

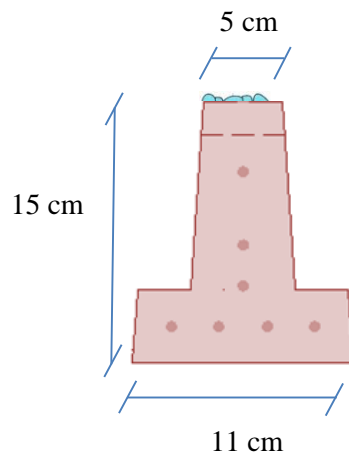
مشخصات فنی تیرچه‌های پیش‌تنیده راد

مشخصات فنی تیرچه‌های فوق‌مدرن پیش‌تنیده راد همانند هر عضو بتنی پیش‌تنیده دیگر بر اساس پارامترهایی همچون: مشخصات هندسی مقطع، مشخصات مکانیکی بتن و مشخصات مکانیکی کابل‌های فولادی (وایر: WIRE)، تعیین می‌گردد.

برای تولید تیرچه پیش‌تنیده به جهت اینکه در محصولات پیش‌تنیده بتن تحت فشار بالایی قرار می‌گیرد آیین‌نامه حداقل بتن رده C 35 را برای تولید تیرچه پیش‌تنیده مجاز می‌داند. شرکت تیرچه پیش‌تنیده راد دارای طرح اختلاط مخصوص به خود است که با استفاده از آن بتن با رده مقاومتی C45 را تولید می‌نماید. این شرکت برای تولید این بتن از شن و ماسه با دانه بندی مخصوص که دائماً کنترل می‌شود و همچنین بتن خشک (NON SLAMP) که جهت متراکم سازی احتیاج به لرزاندن شدید و طولانی مدت دارد استفاده می‌کند. تولید بتن خشک احتیاج به بچینگ مخصوص دارد که در حال حاضر تنها تولید کننده این محصول با بتن خشک شرکت تیرچه پیش‌تنیده راد می‌باشد.

کلیه تیرچه‌های تولیدی این شرکت، از لحاظ مشخصات هندسی مقطع بتنی، کاملاً یکسان بوده و صرفاً در تعداد وایر متفاوت می‌باشند.

تعداد وایرها براساس ظرفیت خمشی مورد نیاز مقطع تیرچه تعیین می‌گردند. کلیه محاسبات با کنترل تمامی ضوابط توسط بخش فنی شرکت تیرچه پیش‌تنیده راد انجام پذیرفته است.



ابعاد برحسب سانتی‌متر است

مشخصات فنی اختصاصی تیرچه پیش‌تنیده راد

1- **مضرس بودن سطح تماس دندانه‌ای تیرچه با بتن درجاریز:** یکی از ضعف‌های اصلی تیرچه‌های پیش‌تنیده، عدم اتصال مناسب بین سطح تماس تیرچه با بتن درجاریز است که مانع از انتقال جریان برش افقی شده و مانع از عملکرد مرکب مقطع سقف می‌گردد. این ضعف در تیرچه با مضرس کردن سطح تماس بطور کامل برطرف گردیده است.

2- **بکارگیری وایر آجدار:** در تیرچه پیش‌تنیده راد از وایر آجدار استفاده می‌شود که توسط جک‌های کششی مستقر در کارخانه به میزان محاسبه شده کشیده می‌شوند.

