خمش مي‌باشد) ستون‌هاي بتن آرمه نيست. به همين دليل و براى بدست آوردن يک اندازه‌گيري بهتر از ميزان محصورشدگي موجود در ستون‌هاي مربعي، شاخص محصورشدگي زير به كار رفت:

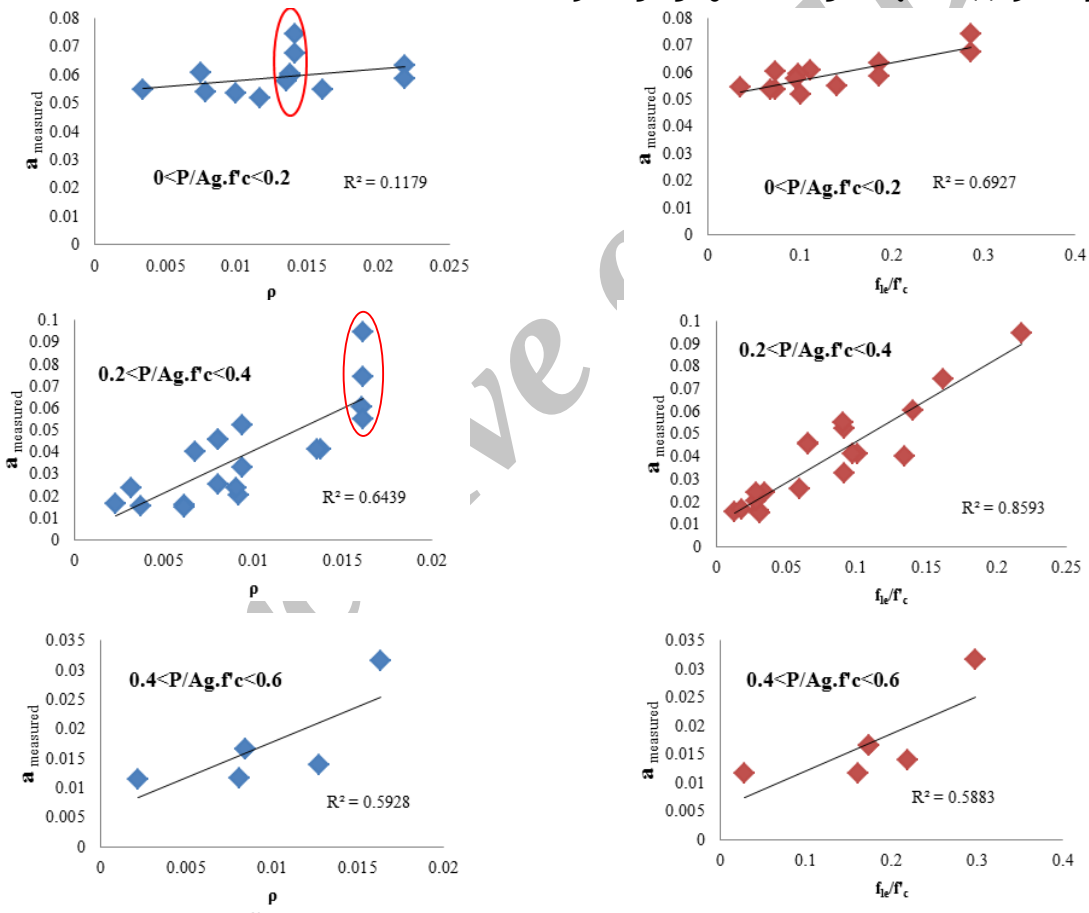
$$\frac{f_{le}}{f'_{co}} = K_e \frac{\rho . f_{yh}}{2 f'_{co}} \qquad (۲)$$

K_e، به عنوان ضريب اثر هندسي توسط شيخ و اوزومري در سال ۱۹۸۲، مندر و ديگران در سال ۱۹۸۸ و EC8 (آيين نامه اروپا) در سال ۱۹۹۸ معرفي و استفاده شده است و بيانگر نسبت بين سطح موثر محصورشده به سطح مقطع كل ستون است. اين ضريب، اثر هندسه‌ي آرماتورهاي طولي و عرضي را در محصورشدگي بتن نشان مي‌دهد و به شكل مقطع، آرايش و فواصل ميان آرماتورهاي طولي و عرضي وابسته است. در حقيقت، در اينجا دو ضريب اثر به‌صورت مجزا موجود است، يكي به علت اثر كماني بين ميلگردهاي طولي و ديگري وابسته به ارتفاع ميلگردهاي عرضي در ستون‌هاي مربعي شكل است. بنابراين، ضريب اثر هندسه ستون محصول دو ضريب است:

$$K_{,section} = 1 - \frac{\sum w_i^2}{6 D_x D_y} \qquad \text{و} \qquad k_{,height} = (1 - \frac{s'}{2 d_c})^2 \qquad)$$

