بررسی رفتار و مقایسه آیین نامه های معتبر دنیا در زمینه ستون‌های مرکب بتنی و فولادی

مسعود احمدی[۱،*]، علی خیرالدین[۲]، حسین نادرپور[۳]

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
ستون مرکب،
محصورشدگی،
جدار فولادی،
مطالعات آزمایشگاهی،
شکل پذیری.

چکیده

اگرچه ستون‌های مرکب بتنی – فولادی در ساختمان ها و دیگر سازه ها به صورت گسترده ای بیش از ۵۰ سال است که مورد استفاده قرار می گیرند و این روند در سرتاسر جهان رو به افزایش است، اما همچنان از لحاظ طراحی به این ستون‌ها همانند ستون‌های بتن آرمه و فولادی نگریسته می شود و از سهم همکاری توام بتن و فولاد چشم پوشی می شود. استفاده موثر و کارآمد از ستون‌های مرکب نیازمند به نگرشی متفاوت با ستونهای بتنی و فولادی برای ورود به پروسه طراحی این ستون‌ها می باشد. تعداد محدودی از آیین نامه های طراحی با درجه اطمینان بالایی مقرراتی را برای طراحی و اجرای ستون‌های مرکب بیان نموده اند که در این بین می توان به آیین نامه های AISC-2010 ، EC-4-2004، BS-5400-2005 اشاره نمود. اما هنوز هم شبهاتی در رفتار این اعضا وجود دارد. از اینرو در این مقاله سعی شده است با مقایسه نتایج مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی ستون‌های مرکب دایروی پرشده با بتن و استفاده از روابط ارائه شده در آیین نامه های AISC-2010، EC-4-2004، BS 5400-2005 نزدیک ترین آیین نامه به این نتایج مشخص شود، که مشخص شد آیین نامه EC-4-2004 نسبت به دو آیین نامه دیگر نزدیکی بیشتری به نتایج آزمایشگاهی دارد.

۱- مقدمه

یکی از حساس ترین تصمیماتی که طراح سازه بایستی مدنظر قرار دهد، انتخاب نوع مصالح مصرفی در سازه می باشد. این تصمیم در بسیاری از اوقات تابع نوع سازه، مسایل مالی و همچنین تجربه و مهارت طراح است. هدف اصلی دنبال شده در طراحی بدست آوردن سازه‌ای اقتصادی و در عین حال با عملکرد مطلوب می باشد.

بتن و فولاد مصالحی هستند که به صورت گسترده در ساخت و سازها مورد استفاده قرار می گیرد. مزایای هر دو مصالح امروزه به خوبی شناخته شده است. بتن مصالحی با سختی بالا، ارزان قیمت (نسبت به سایر مصالح) و مقاومت قابل توجه در برابر آتش سوزی و ضمنا فولاد مصالحی با شکل پذیری و مقاومت بالا و وزن کم است. با این وجود استفاده از فولاد تنها در ساختن ستون‌ها بخصوص در سازه های بلند، غیر اقتصادی می باشد. همچنین سازه های بلند با ستون‌های فولادی معمولا دارای تغییر شکل های جانبی نسبتا بزرگ بوده و در مقابل آتش سوزی مقاومت پایینی دارند. همچنین استفاده

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Ahmadi.info85@gmail.com
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
۲. استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
۳. استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

از بتن تنها در ستون‌های ساختمان های بلند، در طبقات پائین فضای بیشتری را اشغال نموده و دارای وزن نسبتا بیشتری است و بعلت ترد و شکننده بودن بتن، سازه حاصل دارای شکل پذیری کمتری بوده و در بارهای لرزه‌ای افت مقاومت در سازه بوجود خواهد آمد. ترکیب هوشمندانه این دو مصالح، یک سیستم موثر و کاراتر از استفاده مجزا از آن‌ها را نتیجه می دهد.

این سیستم را با عباراتی چون سیستم مرکب[1] و یا دوگانه[2] معرفی می کنند. امروزه سیستم های مرکب به صورت موفقیت آمیزی در ستون ها، تیرها و دالهای با دهانه های متوسط و بزرگ در ساختمان ها و همچنین در پایه و تیرهای پلها مورد استفاده قرار می گیرند.

استفاده از ستون‌های مرکب بعلت همکاری توام و مناسب[3] بتن و فولاد در بسیاری از سیستم های سازه ای در سرتاسر جهان در حال افزایش است. ستون‌های مرکب نه تنها مزایای بسیاری در ساخت (بخصوص سرعت و اقتصاد) دارند بلکه باعث بهبود قابل توجهی در خواص مکانیکی اعضای سازه ای در مقایسه با اعضای بتن مسلح و فولادی تنها می شوند.

ستون های مرکب اگر جزئی از سیستم سازه ای مختلط باشند، مزایای دیگری نیز می توان از آن‌ها انتظار داشت. بعنوان مثال اگر اتصال مناسبی بین ستون و سیستم سقف (تیر و دال) برقرار باشد، این اتصال مقاومت بالاتر و رفتار بهتری از خود نشان می دهد که در نتیجه باعث افزایش طاقت[4] و ایجاد قید اضافی خواهد شد. یکی از پیچیدگی های اجرایی در این ستون‌ها هماهنگی بین عوامل اجرایی بتن و فولاد و نحوه اتصال تیر به ستون است اما مزایای بالای این نوع ستون‌ها (سرعت ساخت، عدم نیاز به قالب، کاهش بارهای روی فونداسیون، افزایش فضای مفید و کاهش هزینه های ساخت و نگهداری) باعث طراحی و اجرای روز افزون آن‌ها می باشد.

ستون های مرکب فولادی- بتنی از سال ۱۹۵۰ به تدریج رواج یافتند و با توجه به مزایای زیاد این ستون ها، استفاده از آن‌ها در ساختمان های بلند به صورت روز افزون شدت یافت. ستون‌های فولادی مدفون در بتن، اولین بار در ساختمان های Petersburg در سال ۱۸۹۸ برای افزایش مقاومت ستون در برابر آتش سوزی مورد استفاده قرار گرفت.

۲-انواع ستون‌های مرکب

ستون های مرکب با مقاطع مختلفی ساخته می شوند که از اینرو دارای تنوع ساختاری می باشند. ستون‌های مرکب از لحاظ محل قرارگیری بتن و فولاد به دو گروه کلی تقسیم بندی می شوند، (شکل ۱) که عبارتند از:

- جدار فولادی پر شده با بتن[5]

  ستون هایی هستند که دارای هر دو مزایای فولاد و بتن می باشند. این ستونها شامل مقطع فولادی توخالی دایره، مستطیل و یا چند ضلعی است، که با بتن پر می شوند..