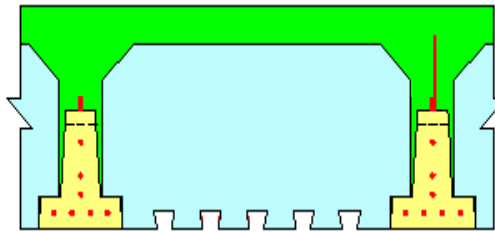


تصویر وایر های آجدار وارد شده

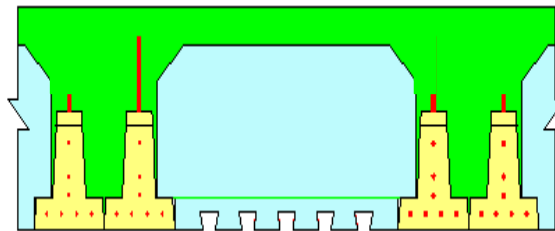
طرح و محاسبه تیرچه‌های پیش تنیده راد

طراحی و محاسبه‌ی تیرچه‌های پیش تنیده راد و همچنین تدوین کلیه جداول و نمودارهای کاربردی مربوط به آنها بر اساس chapter 18 آیین‌نامه ACI 318-08 انجام گرفته است.

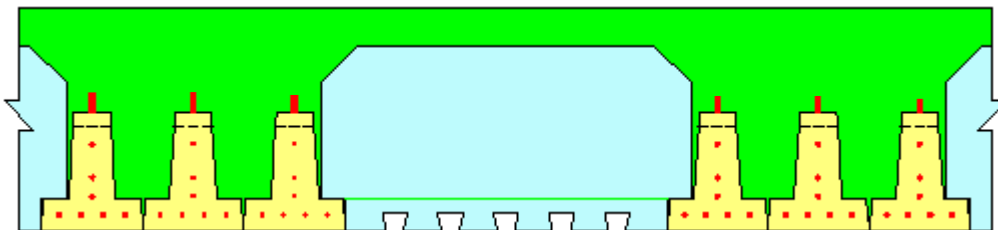
تیرچه پیش تنیده راد همانطور که در شکل های زیر نشان داده شده است بسته به نیاز و طول دهانه، می‌تواند بصورت تکی (Single) یا دبل (Double) یا سه‌تایی (Triple) در یک مقطع مرکب (Composite) مورد استفاده قرار گیرد.



Single Composite



Double Composite



Triple Composite

کنترل مقاومت خمشی تیرچه‌های پیش‌تنیده راد

کنترل مقاومت خمشی تیرچه پیش‌تنیده راد قبل از اجرا

این کنترل مربوط به مرحله بعد از تولید شامل: انبارداری، حمل و نصب است که تیرچه تحت وزن خودش قرار دارد. خروج از مرکزیت نیروی پیش‌تنیدگی معمولاً "موجب ایجاد تنش کششی در تارهای فوقانی و تنش فشاری در تارهای تحتانی تیرچه می‌گردد ولی لنگر مثبت ناشی از وزن تیرچه، این تنش‌های کششی و فشاری را کاهش داده و حتی ممکن است منجر به ایجاد تنش فشاری در تارهای فوقانی گردد. لذا مقادیر تنش‌های کششی و فشاری در بالا و پایین تیرچه هم در وسط طول که لنگر ناشی از وزن تیرچه ماکزیمم است و هم در محل تکیه‌گاه‌ها که لنگر ناشی از وزن تیرچه صفر است، با تنش‌های کششی و فشاری مندرج در آیین‌نامه کنترل می‌گردند.

کنترل مقاومت خمشی تیرچه پیش‌تنیده راد در مرحله اجرا

با توجه به اینکه معمولاً برای اکثر سازه‌ها در زیر تیرچه‌ها شمع بندی می‌گردد، فلذا نیازی به کنترل این قسمت نمی‌باشد. لازم به ذکر است که شمع بندی در این تیرچه‌ها کاهش یافته است.

کنترل مقاومت خمشی تیرچه پیش‌تنیده راد در مرحله نهایی

این کنترل مربوط به مرحله نهایی یعنی بعد از گیرش کامل بتن درجاریز و جمع‌آوری شمع‌های موقت است که مقطع مرکب متشکل از تیرچه و بتن درجاریز تحت بارهای مرده و زنده ضریب‌دار قرار دارند. مطابق ضوابط ACI 318-08، مقاطع پیش‌تنیده علاوه بر بارهای بهره‌برداری باید تحت بارهای ضریب‌دار نیز کنترل گردند. لذا لنگر مقاوم اسمی مقطع مرکب متشکل از تیرچه پیش‌تنیده راد و بتن درجاریز درست همانند یک مقطع بتن‌آرمه با لنگر ناشی از بارهای مرده و زنده ضریب‌دار مقایسه می‌گردد.