در اين تحقيق، از اين شاخص محصورشدگي، به عنوان عاملي تعيين‌كننده براي پيش‌بيني عامل‌هاي a و b براي ستون‌هاي مورد بررسي استفاده شد. به نظر مي‌رسد كه اين شاخص برآورد مناسب‌تري از سطح محصورشدگي را مي‌دهد، به دليل اينكه (به جاي عامل ρ كه در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 استفاده شده بود.) اين شاخص اثر مقاومت تسليم آرماتور عرضي و نحوه چينش و آرايش آرماتورهاي طولي و عرضي را نيز در خود مي‌بيند و محاسبه مي‌نمايد. همان‌طور كه در شكل (۶) ديده مي‌شود، ارتباط دو عامل تعيين‌كننده‌ي ρ و $(\frac{f_{le}}{f'_{co}})$ با مقادير اندازه‌گيري شده از عامل a بر اساس سطح بار محوري اعمال شده در آزمايش ستون‌هاي مورد بررسي، به ۳ گروه تقسيم‌بندي شده و با هم مقايسه شده‌اند. شكل (۶) به

وضوح نشان مي‌دهد كه مقـادير آزمايـشگاهي بدسـت آمـده از عامل a، ارتباط بسيار قوي‌تري را با شاخص پيشنهادي ($\frac{f_{le}}{f_{co}}$) نسبت به نسبت حجمي محصورکننده (ρ) دارد. همچنين در ايـن شكل به طور ويـژه بـا بررسـي تعـدادي از نمونـه‌هـا كـه داراي آرماتورهاي عرضي با حجم يكساني هستند اما به دليـل تفـاوت در مقـدار مقاومـت تـسليم آنهـا يـا تفـاوت در نحـوه آرايـش ميلگردهاي آنها در آزمايش، بـه مقـدارهاي متفـاوتي از عامـل a دست يافته‌اند، ضعف شـاخص محـصورشدگي بـه كاررفتـه در آيين‌نامه‌هاي موجود نـشان داده شـده اسـت. نقـاط مربـوط بـه داده‌هاي اين نمونه‌ها در شكل (۶- الف) با بيضي محاط شده‌اند. به‌عنوان مثال، اثر مثبت اين شاخص را مي‌تـوان بـا مقايـسه دو ستون مشابه آزمايش شده به وسيله موگورامـا در سـال ۱۹۸۹ در جدول شماره (۲) ديد. تنهـا تفـاوت ميـان ايـن دو نمونـه، در مقادير مقاومت تسليم آرماتورهاي عرضي است كـه بـه ترتيـب بـــراي نمونـــه‌هـــاي AL-1 و AH-1 برابـــر ۳۲۸/۴ و ۷۹۲/۴ مگاپاسكال است. اين مطلب روشن است كه اگرچه نسبت حجمي ρ براي اين دو نمونه يكسان اسـت (و در نتيجـه بـا اسـتفاده از نـسخه ي بـازنگري شـده ASCE41-06 بـراي عامـل a مقـدار يكساني بدست خواهد آمد) اما ظرفيت جابجـايي متفـاوتي بـراي اين نمونه‌ها در طول آزمايش ثبت شده است. اين در حالي است كه از مقايسه نقاط داده‌هاي شكل (۶-ب) در مقايسه با (۶-الـف) مشخص است كه شاخص محصورشدگي پيشنهادي توانسته به درستي تغيير مقادير عامل a را براي ايـن دو نمونـه پـيش‌بينـي نمايـد. در شـكل (۶) بـه وضـوح ديـده مـي‌شـود كـه شـاخص پيشنهادي رابطه خطي دقيق‌تري با مقادير انـدازه‌گيـري شـده از عامل a دارد.



(الف) (ب)

شكل (۶): مقايسه ارتباط بين مقادير اندازه گيري شده از پارامتر a با الف) نسبت حجمي محصورشدگي (پارامتر تعيين‌كننده در نسخه ی بازنگری شده ASCE41-06 [۲]) و ب) شاخص موثر محصورشدگي (پارامتر تعيين كننده پيشنهادي)

۳- جدول پيشنهادي جايگزين براي آيين‌نامه ASCE-4106 براي تعيين عامل‌هاي a و b

در اين تحقيق، شاخص محصورشدگي پيشنهادي به عنوان عاملي تعيين‌كننده براي پيش‌بيني مقادير ظرفيت جابجايي براي ستون‌هاي مربعي مورد مطالعه با حالت خرابي خمشي به كار گرفته شد. همانطور كه در شكل (۶) نشان داده شده است، اين

