

محصور شدگی ستون های قاب خمشی بتن مسلح ویژه

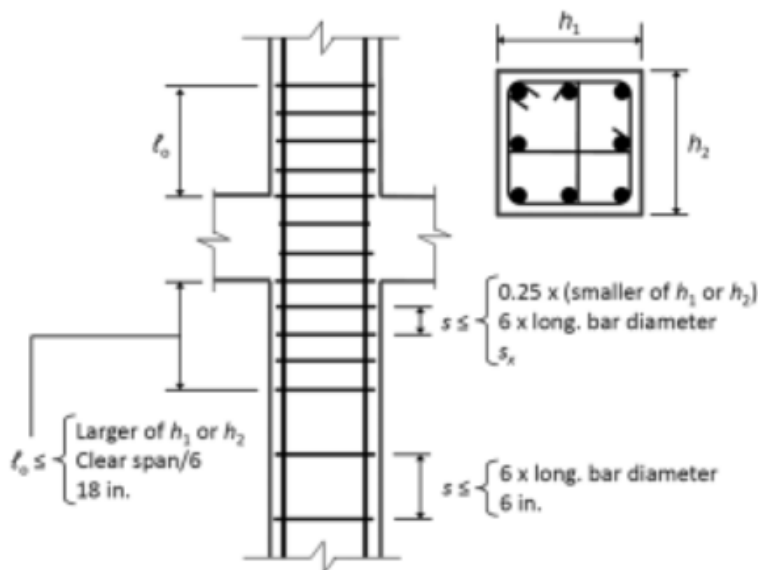
الزامات ۳۱۸-۱۴ ACI

موسسه بتن آمریکا (ACI) الزامات آیین نامه ساختمان در مورد بتن مورد استفاده در سازه (۳۱۸-۱۴ ACI) و تفسیر آن (۳۱۸-۱۴ ACI) را در پاییز سال ۲۰۱۴ منتشر کرده است. ۳۱۸-۱۴ ACI به عنوان مرجع در آیین نامه بین المللی ساختمان سال ۲۰۱۵ (IBC) پذیرفته شده است. تغییرات ساختاری و فنی قابل توجهی بین ۳۱۸-۱۱ ACI و ۳۱۸-۱۴ ACI مشاهده می شود. از این رو، یک مقاله دو بخشی در ماه های آوریل و می سال ۲۰۱۶ در مجله STRUCTURE در مورد این تغییرات منتشر شد. یک مقاله پایین به بالا در مورد یکی مهم ترین تغییرات فنی- مقررات طراحی لرزه ای برای دیوار برشی ویژه (با اجرای خاص) در ماه جولای ۲۰۱۶ منتشر شد. این مقاله به عنوان آخرین مقاله در مورد تغییر مهم دیگر در الزامات محصور شدگی ستون ها در قاب های خمشی ویژه بتنی مسلح محسوب می شود.

مقدمه ای بر تغییرات

توانایی هسته بتن یک ستون بتنی مسلح جهت مقاومت در برابر کرنش های فشاری با فشار ناشی از محصور شدگی افزایش می یابد. کرنش های فشاری ناشی از تغییر شکل جانبی به کرنش های حاصل از بار محوری افزوده می شوند. همچنین بایستی میلگرد های محصور کننده را با توجه به بار محور به منظور تضمین ظرفیت تغییر شکل جانبی مناسب افزایش داد. وابستگی مقدار میلگرد مورد نیاز به اندازه بار محوری اعمالی بر ستون توسط برخی از آیین نامه ها در کشور های دیگر مورد اشاره قرار گرفته است (مانند آیین نامه کانادا CSA A23.3-14 و آیین نامه نیوزلند NZS 3101-06) اما در آیین نامه ۳۱۹ ACI در ویرایش ۲۰۱۱ آن منظور نشده است.

