

مقایسه ظرفیت باربری ستون های دایره ای در دو آئین نامه آبا و ACI

فاضل توتونچی^۱، حنانه سادات بصّام تبار^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، استان تهران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، استان تهران دانشکده عمران دانشگاه تهران

fazel_tootoonchy@yahoo.com

خلاصه

طی سال های گذشته آئین نامه هایی در کشور های مختلف بر پایه مطالعات و آزمایشات انجام شده شکل گرفته که جهت سهولت انجام کار و جلوگیری از اعمال نظر های شخصی در امر طراحی ساختمان ها در اختیار مهندسان قرار گرفته اند. از جمله این آئین نامه ها می توان به آئین نامه های آمریکایی و اروپایی اشاره کرد. از آنجا که این کشور ها در مطالعات و انجام آزمایشات و کار های آماری نسبت به سایر کشورها پیش قدم بوده اند، لذا همواره کشور های در حال توسعه جهت تدوین آئین نامه های خود نگاهی به این آئین نامه ها داشته اند. در این تأثیر پذیری، بعضاً بدون در نظر گرفتن نیاز ها، شرایط ساخت و ساز، کیفیت مصالح و توان اجرایی در کشور های مورد نظر انجام شده است؛ لذا طبیعتاً خاص خود را به همراه داشته است. در برخی موارد برای رفع این مشکل، ضرایب اطمینان افزایش پیدا کرده است که موجب غیر اقتصادی شدن طرح می گردد. کشور ما نیز از این قاعده مستثنا نیست. لذا در این بررسی هدف آن است تا مقایسه ای میان باربری نهایی ستون های دایره ای شکل با مشخصات فنی یکسان در دو آئین نامه آبا و ACI صورت پذیرد. در روند این مطالعات، ابتدائاً به تشریح نحوه اثرگذاری پارامتر های دخیل در نتایج پرداخته، سپس به مقایسه روابط موجود در این دو آئین نامه در مورد باربری نهایی ستون ها می پردازیم. در نهایت با ارائه نمودارهایی که تغییرات مقاومت نهایی ستون در دو آئین نامه را نسبت به پارامتر های دخیل نشان می دهد، به مقایسه آن ها پرداخته خواهد شد.

کلید واژه ها: بار محوری، خروج از مرکزیت، لاغری، باربری نهایی ستون.

پارامترهای دخیل در مقاومت ستون ها

پارامترهای دخیل در مقاومت ستون ها به شرح ذیل می باشند:

درصد آرماتور

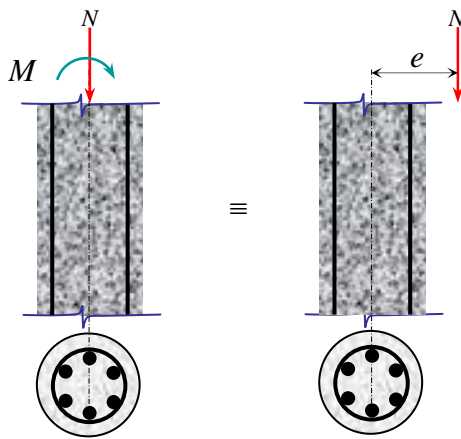
میزان فولاد موجود در یک مقطع در باربری ستون ها در حالت نهایی بسیار مؤثر خواهد بود. لذا برای بررسی اهمیت این پارامتر، سعی شده است تا مقایسه باربری نهایی ستون ها در دو آئین نامه مذکور، در درصد های فولاد متفاوت انجام شود.

خروج از مرکزیت بار محوری

از آنجا که در طراحی ستون ها، بایستی خروج از مرکزیت اتفاقی لحاظ شود و یا اینکه در ستون های یک سازه به دلیل بارهای ثقلی نامتقارن و یا بارهای جانبی، لنگرهای قابل ملاحظه ای را در طول ستون شاهد هستیم، لذا برای بررسی تمامی حالات، اعمال لنگر خمشی به ستون را با پارامتری به نام خروج از مرکزیت بار محوری بررسی می کنیم. در این زمینه بدون توجه به منشاء ایجاد لنگر، بر اساس روابط پایه استاتیک اجسام صلب، لنگر را به یک بار محوری با خروج از مرکزیت e تبدیل و بررسی می کنیم.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه



شکل ۱ - تبدیل لنگر به یک بار با خروج از مرکزیت

برای بررسی این پارامتر در باربری ستون ها، مقایسه مقاومت نهایی ستون در دو آئین نامه در مقادیر مختلف خروج از مرکزیت انجام شده است. همچنین باید توجه شود که مقدار مطلق خروج از مرکزیت معیار مناسبی برای بررسی این پارامتر نمی باشد، بلکه بایستی این پارامتر را در قیاس با ابعاد ستون در نظر گرفت. لذا از نسبت $\frac{e}{h}$ استفاده می شود که در آن e خروج از مرکزیت بار محوری و h بعد ستون می باشد.