شاخص، قابليت مناسبي براي پيش‌بيني اثرات متغيرهاي مختلف بر روي مقادير عامل a از ستون‌هاي مورد مطالعه دارد. بنابراين، مقادير عامل a از ۳۸ نمونه اشاره شده و هم‌چنين مقادير اندازه‌گيري شده عامل b از ۱۳ نمونه، مورد بررسي قرار گرفتند و مقادير شاخص محصورشدگي پيشنهادي آنها محاسبه شده و بر اساس تغييرات مقادير آن با مقادير حاصل از آزمايش براي عامل‌هاي a و b و با طبقه‌بندي نمونه‌ها بر مبناي سطح بار محوري اعمالي، جدول (۲) تعيين شد. اين جدول را مي‌توان به‌عنوان جايگزيني براي جدول‌هاي آيين‌نامه‌هاي موجود (كه از عامل نسبت حجمي استفاده مي‌نمايد) براي برآورد مقادير عامل‌هاي a و b به شمار آورد. مقادير پيشنهاد شده در جدول (۲) بهترين انطباق را با داده‌هاي آزمايشگاهي براي ستون‌هاي مورد بررسي دارند. گفتنی است كه مقادير aو b ارائه شده در جدول زير به نحوي تعيين شدند كه علاوه بر پيش بيني دقيق از مقادير حاصل از آزمايش، براي عامل a، احتمال گذر مقادير پيش‌بيني شده نسبت به مقادير بدست آمده آنها از آزمايش كمتر از ۲۰ درصد و براي عامل b، اين احتمال كمتر از ۱۰ درصد باشد. احتمال گذر كمتر در نظر گرفته شده براي عامل b به دليل ماهيت فاجعه بار از دست رفتن باربري ثقلي است.

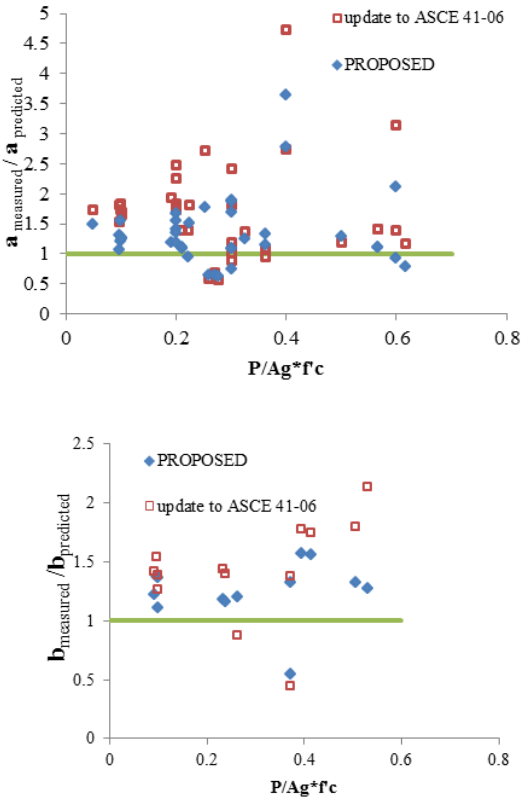
جدول (۲): جدول پيشنهادي براي پيش‌بيني عامل‌هاي نمونه-سازي **"a"** و **"b"**

$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\frac{f_{le}}{f'_{co}}$	a	b
≤۰/۱	≥۰/۱۵	۰/۰۵۹	۰/۰۷۵
≥۰/۵	≥۰/۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۳
≤۰/۱	≤۰/۰۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴
≥۰/۵	≤۰/۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۲

٤- مقايسه جدول پيشنهادي با جدول نسخه‌ي بازنگري شده **ASCE41-06**:

جدول پيشنهاد شده در بالا، براي پيش‌بيني مقادير عامل a از ۳۸ نمونه، مورد مطالعه قرار گرفت. اين مقادير پيشنهادي براي عامل a و هم‌چنين مقادير حاصل از نتايج آزمايش، در جدول (۳) خلاصه شده و با يكديگر مقايسه شده‌اند. همچنين كار مشابهي با استفاده از جداول ارائه شده در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 انجام شده است. به طور مشابه مقادير پيش‌بيني شده از عامل b در ۱۳ نمونه ستون آزمايشگاهي (كه جابجايي نظير از دست رفتن باربري ثقلي را گزارش كرده بودند) با استفاده از جدول پيشنهاد شده (جدول ۲) با مقادير پيش‌بيني شده به وسيله نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 و نيز مقادير حاصل از آزمايش‌ها در جدول (۴) مقايسه شده‌اند. هم‌چنين، نسبت مقادير بدست آمده آزمايشگاهي به مقادير پيش‌بيني آنها به وسيله جدول پيشنهادي و نيز جدول مندرج در نسخه ي بازنگري شده ASCE41-06 براي عامل a (براي ۳۸ نمونه) و عامل b (براي ۱۳ نمونه) در شكل (۷) نشان داده شده است. همانطور كه در شكل (۷) و جدول‌هاي (۳) و(۴) ديده مي‌شود، جدول پيشنهادي (جدول ۲) در مقايسه با جدول نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06، برآورد بسيار بهتري از مقادير حاصل از آزمايش ارائه نموده است.