توانایی ستون محصور کننده جهت حفظ یکپارچگی بتن ناحیه هسته و افزایش ظرفیت تغییر شکل نیز بستگی به شکل میلگرد طولی و عرضی دارد. میلگرد طولی که به صورت مناسب توزیع و به صورت جانبی در اطراف هسته یک ستون تقویت شده است، موجب ایجاد محصور شدگی بهتر نسبت به یک قفسه با میلگرد های طولی بلند تر با فاصله زیاد می شود. کارایی محصور شدگی به عنوان یک پارامتر مهم در تعیین رفتار بتن حبس شده محسوب می شود (ماندر و همکاران، ۱۹۸۸) و در معادله CSA A23.3-14 برای حبس شدگی ستون منظور شده است. ویرایش سال ۲۰۱۱ آیین نامه ۳۱۸ ACI به صورت مشخص کارایی محصور شدگی را در تعیین میزان محصور شدگی مورد نیاز مد نظر قرار نداده است. این ویرایش به جای این موضوع، کارایی محصور شدگی مشابه را مستقل از نحوه توزیع میلگرد ها فرض کرده است.



شکل ۱. حبش شدگی ستون مستطیلی قاب خمشی ویژه

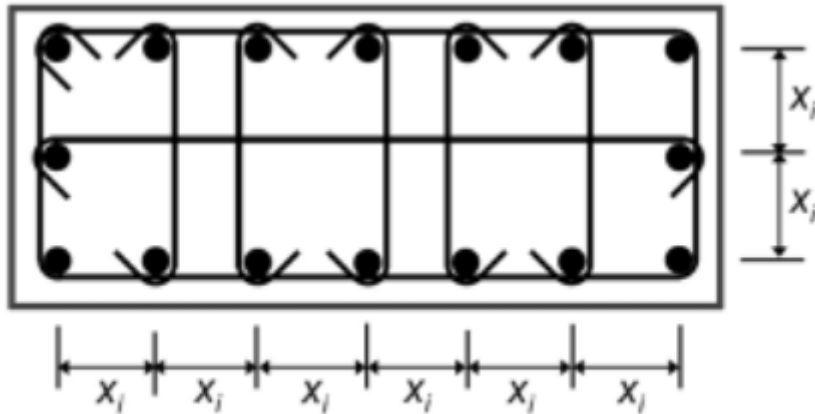
با توجه به موضوع فوق، الزامات محصور شدگی برای ستون های قاب های خمشی ویژه (بخش ۵، ۷، ۱۸، شکل ۱) با نیروی محوری زیاد ($P_u > 0.3A_g f'_c$) یا مقاومت فشاری بالای بتن ($f'_c > 10,000$ psi) در ACI 318-14 دارای تفاوت های زیادی می باشند. گزیده ای از مقاله شیخ و همکاران، موبد علت گروه بندی ستون های با مقاومت زیاد با توجه به ستون های با بار محوری زیاد می باشد:

با داشتن مقدار تنگ فولادی یکسان، شکل پذیری خمشی ستون ها (بتن با مقاومت بالا) به مراتب کمتر از نمونه های NSC قابل مقایسه آزمایش شده تحت مقادیر $P/f'_c A_g$ مشابه می باشند. در مورد درصد میلگرد محصور شدگی مورد نیاز توسط آیین نامه ساختمانی ACI، ستون های NSC شکل پذیری بهتری را نسبت به ستون های HSC آزمایش شده با $P/f'_c A_g$ مشابه نشان داده اند. با این حال، برای یک مقدار بار محوری اندازه گیری شده به عنوان نسبتی از P (ظرفیت بار محوری نهایی)، ستون های NSC و HSC از حیث خصوصیات جذب انرژی هنگامی که میزان قابل توجهی از تنگ فولادی متناسب با مقاومت بتنی غیر محصور اعمال شده است، رفتار کرده اند. از سوی دیگر، میزان فولاد حبس شدگی مورد نیاز برای عملکرد یک ستون متناسب با مقاومت بتن بوده و بار محوری اعمالی به جای $P/f'_c A_g$ ، بر حسب P_o اندازه گیری می شود.

بحث زیر در مورد حبس شدگی در طول l_o ، به عنوان ناحیه احتمالی وقوع مفصل پلاستیک می باشد.