ابعاد هندسی مقطع ستون

از آنجا که حجم وسیعی از بارها، توسط بخش بتنی مقطع تحمل می شود بدون شک می پذیریم که ابعاد مقطع در مقاومت ستون ها مؤثر خواهد بود. در این مقاله برای جلوگیری از وارد کردن اندازه ستون ها که موجب افزایش تعداد حالت های بررسی می شود، مقادیر مقاومت را به صورت نرمالیزه شده نسبت به ابعاد آن در نظر می گیریم تا نتایج این بررسی دارای عمومیت لازم باشند.

لاغری ستون

همانطور که می دانیم، ستون ها تحت شرایطی می توانند از تمام ظرفیت باربری خود استفاده کنند که امکان کمانش از آن ها سلب شده باشد. لذا در اکثر موارد، مقاومت ستون ها، در اثر ناپایداری کمانشی تحت تأثیر قرار می گیرد. روابط موجود در هر دو آئین نامه حاکی از آن است که در بررسی ستون های لاغر، از یک حد به بالا، به جای وارد کردن اثر لاغری و پیچیده تر کردن محاسبات، برای نشان دادن حساس تر شدن وضعیت ستون از ضرایب افزایشی در لنگر ماکسیمم ستون و به تبع آن افزایش خروج از مرکزیت بار محوری استفاده می کنند. لذا در این مقاله نیز به دلیل بررسی مقاومت یک ستون تیپ در نسبت های مختلف $\frac{e}{h}$ ، از وارد کردن پارامتر لاغری در نتایج خودداری می کنیم. به اصطلاح فرض شده است که اگر یک ستون لاغر در دست باشد، لاغری آن تنها موجب بررسی مقاومت ستون در نسبت $\frac{e}{h}$ بالاتری می شود.

مقاومت مصالح مصرفی

واضح است که تنش تسلیم فولاد و تنش نهایی بتن مصرفی در میزان باربری و شکل پذیری مجموعه بسیار مؤثر است. در آئین نامه آبا برای دخالت این مطلب از پارامتر زیر استفاده می شود:

$$m = \frac{f_{yd}}{0.85 f_{cd}} = \frac{\varphi_s \times f_{yd}}{0.85 \times \varphi_c \times f_{cd}} \quad (1)$$

اما در آئین نامه ACI از مقادیر زیر استفاده شده است:

$$f_y = 60^{ksi} \quad \& \quad f'_c = 4^{ksi} \quad (2)$$

لذا برای مقایسه نتایج دو آئین نامه، ضریب m را در آئین نامه ایران مطابق با تنش مجاز مصالح مصرفی در آئین نامه ACI در نظر می گیریم.

$$m = \frac{f_{yd}}{0.85 f_{cd}} = \frac{\varphi_s \times f_{yd}}{0.85 \times \varphi_c \times f_{cd}} = \frac{0.85 f_y}{0.85 \times 0.6 \times f'_c}$$

$$f_y = 60^{ksi} \cong 413.7^{MPa} \cong 400^{MPa} \quad (3)$$

$$f'_c = 4^{ksi} \cong 27.6^{MPa} \cong 28^{MPa}$$

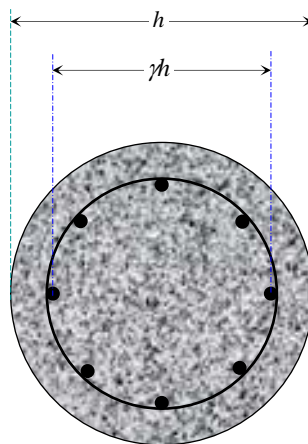
$$m = 23.81$$

نحوه آرماتور چینی در Cage

از آنجا که بحث به ستون های دایره ای معطوف است، لذا آرایش دورپیچ مد نظر می باشد. همچنین نحوه خاموت بندی نیز به شکل مارپیچ می باشد. لذا $\varphi = 0.7$ می باشد.