- مقاطع فولادی مدفون در بتن[6] و یا مقاطع فولادی- بتن مسلح[7]

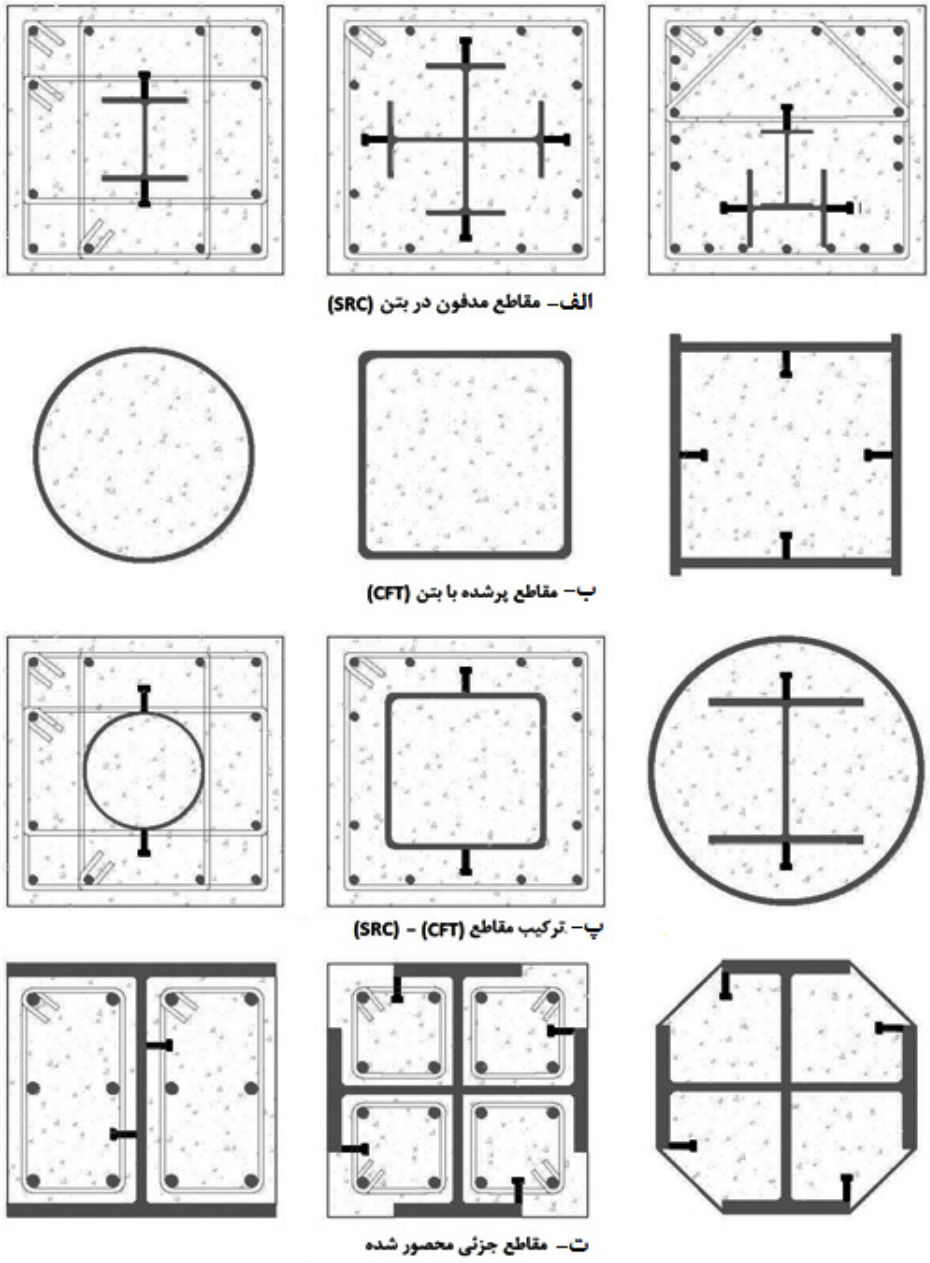
  در این گروه مقطع فولادی توسط بتن مسلح محصور شده است. به عبارت دیگر این مقطع شامل مقطع فولادی نورد شده یا مرکب که در داخل مقطع بتن مسلحی مدفون شده است.

۳-مزایای ستون‌های مرکب

این ستون‌ها دارای مزایای زیر هستند:

[1] Composite System
[2] Hybrid
[3] Intrinsic Synergy
[4] Toughness

[5] Concrete Filled Steel Tube (CFT)
[6] Steel Section Encased In Concrete Section
[7] Steel-Reinforced Concrete Section(SRC)



شکل ۱- انواع مقاطع ستون‌های مرکب فولادی- بتنی

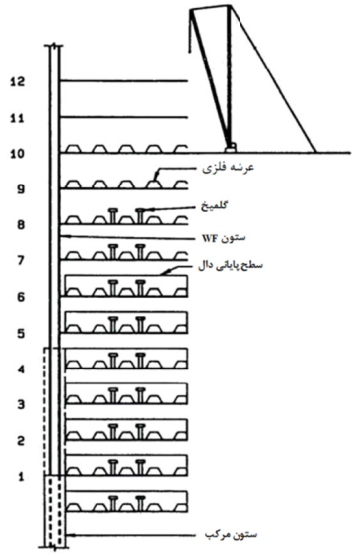
۳-۱- محل بهینه مقطع فولادی[1]

در ستون‌های CFT بعلت قرارگیری جدار فولادی در پیرامون مقطع درست در جائیکه تنشهای خمشی و کششی بیشتر موثرند، باعث افزایش قابل توجهی در سختی و مقاومت مقطع می شود و در ستونهای SRC، محل قرارگیری خود عاملی بر نصب سریع ستون می‌باشد.

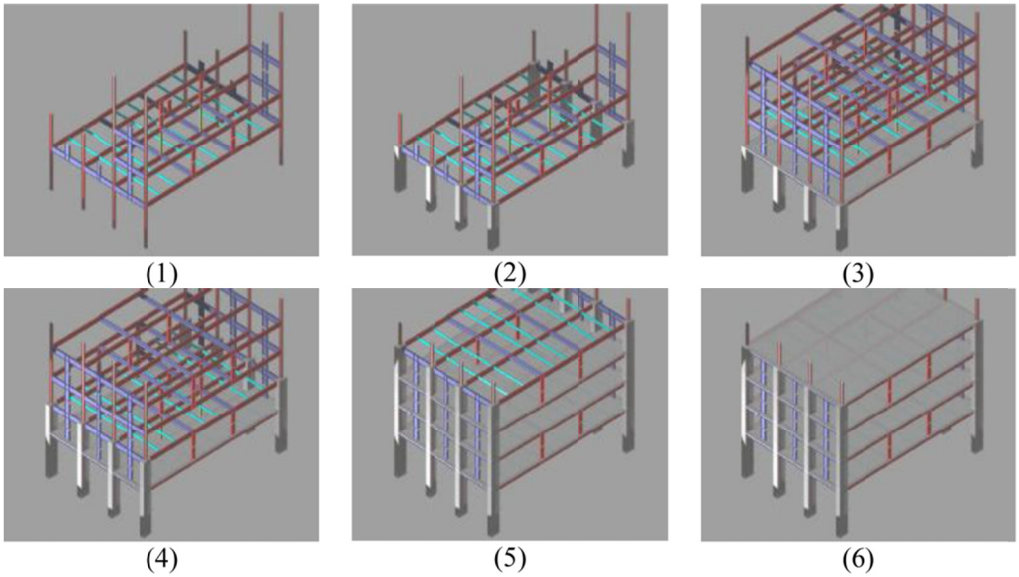
۳-۲- ساخت سریعتر سازه

همانطور که در شکل های ۲ تا ۴ مشاهده می شود ستون‌های فولادی به سیستم سقف متصل شده‌اند و بارهای اجرایی (تیرها، سقف و ...) را تحمل می کنند. با اجرای ستون‌های فولادی می توان در سطوح پایین تر به بتن ریزی سقف و ستون پرداخت درحالیکه ستون فولادی