در زیر بخشی از محاسبات مربوط به کنترل مقاومت خمشی تیرچه ها آورده شده است:

مدول الاستیسیته بتن بر اساس بند 8.5.1 در آیین نامه ACI318-02 عبارتست از:

مدول الاستیسیته در تیرچه های پیش تنیده:

$$E_c = W^{\frac{3}{2}} * 33 * \sqrt{f_c} \frac{Ib}{in^2}$$

$$W = 150 \frac{Ib}{in^2} \rightarrow E_c = 150^{\frac{3}{2}} * 33 * \sqrt{450 * 0.8 * 14} = 4303938 \frac{Ib}{in^2}$$

$$= 307424 \frac{kg}{cm^2}$$

مدول الاستیسیته در دال بتنی:

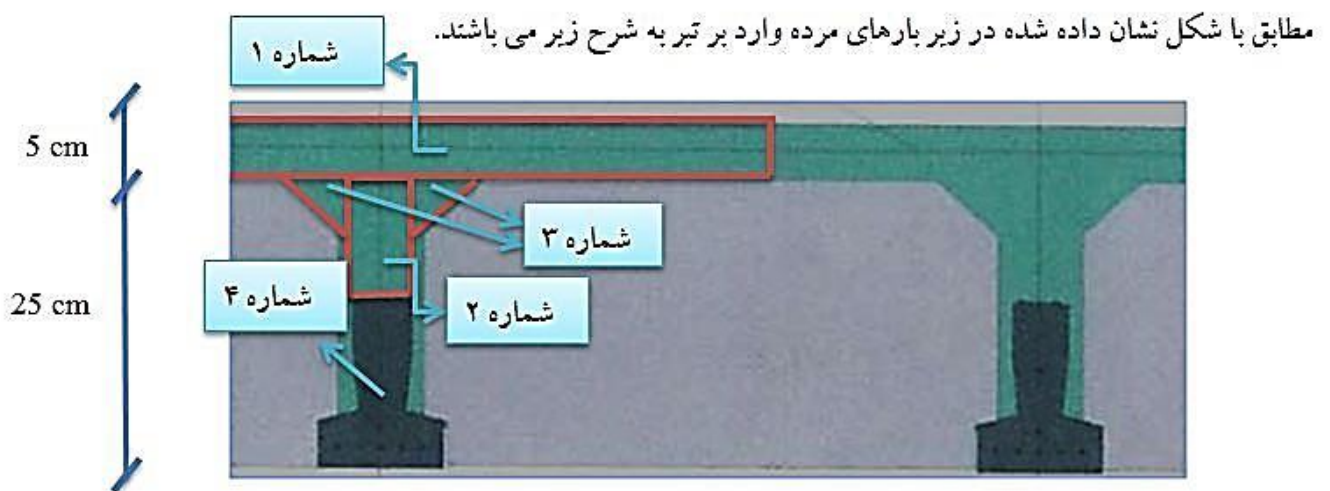
$$W = 150 \frac{Ib}{in^2} \rightarrow E_c = 150^{\frac{3}{2}} * 33 * \sqrt{210 * 14} = 3287187 \frac{Ib}{in^2}$$

$$= 234799 \frac{kg}{cm^2}$$

در نتیجه نسبت مدول الاستیسیته در تیرچه های پیش تنیده به دال بتنی برابر با مقدار زیر می باشد:

$$m = \frac{E_{c-s}}{E_{c-j}} = \frac{234799}{307424} = 0.7637$$

محاسبه بار مرده وارد بر تیرچه در حالت بهره برداری:



جدول محاسبه وزن کف طبقات	
$0.02 * 2250 = 45 \frac{kgf}{m^2}$	موزاییک سیمانی
$0.03 * 2100 = 63 \frac{kgf}{m^2}$	ملات ماسه سیمان
$0.08 * 1200 = 104 \frac{kgf}{m^2}$	بتن سبک یا پوکه معدنی
$0.05 * 2500 = 125 \frac{kgf}{m^2}$	بتن روی سقف
$2 * 0.1 * 0.25 * 2500 = 125 \frac{kgf}{m^2}$	تیرچه پیش تنیده
$1 \frac{kgf}{m^2}$	بلوک پلی استایرن
$0.02 * 1600 = 32 \frac{kgf}{m^2}$	اندود گچ و خاک
$0.01 * 1300 = 13 \frac{kgf}{m^2}$	اندود سفید کاری
$100 \frac{kgf}{m^2}$	وزن پارتیشن
$590 \frac{kgf}{m^2}$	جمع

جدول شماره 8: مشخصات بار مرده در سقف طبقات با کاربری مسکونی

در نتیجه در ادامه محاسبات بر اساس بار مرده 590 کیلوگرم بر متر مربع انجام می گیرد.

محاسبه مشخصات مقطع مرکب:

ضریب 0.76 همان نسبت مدول الاستیسیته بتن
تیرچه به بتن دال می باشد

شماره مقطع	$A_c (cm^2)$	$y (cm)$	$A_c * y$
1	$5*50*0.76=190$	2.5	475
2	$8*10*0.76=60.8$	10	608
3	$5*5*0.76=19$	6.70	127.3
4	99	23.89	2365.11
مجموع	368.8		3575.41

جدول شماره 9: مشخصات مقطع مرکب با تیرچه 150

y (cm): فاصله مرکز سطح هر قسمت نسبت به بالا دال بتنی

در نتیجه با توجه به مقادیر بالا به محاسبه مشخصات مقطع مرکب می پردازیم:

محاسبه فاصله مرکز سطح تیرچه نسبت به تار بالایی و پایینی:

$$\bar{y}_t = \frac{\sum Ac * y}{\sum Ac} = \frac{3575.41}{368.8} = 9.69 \text{ cm}$$

$$\bar{y}_b = 30 - 9.69 = 20.3 \text{ cm}$$

محاسبه ممان اینرسی مقطع تیرچه:

همانطور که در بالا ذکر شد محاسبات بر اساس کلاس 2 مقطع پیش تنیده صورت می پذیرد:

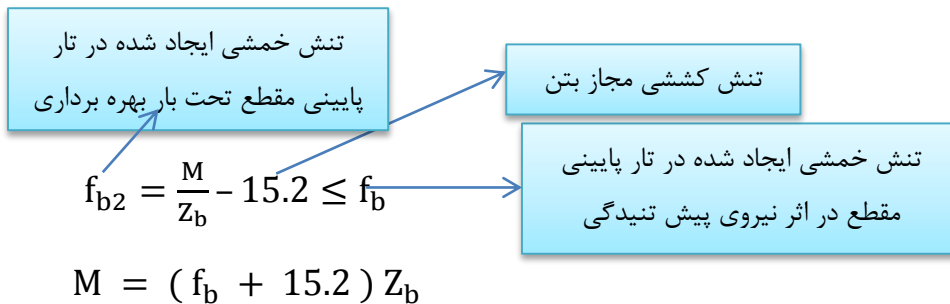
شماره مقطع	1	2	3	4	مجموع
ممان اینرسی cm^4	10218	512.5	179.75	21953	32863.25

جدول شماره 10: ممان اینرسی مقطع مرکب با تیرچه 150

$$Z_{\text{top}} = \frac{32863.25}{9.69} = 3391.5 \text{ cm}^3$$

$$Z_{\text{bot}} = \frac{32863.25}{20.3} = 1618.9 \text{ cm}^3$$

محاسبه لنگر ظرفیت مقطع مرکب بر حسب تعداد مفتول مورد استفاده:



$M = (90.63 + 15.2) * \frac{1618.9}{100} = 1713.43 \text{ kgf.m}$	مقطع 3-15:
$M = (147.64 + 15.2) * \frac{1618.9}{100} = 2636.3 \text{ kgf.m}$	مقطع 4-15:
$M = (204.65 + 15.2) * \frac{1618.9}{100} = 3559.2 \text{ kgf.m}$	مقطع 5-15:
$M = (261.7 + 15.2) * \frac{1618.9}{100} = 4482 \text{ kgf.m}$	مقطع 6-15:
$M = (300.9 + 15.2) * \frac{1618.9}{100} = 5117 \text{ kgf.m}$	مقطع 7-15:

جدول شماره 11: لنگر ظرفیت مقطع مرکب

محاسبه حداکثر طول تیرچه بر حسب بار زنده در عرض 0.5 متر:

$$W_{Dead} = 590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow q_{Dead} = 590 * 0.5 = 295 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Load Combination} \rightarrow Q = 1.2 \text{ Dead} + 1.6 \text{ Live}$$

$$= 1.2 * 295 + 1.6L = 354 + 1.6L$$

$$M = \frac{Ql^2}{8} \rightarrow L = \sqrt{\frac{8 * M}{354 + 1.6L}}$$

$L = \sqrt{\frac{8 * 1713.43}{354 + 1.6L}}$	مقطع 3-15:	$L = \sqrt{\frac{8 * 4482}{354 + 1.6L}}$	مقطع 6-15:
$L = \sqrt{\frac{8 * 2636.3}{354 + 1.6L}}$	مقطع 4-15:	$L = \sqrt{\frac{8 * 5117.3}{354 + 1.6L}}$	مقطع 7-15:
$L = \sqrt{\frac{8 * 3559.2}{354 + 1.6L}}$	مقطع 5-15:		

جدول شماره 12: حداکثر طول مجاز تیرچه پیش تنیده

برای ساختمان های مسکونی (در طبقات) داریم:

$$W_{live} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow q_{live} = 200 * 0.5 = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$L = \sqrt{\frac{8 * 1713.4}{514}} = 5.16 \text{ m}$	مقطع 3-15:	$L = \sqrt{\frac{8 * 4482}{514}} = 8.3 \text{ m}$	مقطع 6-15:
$L = \sqrt{\frac{8 * 2636}{514}} = 6.4 \text{ m}$	مقطع 4-15:	$L = \sqrt{\frac{8 * 5117}{514}} = 8.9 \text{ m}$	مقطع 7-15:
$L = \sqrt{\frac{8 * 3559}{514}} = 7.4 \text{ m}$	مقطع 5-15:		

جدول شماره 13: حداکثر طول مجاز تیرچه برای سقف طبقات با کاربری مسکونی

برای ساختمان های مسکونی (در تراز بام) داریم:

$$W_{Live} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow q_{Live} = 150 * 0.5 = 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{Dead} = 540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow q_{Live} = 540 * 0.5 = 270 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$L = \sqrt{\frac{8 * 1255}{444}} = 5.55 \text{ m}$	مقطع 3-15:	$L = \sqrt{\frac{8 * 2965}{444}} = 9 \text{ m}$	مقطع 6-15:
$L = \sqrt{\frac{8 * 1825.5}{444}} = 6.9$	مقطع 4-15:	$L = \sqrt{\frac{8 * 3533}{444}} = 9.6 \text{ m}$	مقطع 7-15:
$L = \sqrt{\frac{8 * 2395.5}{444}} = 8 \text{ m}$	مقطع 5-15:		