برای بررسی اثر ضخامت Cover بتنی و همچنین ارتفاع مؤثر مقطع نیز از پارامتر دیگری به شرح زیر استفاده شده است.

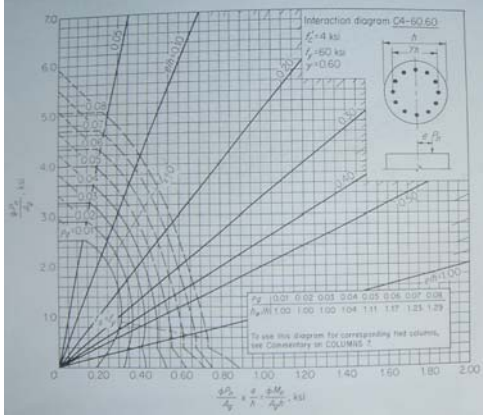
$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} \quad (4)$$



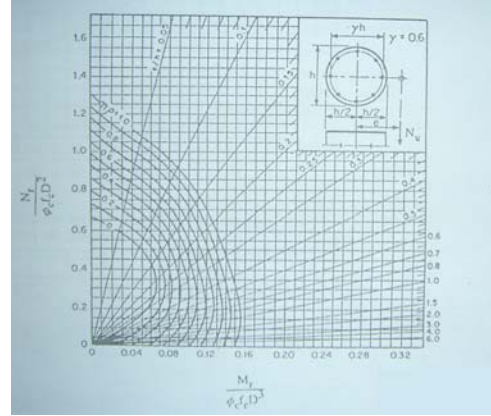
شکل ۲ - آرایش آرماتورها در ستون

معرفی منحنی های مورد استفاده در دو آئین نامه برای طراحی ستون ها

در هر دو آئین نامه برای بررسی اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی از منحنی های اندرکنش استفاده می شود. تنها تفاوت این دو آئین نامه در این زمینه، در پارامترهای لازم برای استخراج نتایج است. در زیر نمونه ای از منحنی های مذکور در دو آئین نامه آورده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۳ - منحنی ظرفیت باربری در اثر توأم بار محوری و لنگر الف: آبا، ب: ACI

ملاحظه می شود که این دو منحنی علاوه بر تفاوت در سیستم یکاها، در ابعاد پارامترهای استخراج شده از دو محور افقی و قائم نیز متفاوتند. از آنجا که به دنبال بررسی نتایج به دست آمده از دو آئین نامه هستیم لذا باید اصلاحاتی در اعداد قرائت شده از نمودارها انجام دهیم. لذا پارامترهای زیر تعریف می شود.

α : پارامتر استخراج شده از محور قائم منحنیاندرکنش در آئین نامه آبا

β : پارامتر استخراج شده از محور قائم منحنی اندرکنش در آئین نامه ACI

γ : پارامتر جدیدی که برای مقایسه نتایج دو آئین نامه در این مقاله معرفی می شود

با تعریف پارامتر γ می توان نتایج دو آئین نامه را در یک نمودار به تصویر کشید. همچنین ملاحظه می شود که این نتایج برای تمامی ستون ها با ابعاد دلخواه قابل تعمیم است.

برای سهولت مقایسه بین نتایج، اعداد به دست آمده از هر دو آئین نامه بر حسب نیوتن و میلیمتر بیان می شود.

$$\alpha = \frac{N_r}{\phi_c f'_c h^2} \quad (5)$$

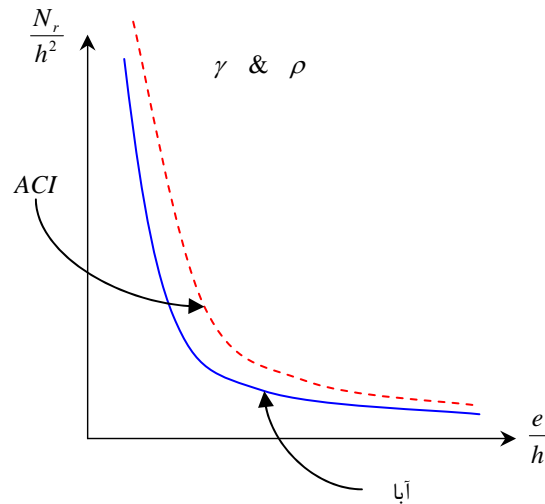
$$\beta = \frac{\phi \times N_r}{\pi h^2 / 4} \quad (6)$$