[1] Optimal Location of Steel Section



شکل ۲- روند ساخت سازه با ستون‌های مرکب SRC [۱]



شکل ۳- روند اجرای سازه با ستون‌های مرکب SRC [۲]

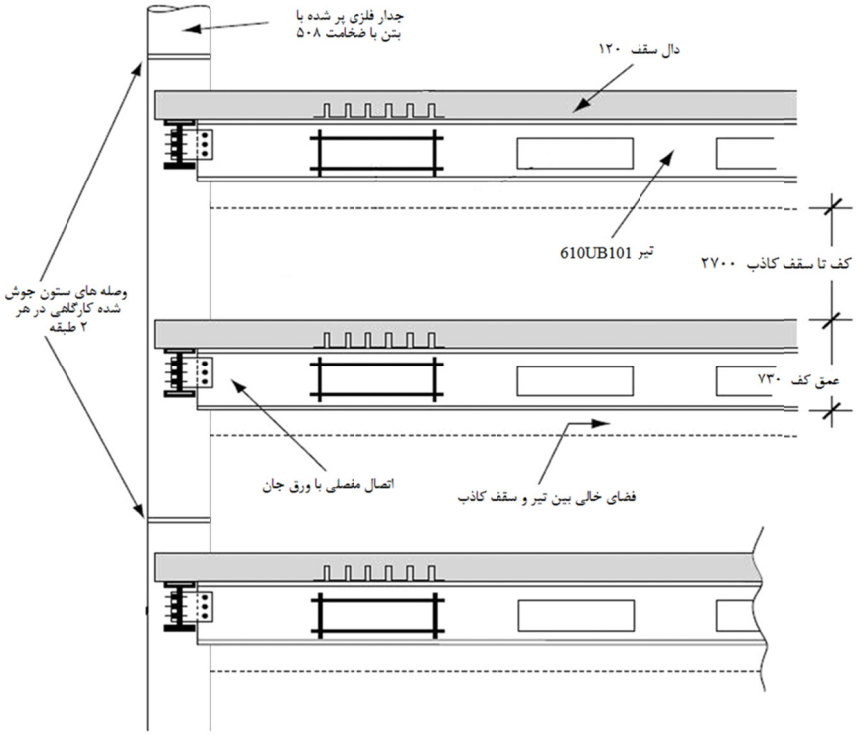
در سطوح بالاتر در حال اجرا می باشد و از طرف دیگر با سخت تر شدن بتن عملکرد مرکب بتن و فولاد بیشتر می شود و سیستم مقاومت و سختی نهایی خود را برای تحمل بار های ثقلی و جانبی طراحی بدست می آورد.

۳-۳- مقاومت خمشی بالا در اتصال تیر به ستون در ستونهای مرکب SRC

بدلیل اینکه ستون و تیر در این نوع از ستون مرکب توسط بتن مسلح دورگیری می شود، سختی دورانی بدلیل انتقال بار بین تیر و بتن در چشمه اتصال افزایش می یابد. همچنین مقاومت خمشی قابل تحمل اتصال دارای ظرفیت بیشتری از اتصال فولادی اولیه (بدون بتن مسلح) می باشد.

۳-۴- تاخیر در کمانش موضعی فولاد

در مقاطع مرکب، ستون فولادی (فشرده، غیر فشرده و یا لاغر) بعلت تماس با بتن سفت شده، سختی بیشتری می‌یابد و کمانش در آن به تاخیر می افتد و یا اتفاق نمی‌افتد.



شکل ۴- سیستم سقف ساختمانی با ستون‌های مرکب CFT [۳]

بنابراین تا زمانیکه تماس بین بتن و فولاد کاهش یابد (مثل ترک خوردن بتن و یا جداسازی بتن و فولاد) کمانش به تاخیر خواهد افتاد. البته در ستون‌های CFT با ترک خوردن بتن بعلت جلوگیری از انبساط بیش از حد بتن توسط جدار فولادی، همچنان تماس بین بتن و فولاد برقرار خواهد بود. بنابراین هسته بتنی مدهای کمانش جانبی را به سمت بیرون انتقال می دهد، از اینرو از مقاطع فولادی نازکتر بدلیل اطمینان از رسیدن مقاومت تسلیم در جدار قبل از وقوع کمانش استفاده می شود.

۳-۵- محصورشدگی بالا در بتن

مقاطع فولادی باعث افزایش محصور شدگی در هسته بتن و به دنبال آن افزایش مقاومت و شکل پذیری در بتن می شوند. بعلت شکل مقطع و تنش حلقوی ایجادی (یا تنش کمربندی)، مقاطع دایروی از ستونهای CFT (CCFT) ایجاد محصور شدگی بیشتری نسبت به مقاطع مستطیلی CFT (RCFT) و مقاطع SRC می کنند. البته در مقاطع دایروی محصورشدگی به نسبت قطر به ضخامت ($\frac{D}{t}$) نیز وابسته است.

۳-۶- صرفه جویی در هزینه های ساخت

هزینه های ساخت بعلت اجرای سریع و طراحی بهینه کاهش می یابد. بعلت مقاومت بالاتر، ستون مرکب سبکتر از یک ستون بتن آرمه با مقاومت مشابه می باشد که باعث کاهش بار و هزینه های فونداسیون، هزینه و مقدار آرماتور و به طور کلی هزینه های ساخت است. مقاطع فولادی در ستون هایCFT بعنوان قالب نیز مورد استفاده قرار می گیرند و همراه با بتن سخت شده درون جدار بسیار سبکتر از ستون‌های فولادی مرسوم می باشد. همچنین اتصال تیر به ستون را می توان به نحو کارآمدتر از یک ستون بتنی یا فولادی طراحی کرد.

۳-۷- ضد آتش

در مقاطع مدفون در بتن، بتن به عنوان یک محافظ مقطع فولادی در برابر آتش سوزی عمل می کند.

۴- روابط آیین نامه ها

در این بخش روابط آیین نامه های Eurocode-4-2004، AISC-2010 و BS-5400-2005 بیان شده است.

۴-۱- آیین نامه Eueocode-4 [۱۳]

دو روش طراحی در این آیین نامه وجود دارد. یکی از این روش ها دربرگیرنده ستون هایی با مقطع عرضی نامتقارن و غیریکنواخت در طول ستون است و روش دیگر، حالت ساده شده ای برای ستون هایی با مقطع عرضی متقارن (در هر دو جهت) و یکنواخت در طول ستون می باشد. روش طراحی ساده شده برای اعضای فشاری در Eurocode-4 بر اساس منحنی کمانش برای ستون فولادی است که در Eurocode-3 آمده است. در طراحی ستون‌ها بر اساس Eurocode-4 فرض می شود که فولاد و بتن تا زمان شکست دارای اندرکنش کامل هستند. در طراحی بر اساس روش این آیین نامه از ظرفیت کامل پلاستیک محوری و خمشی مقطع استفاده می شود، سپس این مقادیر بر اساس لاغری و دیگر ضرایب کاهش می یابند.