هم‌چنين در جدول (۳) ديده مي‌شود كه بيش‌ترين نسبت مقدار اندازه‌گيري شده به مقدار پيش‌بيني شده توسط فيما ۳۵۶ برابر با ۲۳ و در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 براي عامل a برابر با ۴/۷ است. در حالي‌كه اين نسبت براي جدول پيشنهادي ۳/۶ است، كه اين نشان‌دهنده‌ي كمتر بودن بيشينه خطاي پيش‌بيني ظرفيت جابجايي ستون‌هاي مربعي شكل با حالت خرابي خمشي، در صورت استفاده از جدول پيشنهادي است.



شكل (۷): نسبت مقادير پيش‌بيني شده از عامل a و b به مقادير پيش‌بيني شده ي آنها توسط نسخه‌ی بازنگری شده ASCE41-06 [۲]و جدول پيشنهادي براي ستون‌هاي مورد مطالعه

جدول (۳): مقادير اندازه‌گيري شده و پيش‌بيني شده از عامل **"a"** براي نمونه‌هاي مورد مطالعه

نام نمونه	$\frac{P}{A_g f_c'}$	$\frac{A_v}{b_w S}$	$\frac{f_{le}}{f_{co}'}$	FEMA356 a measured	Update to ASCE 41-06 a measured	FEMA356 a predicted	Update to ASCE 41-06 a predicted	PROPOSED a predicted	FEMA356 $\frac{a(measured)}{a(predicted)}$	Update to ASCE 41-06 $\frac{a(measured)}{a(predicted)}$	PROPOSED $\frac{a(measured)}{a(predicted)}$
Matamoros,1999,C10-05S	۰/۰۴۹۵	۰/۰۱۳۷	۰/۰۷۳۵	۰/۰۵۳۲	۰/۰۶۰۳	۰/۰۰۵۰	۰/۰۳۵۰	۰/۰۴۰۶	۱۰/۶۳۴۱	۱/۷۲۳۹	۱/۴۸۴۹
Xiao,1998,HC4-8L16-T10-0.1P	۰/۰۹۶۲	۰/۰۲۱۹	۰/۱۸۷۰	۰/۰۴۴۰	۰/۰۶۳۳	۰/۰۱۶۰	۰/۰۳۵۰	۰/۰۵۹۰	۲/۷۴۷۳	۱/۸۰۸۸	۱/۰۷۳۰
Xiao,1998,HC4-8L16-T6-0.1P	۰/۰۹۶۲	۰/۰۰۹۹	۰/۰۷۳۵	۰/۰۳۲۹	۰/۰۵۳۴	۰/۰۰۵۰	۰/۰۳۵۰	۰/۰۴۰۶	۶/۵۸۱۵	۱/۵۲۴۶	۱/۳۱۲۹
Soesianawati,1986,n1	۰/۱۰۰۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۳۷۵	۰/۰۴۵۲	۰/۰۵۴۶	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۹۸	۰/۰۳۵۰	۹/۰۴۹۰	۱/۸۳۱۴	۱/۵۵۸۸
Tanaka,1990,n6	۰/۱۰۰۰	۰/۰۰۷۵	۰/۱۱۱۳	۰/۰۴۹۰	۰/۰۶۰۶	۰/۰۱۶۰	۰/۰۳۵۰	۰/۰۴۹۷	۳/۰۶۰۸	۱/۷۳۰۹	۱/۲۱۸۴
Matamoros,1999,C10-10N	۰/۱۰۲۰	۰/۰۱۳۷	۰/۰۹۸۰	۰/۰۵۱۸	۰/۰۵۹۲	۰/۰۰۵۰	۰/۰۳۴۹	۰/۰۴۶۳	۱۰/۳۹۴۱	۱/۶۹۶۴	۱/۲۷۷۷
Matamoros,1999,C10-10S	۰/۱۰۲۰	۰/۰۱۳۶	۰/۰۹۵۷	۰/۰۵۳۱	۰/۰۵۷۶	۰/۰۰۵۰	۰/۰۳۴۹	۰/۰۴۵۸	۱۰/۶۵۵۹	۱/۶۵۱۲	۱/۲۵۸۶
Kanda,1988,85STC-1	۰/۱۰۵۵	۰/۰۰۳۸	۰/۰۳۷۳	۰/۰۳۹۹		۰/۰۰۴۹	۰/۰۳۰۳	۰/۰۳۴۶	۸/۰۶۲۶		
Xiao,1998,HC4-8L16-T10-0.2P	۰/۱۹۲۵	۰/۰۲۱۹	۰/۱۸۷۰	۰/۰۴۰۹	۰/۰۵۸۵	۰/۰۱۴۸	۰/۰۳۰۴	۰/۰۴۸۸	۲/۷۷۱۷	۱/۹۲۵۲	۱/۱۹۷۷
Tanaka,1990,n2	۰/۲۰۰۰	۰/۰۱۴۱	۰/۲۸۶۴	۰/۰۴۹۱	۰/۰۷۴۱	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۰۰	۰/۰۴۸۰	۳/۳۴۹۷	۲/۴۶۹۶	۱/۵۴۳۴