$$\gamma_{ABA} = \frac{N_r}{h^2} = \alpha \times \phi_c f'_c \quad MPa \cong 16.8 \times \alpha \quad MPa \quad (7)$$

$$\gamma_{ACI} = \beta \times \frac{4\phi}{\pi} \times \frac{4.44822 \times 1000}{645.16} \quad MPa \cong 6.145 \times \beta \quad MPa \quad (8)$$

روند استخراج و بررسی نتایج

برای اینکه اثر تمامی پارامترهای دخیل را در این مطالعه دیده شود، در نظر است تا در نموداری مانند زیر که برای یک γ خاص ترسیم شده است استخراج گردد. که در آن هر گراف بیانگر تغییرات نسبت $\frac{N_r}{h^2}$ بر حسب $\frac{e}{h}$ های مختلف می باشد.



شکل ۴- نمودار تغییرات مقاومت محوری ستون دایره ای نسبت به خروج از مرکزیت آن در درصد آرماتور و پوشش بتن مشخص

ملاحظه می شود که در آئین نامه ACI از $\gamma = 0.45$, $\gamma = 0.6$, $\gamma = 0.75$, $\gamma = 0.9$ و در آئین نامه آبا از $\gamma = 0.9$, $\gamma = 0.8$, $\gamma = 0.7$, $\gamma = 0.6$ استفاده شده است. لذا برای مقایسه از دو حالت $\gamma = 0.6$, $\gamma = 0.9$ استفاده می کنیم که در هر دو آئین نامه مشترک است.

همانطور که گفته شد از آنجا که گراف های موجود در منحنی های آئین نامه ACI بر اساس پارامتر ρ و در آئین نامه آبا بر اساس پارامتر $m\rho$ است، لذا گراف های موجود در آبا بر اساس ρ معادل آن ها در نظر گرفته می شود.

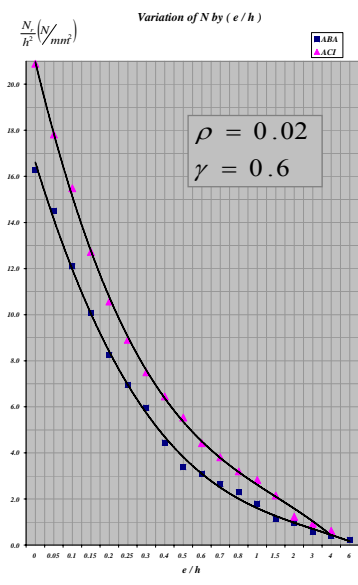
سپس در مقادیر مختلف ρ و $\frac{e}{h}$ ، عدد مربوطه در محور قائم که بیانگر باربری نهایی ستون است، خوانده می شود.

در آخر نیز برای هر γ خاص، در یک نمودار، گراف مربوط به هر درصد آرماتور که از اطلاعات استخراج و اصلاح شده از آئین نامه های آبا و ACI به دست آمده است، ترسیم می شود. بر اساس توضیحات قبلی، مقادیر به دست آمده از آئین نامه آبا به ازای پارامتر $m = 23.81$ می باشد. لذا برای داشتن

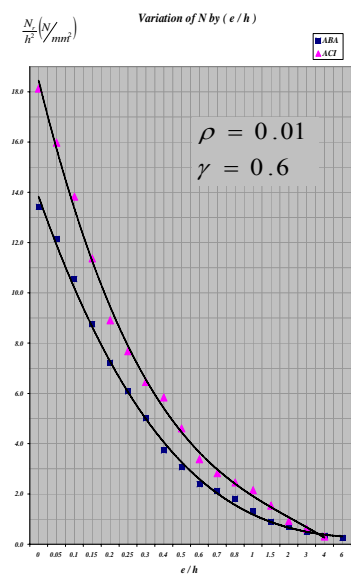
پارامتر $\gamma_{(ABA)} = \frac{N_r}{h^2}$ در ρ های موجود در نمودار های ACI، باید ابتدا با استفاده از انترپولاسیون، مقدار پارامتر $\gamma_{(ABA)} = \frac{N_r}{h^2}$ برای درصد

آرماتور مورد نظر محاسبه شود.