یکی از الزامات مهم و جدید به صورت زیر می باشد:

۱۸، ۷، ۵، ۲- بایستی میلگرد گذاری عرضی مطابق با (a) تا (f) صورت گیرد که برای $P_u > 0.3A_g f'_c$ or $f'_c > 10,000$ psi در ستون هایی با قلاب های مستطیلی، بایستی هر میلگرد طولی یا گروه میلگرد ها در اطراف محیط هسته ستون دارای تکیه گاه جانبی توسط گوشه قلاب یا قلاب لرزه ای بوده و نباید مقدار h_x بیشتر از ۸ in (شکل ۲) باشد. بایستی مقدار P_u در بیشترین مقدار خود تحت فشار مطابق با ترکیب بار ضریب دار شامل E باشد.



$$h_x = \max. \text{ value of } x_j \text{ on all column faces } \leq 8 \text{ in.}$$

شکل ۲. حبس شدگی ستون مستطیلی بتنی با مقاومت زیاد تحت اثر اعمال بار محوری از یک قاب خمشی ویژه

تغییر روند اجرا نسبت به حالت قبل در این مورد است که به جای میلگرد طولی دیگر تحت تکیه گاه قسمت گوشه یک تنگ یا تنگ عرضی، بایستی میلگرد طولی هنگامی که بار محوری بر روی یک ستون زیاد باشد و یا مقاومت فشاری بتن ستون زیاد باشد، دارای تکیه گاه باشد. همچنین، بایستی قلاب ها در دو انتهای تنگ عرضی در زاویه ۱۳۵ درجه باشد. به عنوان یک موضوع مهم، فاصله مرکز به مرکز بین میلگرد های تحت تکیه گاه جانبی به میزان حدود ۸ اینچ محدود می شود. در غیاب بتن با مقاومت زیاد یا بارگذاری محوری زیاد، حداکثر فاصله حدود ۱۴ اینچ خواهد بود. در ۳۱۸-۱۱ ACI و ویرایش های قبلی، محدودیت ۱۴ اینچ جهت اعمال فاصله مرکز به مرکز بین پایه های قلاب ها و تنگ های عرضی لحاظ می شود.

الزام جدید دیگر، بخش زیر می باشد:

۱۸،۷،۵،۴ - بایستی مقدار میلگرد عرضی مطابق با جدول ۱۸،۷،۵،۴ (که در این مجددا ارائه شده است) باشد:

Transverse reinforcement	Conditions	Applicable expressions	
$\frac{A_{sh}}{sb_c}$ for rectilinear hoop	$P_u \leq 0.3A_g f'_c$ and $f'_c \leq 10,000 \text{ psi}$	Greater of (a) and (b)	$0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (a)
	$P_u > 0.3A_g f'_c$ and $f'_c > 10,000 \text{ psi}$		$0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (b)
		Greater of (a), (b) and (c)	$0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c)

Note: A_{ch} = cross-sectional area of a member measured to the outside edges of transverse reinforcement.

جدول ۱. (ACI ۳۱۸-۱۴ Table ۱۸،۷،۵،۴). محصور شدگی در ستون مستطیلی با مقاومت بالا یا تحت بار محوری

ضریب مقاومت بتن k_f و ضریب راندمان حبس شدگی k_n با استفاده از دو رابطه (a) و (b) محاسبه می شوند:

$$k_f = \frac{f'_c}{25,000} + 0.6 \geq 1.0 \quad (18.7.5.4a)$$

$$k_n = \frac{n_l}{n_l - 2} \quad (18.7.5.4b)$$

که n_l تعداد میلگرد های مورد نیاز یا گروه میلگرد در اطراف محیط هسته یک ستون با قلاب های مستطیلی دارای تکیه گاه جانبی توسط گوشه قلاب ها یا به وسیله قلاب های لرزه ای می باشد. برای مشاهده مقادیر k_f و k_n محاسبه شده توسط روابط فوق، جداول ۲ و ۳ را مشاهده کنید.

ضریب مقاومت بتن k_f	مقاومت مشخصه بتن f'_c
۱,۰	۱۰۰۰۰
۱,۱	۱۲۵۰۰
۱,۲	۱۵۰۰۰
۱,۳	۱۵۰۰۰
۱,۴	۲۰۰۰۰
۱,۵	۲۲۵۰۰
۱,۶	۲۵۰۰۰