Tanaka,1990,n4	۰/۲۰۰۰	۰/۰۱۴۱	۰/۲۸۶۴	۰/۰۴۴۵	۰/۰۶۷۴	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۰۰	۰/۰۴۸۰	۳/۰۳۵۱	۲/۲۴۶۰	۱/۴۰۳۷
Xiao,2002,FHC1-0.2	۰/۲۰۰۰	۰/۰۱۱۷	۰/۱۰۱۰		۰/۰۵۱۸		۰/۰۳۰۰	۰/۰۳۸۴		۱/۷۲۶۷	۱/۳۴۷۶
Xiao,2002,FHC6-0.2	۰/۲۰۰۰	۰/۰۰۷۸	۰/۰۶۸۳	۰/۰۳۲۴	۰/۰۵۳۶	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۰۰	۰/۰۳۲۱	۲/۲۰۹۷	۱/۷۸۷۴	۱/۶۷۲۳
Galeota,1996.CB1	۰/۲۰۰۰	۰/۰۱۶۱	۰/۱۴۰۱	۰/۰۲۷۵	۰/۰۵۴۷	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۰۰	۰/۰۴۶۱	۱/۸۷۳۹	۱/۸۲۴۶	۱/۱۸۸۳
Galeota,1996.CB2	۰/۲۰۰۰	۰/۰۱۶۱	۰/۱۴۰۱	۰/۰۲۷۹		۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۰۰	۰/۰۴۶۱	۱/۸۹۹۲		
Matamoros,1999,C10-20N	۰/۲۱۰۸	۰/۰۱۳۷	۰/۱۰۰۸	۰/۰۳۲۴	۰/۰۴۱۱	۰/۰۰۳۹	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۷۵	۸/۳۲۷۴	۱/۳۹۶۲	۱/۰۹۷۹
Matamoros,1999,C10-20S	۰/۲۱۰۸	۰/۰۱۳۶	۰/۰۹۷۰	۰/۰۵۲۹	۰/۰۴۱۰	۰/۰۰۳۹	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۶۷	۱۳/۵۸۴۱	۱/۳۹۰۱	۱/۱۱۴۹
Zahn,1986,n7	۰/۲۲۳۱	۰/۰۰۶۷	۰/۱۳۴۶	۰/۰۴۱۳	۰/۰۴۰۲	۰/۰۱۴۴	۰/۰۲۸۸	۰/۰۴۲۶	۲/۸۷۶۸	۱/۳۹۵۳	۰/۹۴۴۴
Xiao,2002,FHC3-0.22	۰/۲۲۴۷	۰/۰۰۹۳	۰/۰۹۱۲	۰/۰۳۲۶	۰/۰۵۲۴	۰/۰۱۴۳	۰/۰۲۸۸	۰/۰۳۴۵	۲/۲۷۶۱	۱/۸۲۲۲	۱/۵۲۰۳
Muguruma,1989,BH-1	۰/۲۵۳۹	۰/۰۱۶۲	۰/۱۶۱۵	۰/۰۵۸۹	۰/۰۷۴۲	۰/۰۱۳۹	۰/۰۲۷۳	۰/۰۴۲۱	۴/۲۲۲۸	۲/۷۱۵۶	۱/۷۶۲۴
Atalay,1975,n9	۰/۲۵۸۶	۰/۰۰۶۱	۰/۰۳۰۴	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۵۸	۰/۰۱۳۹	۰/۰۲۷۱	۰/۰۲۴۷	۱/۳۸۴۹	۰/۵۸۴۷	۰/۶۴۱۰
Atalay,1975,n12	۰/۲۷۰۸	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۳۴		۰/۰۱۵۲		۰/۰۲۲۴	۰/۰۲۳۹		۰/۶۸۰۴	۰/۶۳۷۱
Atalay,1975,n11	۰/۲۷۷۸	۰/۰۰۶۱	۰/۰۳۱۰	۰/۰۱۶۹	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۳۶	۰/۰۲۶۱	۰/۰۲۳۴	۱/۲۴۰۶	۰/۵۷۰۱	۰/۶۳۴۹
Soesianawati,1986,n3	۰/۳۰۰۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۳۴۵	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۳۸	۰/۰۰۳۴	۰/۰۲۰۲	۰/۰۲۲۰	۴/۴۸۶۵	۱/۱۷۹۶	۱/۰۸۲۶
Soesianawati,1986,n4	۰/۳۰۰۰	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۸۲	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۳۹	۰/۰۱۸۶	۰/۰۲۲۰	۴/۷۱۰۷	۰/۸۸۲۴	۰/۷۴۷۴
Galeota,1996.BA2	۰/۳۰۰۰	۰/۰۰۸۰	۰/۰۵۹۹		۰/۰۲۵۴		۰/۰۲۵۰	۰/۰۲۳۵		۱/۰۱۴۲	۱/۰۷۹۷