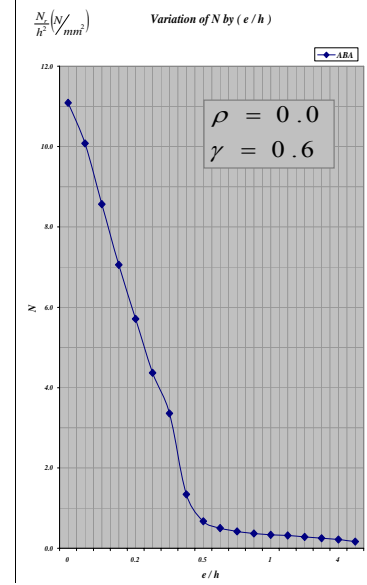
پس از انجام محاسبات فوق، نمودارهای تغییرات باربری نهایی ستون های دایره ای شکل نسبت به خروج از مرکزیت بار محوری در ازای مقادیر مختلف درصد آرماتور مقطع و میزان پوشش بتنی آن برای آئین نامه آبا و ACI ترسیم شده است.



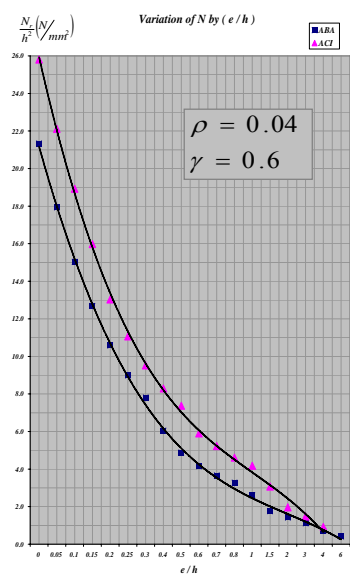
(ج)



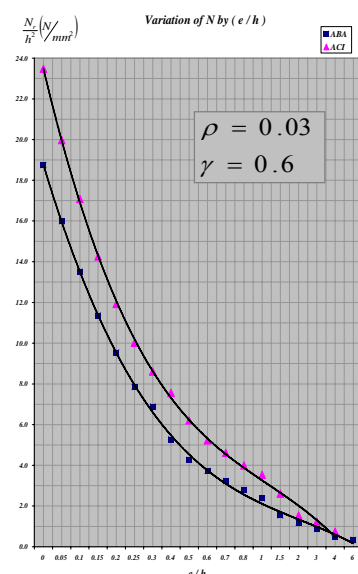
(ب)



(الف)

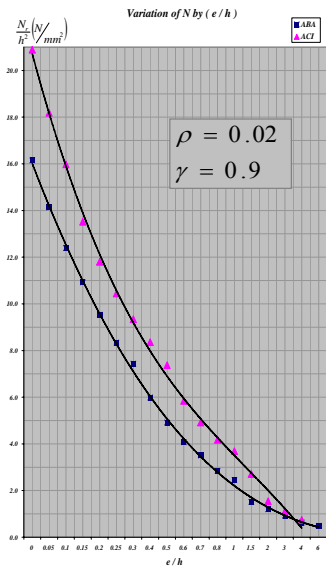


(ه)

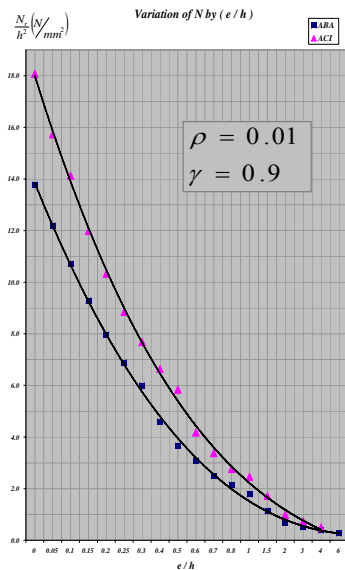


(د)