برای مقاطع دایروی پر شده با بتن، اثرات محصور شدگی بایستی مدنظر قرار داده شود. البته تاثیر محصور شدگی هنگامیکه ضریب لاغری ستون (λ) بزرگتر از ۰/۵ و خروج از مرکزیت بار(e) بیشتر از $\frac{d}{10}$ (d قطر جدار فلزی است) باشد، در نظر گرفته نمی‌شود.

رابطه مقاومت برای ستون‌های توخالی دایروی پرشده با بتن به صورت زیر است:

$$N_{Pl,Rd} = \eta_a A_a f_{yd} + A_c f_{cd}\left(1 + \eta_c \frac{t}{d}\frac{f_y}{f_{ck}}\right) + A_s f_{sd} \quad (۱)$$

که در این رابطه،

t: ضخامت جدار فلزی، η_c و η_a : برای تاثیر محصور شدگی در نظر گرفته می شوند. مقاومت بتن توسط ضریب η_c افزایش می یابد زیرا بتن هنگامیکه تحت تنش های سه محوری قرار گیرد، مقاومت بالاتری از خود نشان می دهد. مقاومت جدار فلزی نیز با اعمال ضریب η_a کاهش می یابد، زیرا تنش تسلیم موثر فولاد به خاطر تنش های حلقوی کاهش می یابد. هر دو ضریب به لاغری و خروج از مرکزیت بار محوری وابسته هستند و به صورت زیر تعریف می شوند.

$$\eta_a = \eta_{a0} + \frac{(1-\eta_{a0})10e}{d} \quad (۲)$$

$$\eta_c = \eta_{co}(1 - \frac{10e}{d}) \quad (۳)$$

برای $\frac{e}{d} > 0.1$ مقادیر η_a و η_c به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۰/۰ در نظر گرفته می شود.

در این روابط داریم:

$$\eta_{a0} = 0.25\,(3 + 2\lambda) \quad (۴)$$

$$\eta_{co} = 4.9 - 18.5\lambda + 17\lambda^2 \quad (۵)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \quad (۶)$$

که M_{Ed} و N_{Ed} به ترتیب ماکزیمم لنگر خمشی طراحی و بار محوری طراحی هستند، و پارامتر لاغری در ستونها توسط رابطه زیر تعریف می شود.

$$\lambda = \sqrt{\frac{A_a f_y + 0.85\,A_c f_{ck} + A_s f_{sk}}{N_{cr}}} \quad (۷)$$

که در این رابطه N_{cr} بار کمانشی اولر است و برابر با :

$$N_{cr} = \frac{(EI)_e \pi^2}{(KL)^2} \quad (۸)$$

و

$$(EI)_{eff} = E_a I_a + E_s I_s + K_e E_{c,eff} I_c \quad (۹)$$

$$\mathrm{E_{c,eff}} = \mathrm{E_{cm}} * \frac{1}{1+(\frac{N_{G,Ed}}{N_{Ed}})\varphi_t} \quad (۱۰)$$

$$E_{cm}(\mathrm{Gpa}) = 22 * \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} \quad (۱۱)$$

که در روابط فوق:

$\mathrm{E_a}$: مدول الاستیسیته جدار فولادی، E_s: مدول الاستیسیته آرماتور، $\mathrm{E_{c,eff}}$: مدول الاستیسیته موثر بتن، I_a: ممان اینرسی جدار فولادی، I_s: ممان اینرسی آرماتور، I_c: ممان اینرسی بتن، $\mathrm{K_e}$: ضریب تصحیح و E_{cm} مدول الاستیسیته متقاطع (سکانتی) بتن است.

۴-۲- آیین نامه AISC-2010 [۱۴]

مقاومت فشاری در این آیین نامه برای مقاطع پر شده با بتن برای مقاطع فشرده و غیر فشرده به صورت زیر است.
برای مقاطع فشرده مقاومت مقطع CCFT از روابط زیر بدست می آید.

$$P_{no} = P_p \quad (۱۲)$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (۱۳)$$

که مقدار C_2 برای مقاطع مستطیلی و دایروی برابر با ۰/۸۵ و ۰/۹۵ است.
همچنین برای مقاطع غیر فشرده مقاومت مقطع CCFT از روابط زیر بدست می آید.

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2}(\lambda - \lambda_p)^2 \quad (۱۴)$$

$$P_y = f_y A_s + 0.7 \acute{f}_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (۱۵)$$

که در این روابط، E_s: مدول الاستیسیته جدار فولادی، E_c: مدول الاستیسیته بتن، f_y: مینیمم تنش تسلیم مشخصه فولاد، f_c' : مقاومت فشاری مشخصه بتن، A_s ، A_c و A_{sr} به ترتیب مساحت جدار، بتن و آرماتورهای طولی است.
برای مقاطع مستطیلی:

$$F_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (۱۶)$$

و برای مقاطع دایروی:

$$F_{cr} = \frac{0.72F_y}{\left(\left(\frac{D}{t}\right)\frac{F_y}{E_s}\right)^{0.2}} \quad (۱۷)$$

سختی موثر مقاطع مرکب نیز به صورت زیر بدست می آید:

$$EI_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_c \quad (۱۸)$$

در رابطه فوق ضریب C_3 برای صلبیت موثر مقطع مرکب پر شده با بتن و برابر است با:

$$C_3 = 0.6 + 2[\frac{A_s}{A_s + A_c}] \leq 0.9 \quad (۱۹)$$

۴-۳- آیین نامه BS-5400-2005 [۱۵]

مقاومت فشاری مقطع پر شده با بتن در این آیین نامه برابر است با:

$$N_u = 0.95\, A_s f_y' + 0.45\, A_c f_{cc} \quad (۲۰)$$

که، f_{cc}: مقاومت مشخصه بتن محصور و از رابطه زیر بدست می آید.

$$f_{cc} = f_{cu} + c_1 \frac{t}{D_e} f_y \quad (۲۱)$$

f_y': تنش تسلیم اسمی کاهش یافته جدار فولادی که برابر است با:

$$f_y' = c_2 f_y \quad (۲۲)$$

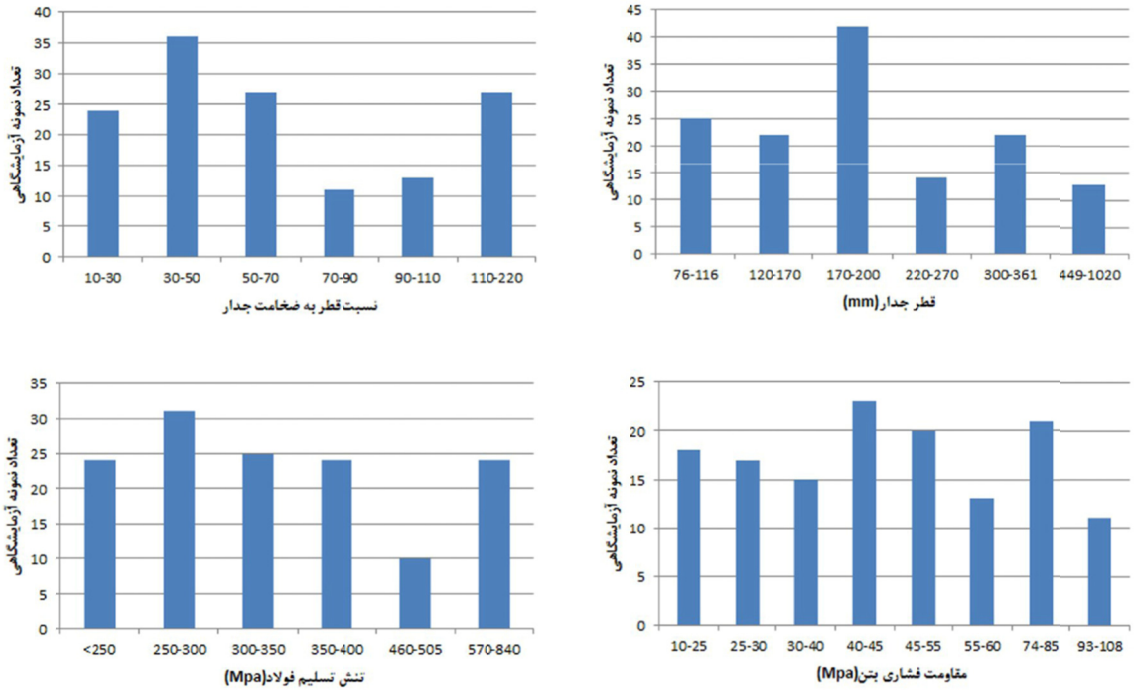
c_1 و c_2 ضرایبی که از جدول آیین نامه بدست می آیند و D_e : قطر خارجی جدار و t : ضخامت جدار است.

۵- نمونه های آزمایشگاهی

در این بخش به مقایسه دقت روابط آیین‌نامه‌های Eurocode-4 [۱۳]، AISC-2010 [۱۴]، BS-5400 [۱۵] با استفاده از ۱۲۸ نمونه آزمایشگاهی [۶-۱۲] انجام شده بر روی ستون‌های مرکب دایروی پر شده با بتن (CCFT)، پرداخته شده است.
سعی شده است نمونه های آزمایشگاهی انتخاب شده در این مطالعه دربرگیرنده تغییرات پارامترهای موثر در مقاومت محوری ستون‌های مرکب دایروی پر شده با بتن (CCFT) باشند. در شکل ۷ پراکندگی پارامترهای موثر و در جدول ۱ محدوده مشخصات نمونه ها نشان داده شده است.

۶- بررسی نتایج

نتایج در هر گروه داده به صورت نسبت نیروی محوری آزمایشگاهی به نیروی محوری تئوری به دست آمده از



شکل ۷- پراکنندگی پارامتر های موثر در مقاومت ستون‌های CCFT [۶-۱۲]

جدول ۱- محدوده مشخصات نمونه های آزمایشگاهی مورد استفاده [۶-۱۲]

محقق	تعداد نمونه	D(mm)	t(mm)	f_c(Mpa)	F_y(Mpa)	L (mm)
Lin [۶]	۶	۱۵۰	۲/۱-۰/۷	۳۴/۵-۲۰/۷	۲۴۸	۸۰۰-۴۸۰
Sakino - Hayashi [۷]	۱۲	۱۷۹-۱۷۴	۹-۳	۴۵/۷-۲۲/۱	۲۸۳/۲-۲۴۸	۲۵۱/۵
Lushka - Nesterovich [۸]	۱۰	۱۰۲۰-۱۵۹	۱۳/۲-۵/۱	۳۶/۸-۱۲	۳۹۱-۲۹۱/۵	۳۰۶۰-۴۷۷
Masuo - Adachi [۹]	۱۰	۲۶۷/۵-۱۹۱	۷-۶	۵۶-۴۸	۵۰۴/۵-۴۶۰/۳	۴۸۰۰-۱۱۵۰
Yoshoika et al. [۶]	۳۶	۴۵۰-۱۰۸	۶/۵-۳	۸۵-۲۵/۵	۸۳۳/۷-۲۸۳/۲	۱۳۵۰-۳۲۵
O'Shea - Bridge [۱۰]	۳۳	۱۹۰-۱۶۵	۳-۰/۹	۱۰۸-۳۸	۳۶۳-۱۸۵/۴	۶۶۵/۵-۵۶۱
Kang - Lim - Moon [۱۱]	۸	۱۱۴-۷۶	۳/۶-۲/۳	۵۴-۴۶/۵	۳۶۴/۵-۲۷۷	۳۴۳-۲۳۰
Giakoumelis - Lam [۱۲]	۱۳	۱۱۵-۱۱۴	۵-۳/۷۵	۱۰۵-۳۱	۳۶۴/۵-۳۴۲	۳۰۰

آیین نامه ها مقایسه شده و میانگین نتایج در هر گروه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۲ و شکل های ۸-۱۵ نشان داده شده است.

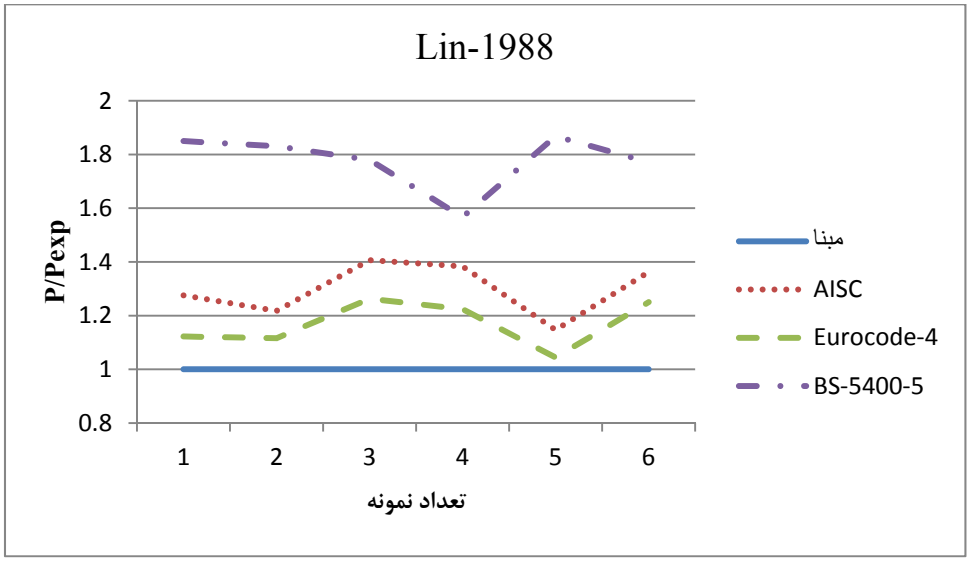
میزان خطای اندازه گیری شده برای هر گروه برابر با میانگین خطای کل نمونه های آن گروه است. از مطالعات فوق نتیجه می شود که آیین نامه Eurocode - 4 - 2004 بهترین نتیجه را به جز یک مورد (Masuo و همکاران) در پیش بینی مقاومت محوری ستون‌های مرکب CCFT ارائه می دهد و در مورد آزمایش‌های Masuo و همکاران بایستی ذکر کرد که میانگین این آیین نامه نسبت به دو آیین نامه دیگر محافظانه تر است.