Galeota,1996.BB4	۰/۳۰۰۰	۰/۰۰۸۰	۰/۰۶۵۳	۰/۰۴۵۳	۰/۰۴۵۹	۰/۰۰۳۰	۰/۰۲۵۰	۰/۰۲۴۳	۱۵/۱۱۱۱	۱/۸۳۵۱	۱/۸۸۸۲
Galeota,1996.BB4B	۰/۳۰۰۰	۰/۰۰۸۰	۰/۰۶۵۳	۰/۰۲۱۲	۰/۰۴۵۴	۰/۰۰۳۰	۰/۰۲۵۰	۰/۰۲۴۳	۷/۰۷۹۵	۱/۸۱۴۰	۱/۸۶۶۶
Galeota,1996.CB3	۰/۳۰۰۰	۰/۰۱۶۱	۰/۱۴۰۱	۰/۰۳۹۵	۰/۰۶۰۴	۰/۰۱۳۳	۰/۰۲۵۰	۰/۰۳۵۵	۲/۹۶۳۰	۲/۴۱۴۲	۱/۶۹۹۷
Xiao,2002,FHC4-0.33	۰/۳۲۴۴	۰/۰۰۹۳	۰/۰۹۱۴	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۲۸	۰/۰۱۳۰	۰/۰۲۳۸	۰/۰۲۶۲	۱/۸۰۱۳	۱/۳۷۷۶	۱/۲۵۱۷
Xiao,2002,FHC2-0.34	۰/۳۳۲۶	۰/۰۱۱۷	۰/۱۰۴۲	۰/۰۱۴۴		۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۳۴	۰/۰۲۷۲	۱/۱۱۵۰		
Matamoros,1999,C5-	۰/۳۶۲۴	۰/۰۰۹۲	۰/۰۲۹۰	۰/۰۳۳۵	۰/۰۲۰۵	۰/۰۰۲۴	۰/۰۲۱۹	۰/۰۱۷۹	۱۴/۱۰۳۱	۰/۹۳۷۳	۱/۱۴۲۹
Matamoros,1999,C5-	۰/۳۶۲۴	۰/۰۰۹۰	۰/۰۲۸۴	۰/۰۳۳۱	۰/۰۲۳۸	۰/۰۰۲۴	۰/۰۲۱۹	۰/۰۱۷۹	۱۳/۹۲۸۶	۱/۰۸۹۹	۱/۳۲۹۰
Muguruma,1989,AL-1	۰/۳۹۹۹	۰/۰۱۶۲	۰/۰۹۰۵	۰/۰۴۶۰	۰/۰۵۴۹	۰/۰۰۲۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۱۹۸	۲۲/۹۹۰۳	۲/۷۴۳۶	۲/۷۷۸۴
Muguruma,1989,AH-1	۰/۳۹۹۹	۰/۰۱۶۲	۰/۲۱۸۲	۰/۰۶۵۷	۰/۰۹۴۵	۰/۰۱۲۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۲۶۰	۵/۴۷۲۵	۴/۷۲۳۸	۳/۶۳۳۳
Watson,1989,n6	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۲۲	۰/۰۲۷۶	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۱۵	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۹۰	۴/۴۸۰۲	۱/۱۸۹۵	۱/۲۸۱۰
Bechtoula,2002,L1D60	۰/۵۶۶۹	۰/۰۰۸۴	۰/۱۷۳۷	۰/۰۱۶۶	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۵۰	۸/۳۰۲۹	۱/۴۱۹۱	۱/۱۰۲۷
Bechtoula,2002,L1N60	۰/۵۶۶۹	۰/۰۰۸۴	۰/۱۷۳۷	۰/۰۱۶۶	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۵۰	۸/۲۷۵۴	۱/۴۱۹۱	۱/۱۰۲۶
Sugano,1996,UC15H	۰/۵۹۹۱	۰/۰۱۲۷	۰/۲۱۸۲	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱۳۹	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۰۰	۰/۰۱۵۰	۰/۷۶۲۴	۱/۳۸۰۲	۰/۹۲۴۱
Sugano,1996,UC20H	۰/۵۹۹۱	۰/۰۱۶۳	۰/۲۹۷۶		۰/۰۳۱۶		۰/۰۱۰۰	۰/۰۱۵۰		۳/۱۴۹۵	۲/۱۰۸۹
Ono,1989,CA060C	۰/۶۱۶۳	۰/۰۰۸۱	۰/۱۶۱۱	۰/۰۰۷۱	۰/۰۱۱۷	۰/۰۰۳۴	۰/۰۱۰۰	۰/۰۱۵۰	۲/۹۰۲۶	۱/۱۶۹۳	۰/۷۷۹۶