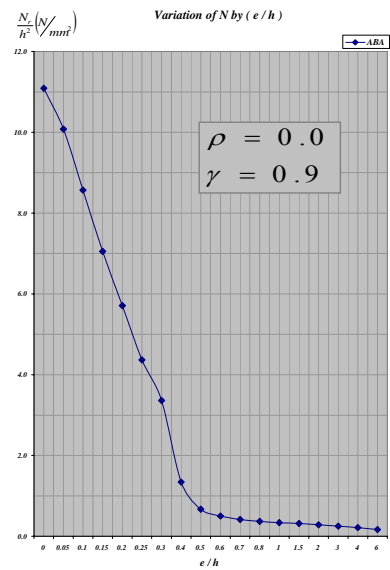
شکل ۵ - نمودار تغییرات باربری نهایی ستون های دایره ای شکل نسبت به خروج از مرکزیت بار محوری در ازای مقادیر الف: $\gamma = 0.6, \rho = 0\%$ ،
 ب: $\gamma = 0.6, \rho = 1\%$ ، ج: $\gamma = 0.6, \rho = 2\%$ ، د: $\gamma = 0.6, \rho = 3\%$ ، ه: $\gamma = 0.6, \rho = 4\%$



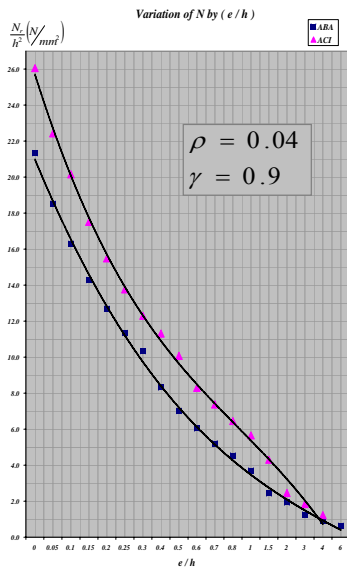
(ز)



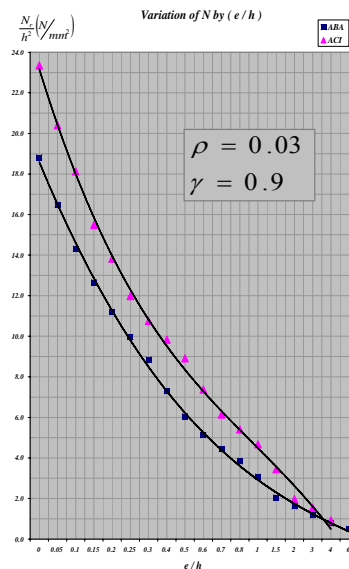
(ج)



(و)



(ی)



(ط)

ادامه شکل ۵ - نمودار تغییرات باربری نهایی ستون های دایره ای شکل نسبت به خروج از مرکزیت بار محوری در ازای مقادیر و: $\gamma = 0.9, \rho = 0\%$ ،
 ز: $\gamma = 0.9, \rho = 1\%$ ، ح: $\gamma = 0.9, \rho = 2\%$ ، ط: $\gamma = 0.9, \rho = 3\%$ ، ی: $\gamma = 0.9, \rho = 4\%$ ،

نتیجه گیری

با توجه به نمودارهای ترسیم شده، سه مطلب قابل برداشت می باشد:

- ✓ با افزایش خروج از مرکزیت، باربری ستون به شدت کاهش می یابد؛ که ناشی از اثر توأم لنگر و نیروی محوری است.
- ✓ باربری ستون های بدون آرما تور به مراتب کمتر از ستون های بتن آرمه می باشد.
- ✓ در آئین نامه آبا به دلایل پیش گفته از جمله افزودن ضرائب اطمینان، باربری ستون ها $10\% - 5\%$ کمتر از ستون های مشابه در آئین نامه *ACI* می باشند. این مطلب باعث می شود تا سازه های طرح شده بر اساس آئین نامه آبا سنگین تر و پرهزینه تر باشند.

مراجع

1. ACI-318. Building code requirements for reinforced concrete, American Concrete Institute, Committee 318, 2005.
۲. آئین نامه بتن ایران ، معاونت امور فنی- دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ، انتشارات فرهنگ و ارشاد اسلامی ، چاپ ششم ، سال ۱۳۸۲ .
۳. شاپور طاحونی، "طراحی ساختمان های بتن مسلح" ، انتشارات دانشگاه تهران ، چاپ هفتم ، تابستان ۱۳۸۳.
۴. داود مستوفی نژاد ، "سازه های بتن آرمه" ، جلد اول، انتشارات ارکان ، چاپ اول ، پاییز ۱۳۸۳.