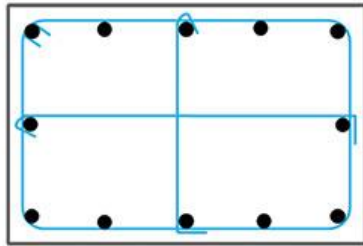
جدول ۲. مقادیر ضریب مقاومت بتن k_f

ضریب کارایی بتن k_n	شماره میلگرد های محیطی طولی تقویتی جانبی
۲,۰۰	۴
۱,۵۰	۶
۱,۳۳	۸
۱,۲۵	۱۰
۱,۲۰	۱۲
۱,۱۷	۱۴
۱,۱۴	۱۶
۱,۱۳	۱۸
۱,۱۱	۲۰

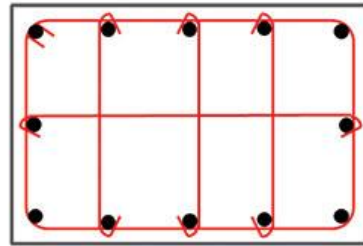
جدول ۳. مقادیر ضریب کارایی بتن

بررسی تاثیر الزامات محصور شدگی اصلاح شده

همان طور که در بالا مشاهده می شود، در مورد ستون های ساخته با بتن دارای مقاومت فشاری مشخصه بیشتر از ۱۰۰۰ psi و یا تحت تاثیر نیروی محوری ضریب دار P_u بیشتر از $0.3A_g f'_c$ (سطح مقطع کلی)، محصور شدگی مورد نیاز نواحی احتمالی مفصل پلاستیک (در دو انتها) تابعی از نیروی محوری می باشد. اثر الزامات اصلاح شده در جدول ۴ مورد ارزیابی قرار گرفته است.



ACI 318-11 Confinement



ACI 318-14 Confinement

(Except for $f'_c \leq 10$ ksi and $P_u / A_g f'_c \leq 0.3$ where the column can be confined similar to the ACI 318-11 requirements)

Column Dimensions: 36 x 24 in.

$$A_g = 36 \times 24 = 864 \text{ in.}^2$$

Longitudinal Bars: 12 #10

Clear cover on all sides: 1.5 in.

$$A_{ch} = 33 \times 21 = 693 \text{ in.}^2$$

$f_{yt} = 60$ ksi

Required $A_{sh}/b_c s$ values	f'_c (ksi)			
	10	12	14	16
Equation (a), Table 18.7.5.4	0.0123	0.0148	0.0173	0.0197
Equation (b), Table 18.7.5.4	0.0150	0.0180	0.0210	0.0240
ACI 318-11 = Max[(a),(b)]	0.0150	0.0180	0.0210	0.0240
Equation (c) Table 18.7.5.4	$P_u/A_g f'_c = 0.3$	N.A.	0.0194	0.0243
	$P_u/A_g f'_c = 0.4$	0.0199	0.0259	0.0324
	$P_u/A_g f'_c = 0.5$	0.0249	0.0323	0.0405
ACI 318-14 = Max[(a),(b),(c)]	$P_u/A_g f'_c = 0.3$	0.0150	0.0194	0.0243
	$P_u/A_g f'_c = 0.4$	0.0199	0.0259	0.0324
	$P_u/A_g f'_c = 0.5$	0.0249	0.0323	0.0405
Equation (a): $A_{sh}/b_c s = 0.3[(A_g/A_{ch}) - 1.0]f'_c/f_{yt}$				
Equation (b): $A_{sh}/b_c s = 0.09f'_c/f_{yt}$				
Equation (c): $A_{sh}/b_c s = 0.2 k_f k_n (P_u/f_{yt} A_{ch})$				
where: $k_f = f'_c / 25,000 + 0.6 \geq 1.0$ $= 1.0 (f'_c = 10 \text{ ksi}); 1.08 (f'_c = 12 \text{ ksi}); 1.16 (f'_c = 14 \text{ ksi}); \text{ and } 1.24 (f'_c = 16 \text{ ksi})$ $k_n = n_l / (n_l - 2) = 1.2 (n_l = 12)$ $P_u = (P_u/A_g f'_c) A_g f'_c$				

جدول ۴. اثر الزامات اصلاحی محصور شدگی ACI ۳۱۸-۱۴ برای نواحی احتمالی تشکیل مفصل پلاستیک ستون های قاب خمشی ویژه