۷- نتیجه گیری

مقررات و توصیه های بیان شده در آیین نامه های مذکور بسیاری از ابهامات در زمینه های طراحی و اجرای اعضای مرکب سازه ای همچون ستون‌ها را به خوبی پوشش داده‌اند، اما هنوز هم ابهاماتی در محدوده رفتاری، همچون

جدول ۲- میانگین نسبت نیروی محوری آزمایشگاهی به نیروی محوری تئوری آیین نامه

نمونه	AISC - 2010	EC - 4 - 2004	BS - 5400 - 2005	کمترین خطا (درصد)	بهترین آیین نامه
Lin	۱/۳۰	۱/۱۷	۱/۷۸	۱۷	EC - 4 - 2004
Sakino - Hayashi	۱/۳۹	۱/۰۳	۱/۳۱	۳	EC - 4 - 2004
Lushka - Nesterovich	۱/۴۱	۱/۱۵	۱/۴۷	۱۵	EC - 4 - 2004
Masuo و همکاران	۰/۸۷	۰/۷۳	۱/۰۱	۱	BS - 5400 -2005
Yoshoika	۱/۰۹	۰/۹۳	۱/۱۲	۷	EC - 4 - 2004
O'Shea - Bridge	۱/۱۷	۱/۰۸	۱/۸۹	۸	EC - 4 - 2004
Kang - Lim - Moon	۱/۱۱	۰/۹۴	۱/۱۹	۶	EC - 4 - 2004
Lam , Giakoumelis	۱/۱۹	۰/۹۷	۱/۱۸	۳	EC - 4 - 2004

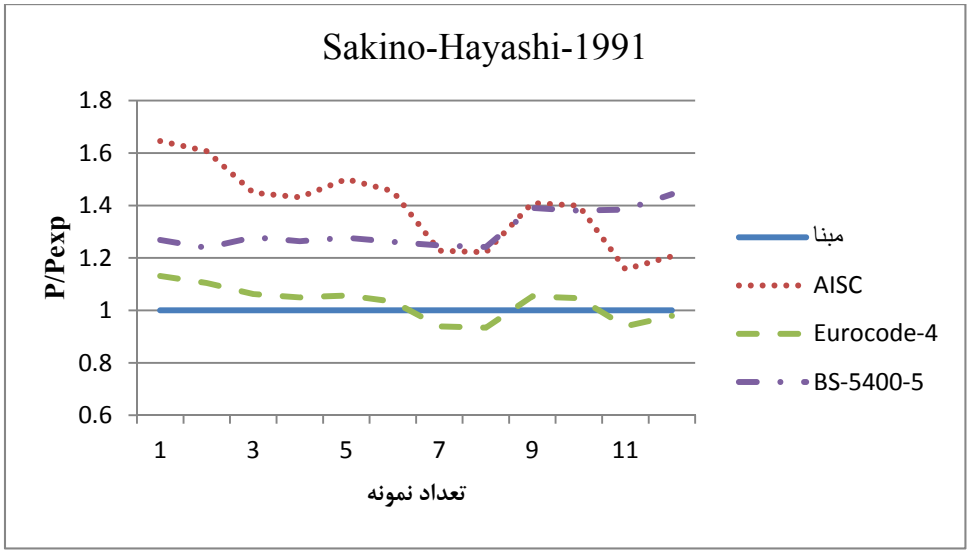


شکل ۸- نمونه های آزمایش شده توسط Lin

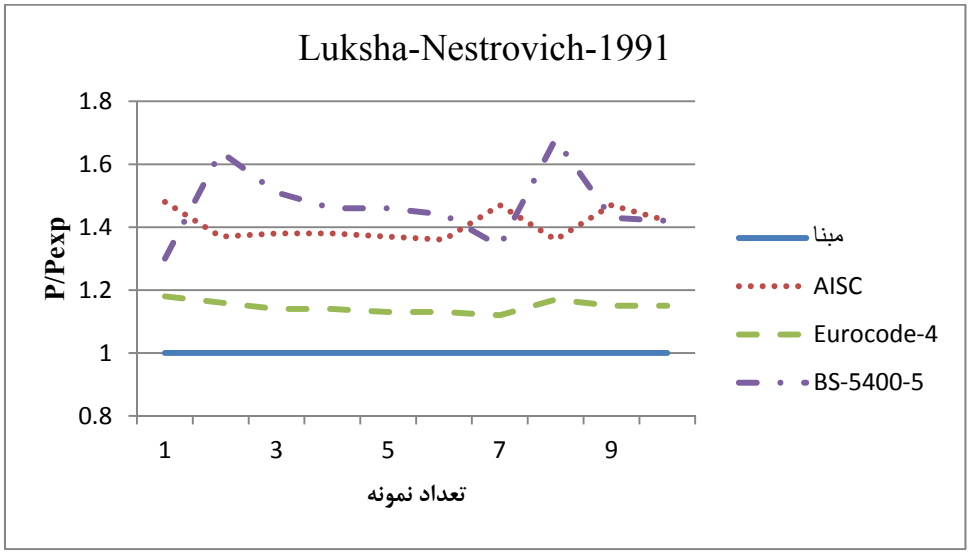
سختی موثر تحت بار های جانبی، اثرات ناپایداری در تیر-ستون‌های لاغر و بخصوص اثرات اندرکنشی تماسی بین بتن و فولاد وجود دارد. تعداد زیادی از مزایای ستون‌های مرکب بخصوص ستون های CFT به اندرکنش بین بتن و فولاد وابسته است. اگرچه فولاد مورد استفاده در ستون‌های مرکب دارای سطح صافی می باشد اما انتظار می رود مقاومت پیوستگی کمی در اتصال بین بتن و فولاد (البته بجز برشگیرها) بوجود آید.

همچنین در این بین در ستونهای تحت فشار محوری ابهامات همکاری توام و مناسب بتن و فولاد بیشتر چشمگیر است. این همکاری باعث بهبود قابل توجهی در خواص مکانیکی اعضای سازه ای در مقایسه با اعضای بتن مسلح و فولادی می شوند، که اختلاف بین نتایج آزمایشگاهی و تئوری تایید کننده این موضوع است.