جدول (۴): مقادير اندازه گيري شده و پيش‌بيني شده از عامل "b" براي نمونه‌هاي مورد مطالعه

نام نمونه	$\frac{P}{A_g f_c'}$	$\frac{A_v}{b_w S}$	$\frac{f_{le}}{f_{co}'}$	b measured	Update to ASCE 41-06 b predicted	PROPOSED b predicted	Update to ASCE 41-06 $\frac{b(measured)}{b(predicted)}$	PROPOSED $\frac{b(measured)}{b(predicted)}$
Wehbe et al. ,1998, B1	۰/۰۹۲۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۸۲۰	۰/۰۶۲۷	۰/۰۴۴۳	۰/۰۵۱۲	۱/۴۱۴۲	۱/۲۲۳۹
Wehbe et al., 1998, A1	۰/۰۹۷۵	۰/۰۰۲۷	۰/۰۵۸۷	۰/۰۵۹۴	۰/۰۳۸۶	۰/۰۴۳۰	۱/۵۳۹۴	۱/۳۸۰۳
Xiao and Martirossyan, 1998, HC4-8L19-T10-0.1P	۰/۰۹۹۷	۰/۰۲۱۹	۰/۲۴۲۳	۰/۰۸۳۳	۰/۰۶۰۰	۰/۰۷۵۰	۱/۳۸۸۱	۱/۱۱۰۵
Soesianawati et al., 1986, No. 1	۰/۱۰۰۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۳۷۹	۰/۰۵۴۷	۰/۰۴۳۱	۰/۰۴۰۰	۱/۲۶۸۸	۱/۳۶۶۳
Wehbe et al., 1998, B2	۰/۲۳۲۴	۰/۰۰۳۶	۰/۰۸۲۰	۰/۰۴۹۶	۰/۰۳۴۴	۰/۰۴۱۹	۱/۴۴۱۳	۱/۱۸۳۳
Wehbe et al. ,1998, A2	۰/۲۳۸۷	۰/۰۰۲۷	۰/۰۵۸۷	۰/۰۴۱۱	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۵۳	۱/۳۹۳۰	۱/۱۶۳۱
Paultre & Legeron, 2000, No. 10013025	۰/۲۶۴۱	۰/۰۰۷۶	۰/۰۳۲۷	۰/۰۳۸۱	۰/۰۴۳۶	۰/۰۳۱۸	۰/۸۷۴۹	۱/۱۹۹۵
Paultre & Legeron, 2000, No. 10013040	۰/۳۷۱۰	۰/۰۰۷۶	۰/۰۳۲۸	۰/۰۱۴۶	۰/۰۳۲۹	۰/۰۲۶۴	۰/۴۴۲۳	۰/۵۵۰۱
Paultre et al., 2001, No. 1008040	۰/۳۷۱۴	۰/۰۰۸۷	۰/۰۹۲۷	۰/۰۴۵۳	۰/۰۳۲۹	۰/۰۳۴۱	۱/۳۷۸۶	۱/۳۲۶۹
Paultre & Legeron,, 2000, No. 1006040	۰/۳۹۴۱	۰/۰۱۶۴	۰/۱۰۵۷	۰/۰۵۴۳	۰/۰۳۰۶	۰/۰۳۴۵	۱/۷۷۳۴	۱/۵۷۰۲
Paultre et al., 2001, No. 1206040	۰/۴۱۳۵	۰/۰۱۶۴	۰/۰۹۹۶	۰/۰۵۰۰	۰/۰۲۸۷	۰/۰۳۲۰	۱/۷۴۶۵	۱/۵۶۵۵
Paultre et al., 2001, No. 1006052	۰/۵۰۶۰	۰/۰۱۶۴	۰/۱۱۱۷	۰/۰۳۴۸	۰/۰۱۹۴	۰/۰۲۶۲	۱/۷۹۳۰	۱/۳۲۹۱
Paultre et al., 2001, No. 1005552	۰/۵۲۹۸	۰/۰۱۲۷	۰/۱۳۵۶	۰/۰۳۶۴	۰/۰۱۷۰	۰/۰۲۸۶	۲/۱۳۶۰	۱/۲۷۲۹