میلگرد های بزرگتر از میلگرد شماره ۶ از نظر اجرایی جهت استفاده به عنوان میلگرد عرضی قابل اجرا نمی باشند. همچنین، کل یک قلاب و تنگ عرضی در دو جهت متعامد دارای ضخامت $2 \frac{1}{4}$ اینچ برای میلگرد شماره ۶ که به فاصله $1 \frac{3}{4}$ اینچ برای فاصله مرکز به مرکز ۴ اینچ انتقال می دهد، می باشد. از این رو، جدول ۴ نشان دهنده محدودیت هایی برای بار محوری اعمالی با افزایش مقاومت فشاری مشخصه بیشتر از ۶ ksi می باشد. محدودیت ها در آیین نامه ACI ۳۱۸-۱۴ بیشتر می باشند. بایستی توجه کرد که ACI ۳۱۸ امکان بیشتر شدن P_u به میزان ۰.۸ (ضریب برون محوری تصادفی) $\times 0.65 \phi$ برای ستون هایی با میلگرد عرضی جدا $P_o = 0.525 P_o \times$ را نمی دهد، به طوری که:

$$P_o = A_g f'_c + A_{st} (f_y - f'_c)$$

بنابراین $0.5 f'_c A_g$ یک مقدار بار محوری بسیار زیاد می باشد که در ستون های قاب خمشی ویژه مد نظر قرار می گیرد. همچنین در صورتی که نیاز به در نظر گرفتن دامنه بارهای محوری ضریب دار و مقاومت بتن با قرار دادن میلگرد عرضی شماره ۶ در فاصله ای مناسب باشد، بهترین راه حل، تعویض میلگرد عرضی با مقاومت تسلیم f_{yt} بیشتر از ۶۰ ksi می باشد. ACI ۳۱۸ مقدار f_{yt} بیشتر از ۱۰۰ ksi را مجاز می داند.

نتیجه گیری

این مقاله به بحث در مورد الزامات حبس شدگی ACI ۳۱۸-۴ اصلاحی برای ستون های قاب های خمشی ویژه پرداخته است. در این مقاله نشان داده شده است که الزامات اصلاحی دارای تاثیر قابل توجهی بر ستون هایی با بار محوری زیاد ($P_u > 0.3 A_g$) یا ساخته شده از بتن با مقاومت بالا ($f'_c > 10,000 \text{ psi}$) و یا هر دو می باشند.

علائم و پارامتر ها

A_{ch} = سطح مقطع عرضی یک عضو اندازه گیری شده از لبه های خارجی میلگرد عرضی

A_{sh} = سطح مقطع کل میلگرد عرضی شامل بسط های عرضی به فاصله S و عمود بر بعد b_c

A_{st} = سطح مقطع کل میلگرد طولی غیر پیش تنیده

b_c = بعد مقطع عرضی هسته عضو اندازه گیری شده نسبت به لبه های خروجی میلگرد عرضی شامل سطح A_{sh}

f' = مقاومت فشاری مشخصه بتن

f_{yt} = مقاومت تسلیم مشخصه میلگرد طولی

f_y = مقاومت تسلیم مشخصه میلگرد غیر پیش تنیده

h_1 = بعد پلان ستون در یکی از دو جهت متعامد

h_2 = بعد پلان ستون در دیگر جهت متعامد

h_x = حداکثر فاصله مرکز به مرکز میلگرد های طولی با تکیه گاه جانبی در گوشه های بست های عرضی یا پایه های قلاب در اطراف محیط ستون

k_f = ضریب مقاومت بتن

k_n = ضریب کارایی حبس شدگی

l = طول اندازه گیری شده از وجه اتصال در امتداد محور عضو که بایستی میلگرد های عرضی ویژه را تعبیه کرد.

n_i = تعداد میلگرد های طولی در اطراف محیط هسته یک ستون با قلاب های مستطیلی که به وسیله گوشه قلاب ها یا قلاب های لرزه ای دارای تکیه گاه جانبی می باشند.

P = نیروی محوری

P = مقاومت محوری اسمی در حالت بدون خروج از محوری

P_u = نیروی محوری ضریب دار

S = فاصله مرکز به مرکز میلگرد عرضی

x_i = بعد محور به محور پایه های قلاب یا بست های عرضی (۱۲-۳۱۸ ACO) میلگرد های طولی با تکیه گاه جانبی (۳۱۸-ACI) (۱۴).

مترجم: امیر رضا بخشی

منبع:

<http://www.structuremag.org/?p=۱۰۴۱۵>