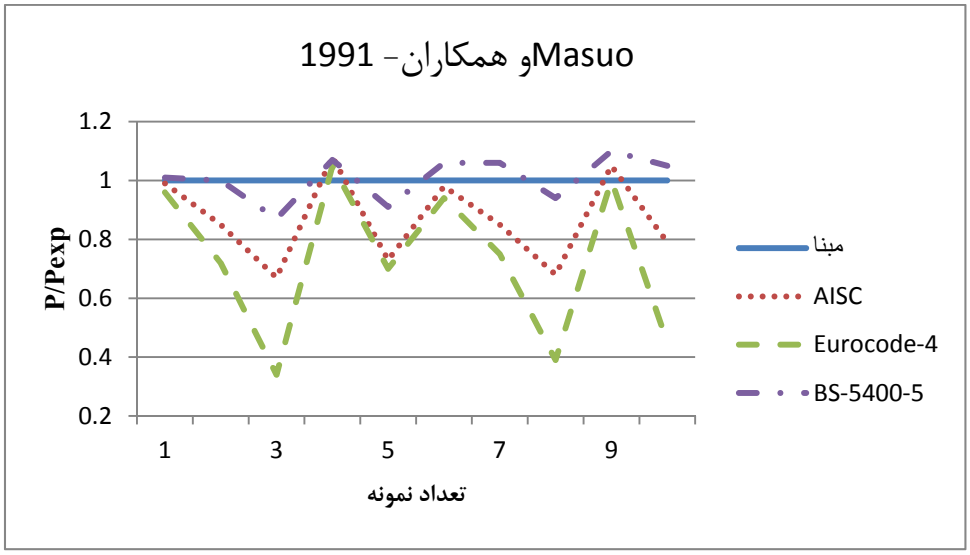
در طراحی ستون‌ها بر اساس Eurocode-4 فرض می‌شود که فولاد و بتن تا زمان شکست دارای اندرکنش کامل هستند و برای مقاطع مرکب، ترکیبی از روش طراحی سازه های فولادی و بتن آرمه را برای طراحی ستون‌ها ارائه می دهد. این آیین‌نامه ایده بلوک مستطیلی تنش را برای بدست آوردن نمودار اندرکنش مقاومت مقطع مورد استفاده قرار می دهد.



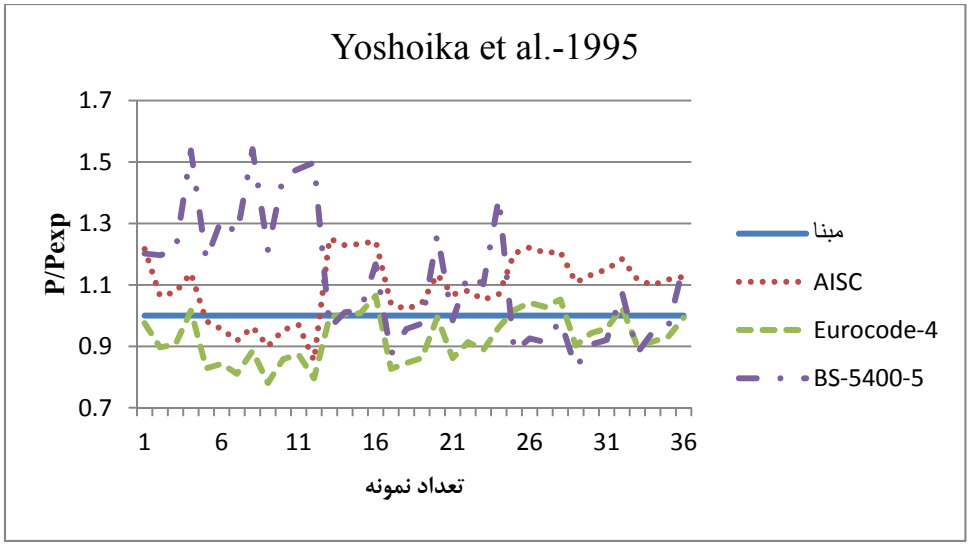
شکل ۹- نمونه های آزمایش شده توسط Sakino و Hayashi



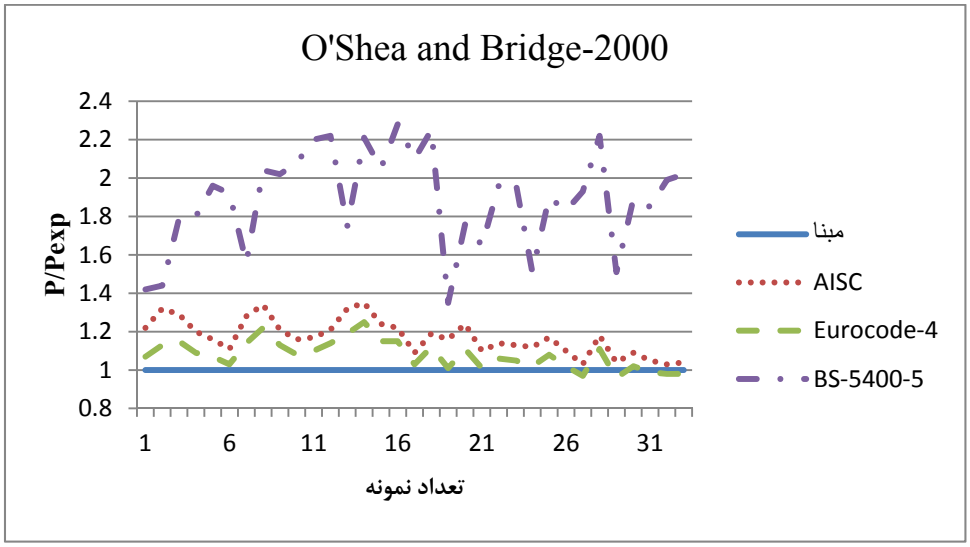
شکل ۱۰- نمونه های آزمایش شده توسط Lushka و Nestrovich



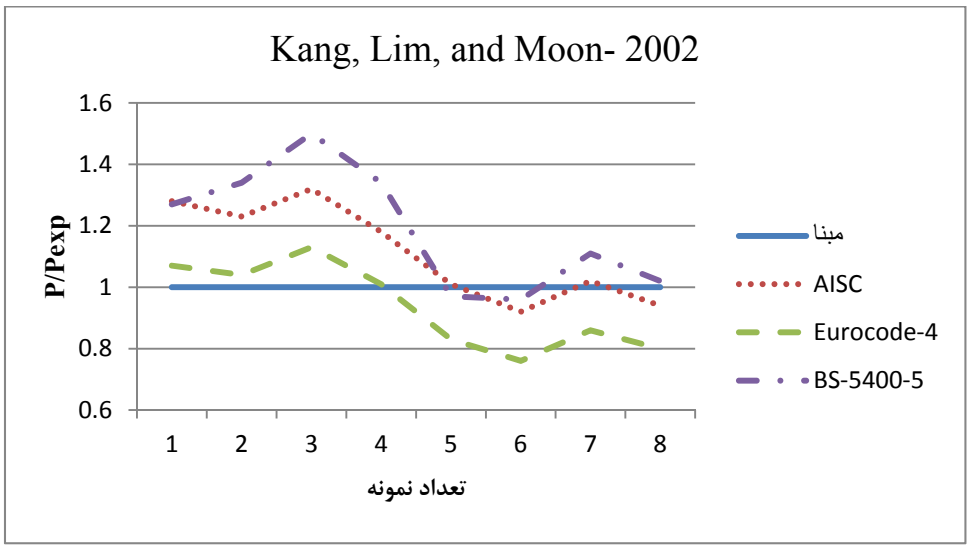
شکل ۱۱- نمونه های آزمایش شده توسط Masuo و همکاران