۸_نتيجه‌گيري

رفتار غيرخطي نيروي جانبي - جابجايي ستون‌هاي بتن آرمه، توسط دو عامل كه در آيين‌نامه‌هاي بهسازي، a و b ناميده مي‌شوند تعريف شده است. طبق تعريف، اين دو عامل عبارتند از مقادير جابجايي جانبي كه در آنها به ترتيب ظرفيت جانبي و ظرفيت ثقلي ستون‌ها از دست مي‌رود. مقادير پيشنهادي در آيين‌نامه‌هاي موجود براي اين عامل‌ها و براي ستون‌هايي كه داراي حالت خرابي به صورت خمشي هستند به نسبت حجمي محصورشدگي در آنها وابسته است. در اين مقاله يک شاخص محصورشدگي قوي‌تر كه مقاومت تسليم آرماتورهاي عرضي و نيز نحوه آرايش ميلگرد هاي طولي و عرضي را نيز در خود مي‌بيند، پيشنهاد شده است. ارتباطی مناسب بين مقادير حاصل از آزمايش‌ها براي عامل a با شاخص محصورشدگي پيشنهادي در مقايسه با، شاخص نسبت حجمي محصورکننده (يعني عامل تعيين‌كننده در نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06) در تعداد زيادي از ستون‌هاي مورد مطالعه ديده شد. به‌ترتيب از نتايج ۳۸ و ۱۳ عدد نمونه ستون بزرگ مقياس مربعي براي بدست آوردن عامل‌هاي a و b استفاده شد. مقايسه‌ي ميان مقادير بدست آمده از آزمايش با نتايج حاصل از شاخص محصورشدگي پيشنهادي نشان مي‌دهد كه علاوه بر حفظ سطح محافظه كاري موردنظر آيين-نامه بازنگري شده‌ي ASCE41-06 در شاخص پيشنهادي، جواب‌ها دقت بالاتري دارند. در پايان جدولي براي پيش‌بيني مقادير اين دو عامل بر مبناي شاخص محصورشدگي پيشنهادي و سطح بار محوري آورده شده است كه نشان‌دهنده بيش‌ترين دقت براي پيش‌بيني عامل‌هاي a و b نسبت به جدول مشابه آن در فيما ۳۵۶ و نسخه‌ي بازنگري شده ASCE41-06 است.

۹_ مراجع

[۱] Elwood, K. J. et al. (2009), Update to ASCE/SEI 41 Concrete Provisions., Peer report.

[۲] Sheikh, S. A. and Uzumeri, S. M. (1982). Analytical Model For Concrete Confinement In Tied Columns., ASCE Journal Of Structural Engineering 108:5, 2703–2723.

[۳] Mander, B. J., Priestley J. N. M. And Park R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete., ASCE Journal Of Structural Engineering, 144:8, 1804-1826.

[٤] Eurocode 8 (1995), Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures., commission of the European communities.

[٥] Muguruma, H., Watanabe, F., and Komuro, T.,(1989). Applicability of High Strength Concrete to Reinforced Concrete Ductile Column., Transactions of the Japan Concrete Institute, 11, 309-316.

[٦] FEMA 273, (1997), NEHRP guidelines for the Seismic rehabilitation of buildings, Federal emergency management agency.

[۷] FEMA 356, (2000), Prestandard and commentary for the Seismic rehabilitation of buildings, Federal emergency management agency.

[۸] ASCE/SEI 41-06, (2007), Seismic rehabilitation of existing buildings., American Society of Civil Engineers.

۱۰_نشانه ها

V: نيروي جانبي اعمال شده

b_w: عرض مقطع ستون

f'_c: مقاومت فشاري بتن

V_n: ظرفيت برشي اسمي مقطع

S: فاصله ي مابين آرماتورهاي عرضي

K_e: ضريب تاثير هندسي

P: بار محوري اعمال شده

A_g: مساحت مقطع كل ستون

d: عمق مقطع كل ستون

V_p: مقاومت برشي طلب نظير ظرفيت خمشي مفصل پلاستيک

A_v: مساحت آرماتورهاي عرضي

f_{co} : مقاومت بتن محصورنشده

f_{le} : فشار جانبی موثر ناشی از محصور شدگی در نقطه تنش ماکزیمم بتن محصورشده