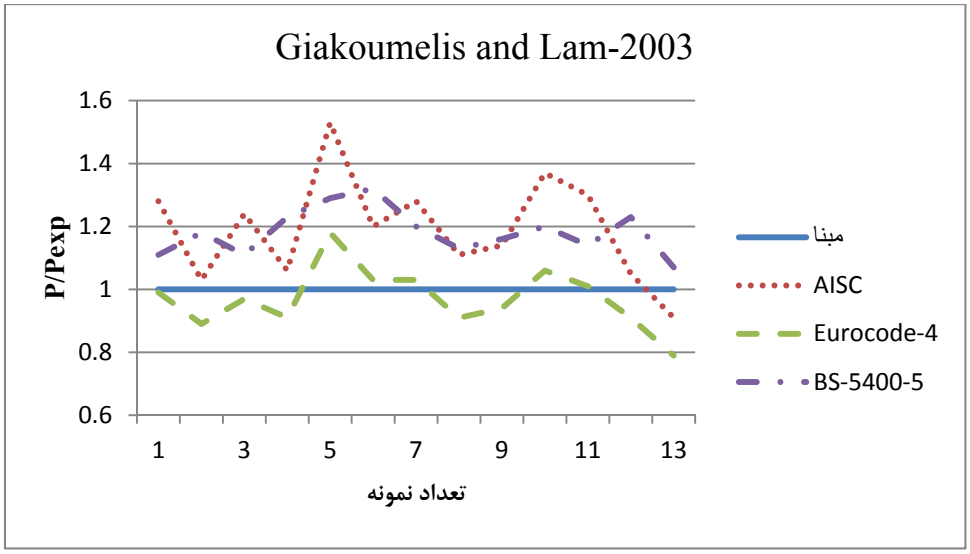
شکل ۱۲- نمونه های آزمایش شده توسط Yoshoika



شکل ۱۳- نمونه های آزمایش شده توسط O'shea و Bridge



شکل ۱۴- نمونه های آزمایش شده توسط Kang ، Lim و Moon



شکل ۱۵- نمونه های آزمایش شده توسط Giakoumelis و Lam

در بین آیین نامه های ذکر شده، پارامتر موثر در بدست آوردن مقاومت ستون‌های مرکب دایروی CFT، محاسبه تاثیر محصورشدگی جدار می باشد که از نتایج مشخص می شود که ضریب ارائه شده در آیین نامه Eurocode-4-2004 برای بتن $(1+\frac{\eta_c t}{d}\frac{f_y}{f_{ck}})$ ضریب مناسبی نسبت به ضرایب دیگر آیین نامه ها است و باعث نزدیکی بیشتر نتایج تئوری و آزمایشگاهی می شود.

بنابراین با توجه به بررسی نتایج مطالعات آزمایشگاهی انجام شده، می توان در محاسبه مقاومت محوری ستون‌های مرکب CCFT از آیین نامه Eurocode-4-2004 با ضریب اطمینان قابل توجهی استفاده نمود.

مراجع

[1] Viest, I.M., Colaco, J.P., Furlong, R.W., Griffs, L.G., Leon, R.T., Wyllie, L.A. (1997), "Composite Construction Design for Buildings". McGraw-Hill, N. Y.

[2] Martinez Romero, E. (2003), "Tres casos de edificios de acero en construccion compuesta".

[3] Davids, A., Merriel, A. (2004), "Latitude Reaches Skyward in Steel". Steel Australia, Vol. 17.

[4] Bergmann, R., Matsui, C., Meinsma, C., Dutta, D. (1995), "Design guide for concrete filled hollow section columns under static and seismic loading". CIDECT, Construction with hollow steel sections, Verlag TÜV Rheinland.

[5] Uy, B., Das, S. (1999), "Bracing of thin walled steel box columns during pumping of wet concrete in tall buildings". Thin-Walled Struc., Vol. 33, No. 2, pp. 127-154.

[6] Dong Keon, K. (2005), "A database for composite columns". MSc. Thesis, Georgia Institute of Technology, USA.

[7] Sakino, K., Hayashi, H. (1991), "Behavior of concrete filled steel tubular stub columns under concentric loading". Proc. of the Third Intl. Conf. on Steel-Concrete Composite Structures, Wakabayashi, M. (Ed.), September 26-29, Fukuoka, Japan, pp. 25-30.

[8] Luksha, L.K., Nesterovich, A.P. (1991), "Strength testing of large-diameter concrete filled steel tubular members". Proc. of the Third Intl. Conf. on Steel-Concrete Composite Structures, Wakabayashi, M. (Ed.), September 26-29, Fukuoka, Japan, pp. 67-72.

[9] Masuo, K., Adachi, M., Kawabata, K., Kobayashi, M., Konishi, M. (1991)," Buckling behavior of concrete filled circular steel tubular columns using light weight concrete". Proc. of the Third Intl. Conf. on Steel-Concrete Composite Structures, Wakabayashi, M. (Ed.), September 26-29, Fukuoka, Japan, pp. 95-100.

[10] O'Shea, M.D., Bridge, R.Q. (2000), "Design of circular thin-walled concrete-filled steel tubes". J. Struc. Eng., ASCE, Vol. 126, pp. 1295-1303.

[11] Kang, H.S., Lim, S.H., Moon, T.S. (2002), "Behavior of CFT stub columns filled with PCC on concentrically compressive load". J. Architec. Inst. Korea, Vol. 18, No. 9, pp. 21-28.

[12] Giakoumelis, G., Lam, D. (2003), "Axial capacity of circular concrete-filled tube columns". J. Construc. Steel Res., Vol. 60, No. 7, pp. 1049-1068.

[13] Eurocode 4. (2004), "Design of composite steel and concrete structures". EN 1994-1-2:2005, European Committee for Standardization, Brussels.

[14] AISC, (2010), "Specification for Structural Steel Buildings". American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.

[15] British Standard, (2005), "BS5400 Steel, concrete and composite bridges". Part 5, Code of Practice for the Design of Composite Bridges, British Standard Institution.

INVESTIGATION THE BEHAVIOR AND COMPARISON OF RELIABLE CODES ON CONCRETE-STEEL COMPOSITE COLUMNS

M. Ahmadi[1,*], A. Kheyroddin[2], H. Naderpour[3]

1. M.Sc. Student, Structural Engineer, Faculty of Civil Engineering, Semnan University
2. Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University
3. Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University

*Corresponding Author: Ahmadi.info85@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords:
Composite Column,
Confinement,
Steel tube,
Experimental test,
Ductility.

ABSTRACT

Even though composite columns in buildings and other structures have been used widely more than 50 years and also this procedure is increasing worldwide, likewise very common in practice to either neglect the synergetic contribution of either the steel or the concrete or to treat the synergetic action is a simplistic manner. The efficient utilizing the composite columns requires different theory on behavior between composite and steel or concrete columns in design process. Current code provisions (i.e. AISC,-2010; EC-4,-2004; BS-5400-2005) have filled many gaps in the design of composite elements such as columns. Therefore, in this paper, comparison between strength of concrete filled steel tube column (CFT) that obtained from experimental test specimens with predicted strength column by the existing design codes; AISC-2010, EC-2004 and BS-5400-2005. The results showed EC-4-2004 code with respect to two other codes indicates more close results relative to the experimental results.