جدول شماره 14: حداکثر طول مجاز تیرچه برای سقف بام

کنترل مقاومت برشی تیرچه پیش تنیده راد

کنترل مقاومت برشی قائم تیرچه پیش تنیده راد در مرحله نهایی

این کنترل مربوط به مرحله نهایی یعنی بعد از گیرش کامل بتن درجاریز و جمع‌آوری شمع‌های موقت است که تیرچه پیش تنیده راد به همراه بتن درجاریز، تحت بارهای مرده و زنده ضریب‌دار قرار دارد. بر اساس ضوابط ACI 318-08، کنترل برش مقاطع پیش‌تنیده صرفاً تحت بارهای مرده و زنده ضریب‌دار انجام می‌گیرد و با کنترل برش در تحت این بارها می‌توان اطمینان داشت که تیرچه در مرحله بهره‌برداری نیز از مقاومت برشی کافی برخوردار است. برای کنترل مقاومت برشی قائم در مقطع مرکب متشکل از تیرچه پیش‌تنیده راد و بتن درجاریز، هر تیر T شکل بصورت یک تیر دوسر مفصل فرض می‌گردد که تیرهای اصلی ساختمان در دو انتهای آن بعنوان تکیه‌گاه ساده

ایفای نقش می‌نمایند. در این حالت، نیروی برشی مقاوم اسمی مقطع که متشکل از مقاومت اسمی مقطع تیرچه پیش تنیده راد و مقطع بتن درجاریز است محاسبه و با نیروی واکنش تکیه‌گاهی حاصل از اعمال بارهای مرده و زنده ضریبدار کنترل می‌گردد.

کنترل مقاومت برشی افقی تیرچه پیش تنیده راد در مرحله نهایی

برای دستیابی به عملکرد یکپارچه تیرچه پیش تنیده راد پیش‌ساخته با بتن درجاریز، که منجر به تشکیل مقطع مرکب می‌گردد، لازم است مقاومت برشی کافی در سطح تماس بتن پیش‌ساخته تیرچه و بتن درجاریز تامین شود. از اینرو سطح تیرچه‌های پیش تنیده راد در محل تماس با بتن درجاریز، بر اساس ضوابط chapter 17 آیین‌نامه ACI 318-08 بصورت عمده مضرس گردیده‌است.

در زیر بخشی از محاسبات مربوط به کنترل مقاومت برشی آورده شده است:

بر اساس آیین‌نامه BS با توجه به اینکه نیروی تنش فشاری ناشی از نیروی پیش‌تنیدگی در تیرچه‌ها، باعث افزایش تنش برشی مجاز می‌گردد و همچنین مرکز سطح عضو تحت برش در جان آن تشکلی می‌گردد، مقدار حداکثر برش قابل تحمل در مقطع از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$V_{co} = 0.67bh(f_{prt}^2 + f_{prt}f_{cp})^{\frac{1}{2}} \quad N$$

$$f_{prt} = 0.24f_{cp}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2}$$

برای مقطع 3-15:

$$f_{cp} = \frac{3 * 2009.6}{99 * 10^2} = 6.1 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{prt} = 0.24f_{cp}^{\frac{1}{2}} = 0.24 * \sqrt{4.87} = 0.59 \frac{N}{mm^2}$$

$$V_{co} = 0.67bh(f_{prt}^2 + 0.8f_{prt}f_{cp})^{\frac{1}{2}} = 0.67 * 110 * 300 * (0.53^2 + 4.87 * 0.53)^{\frac{1}{2}} = 39.7 \text{ KN}$$

$$\approx 3.97 \text{ tonf}$$

$$V_{max} = \frac{QL}{2} = \frac{514 * L}{2}$$

$$L_{max} = \frac{2 * 3970}{514} = 15.47 \text{ m}$$

تعداد مفتول‌ها	3	4	5	6	7
L_{max} (m)	15.5	19	22.4	25.6	28.7

جدول شماره 15: حداکثر طول مجاز تیرچه در کنترل برش

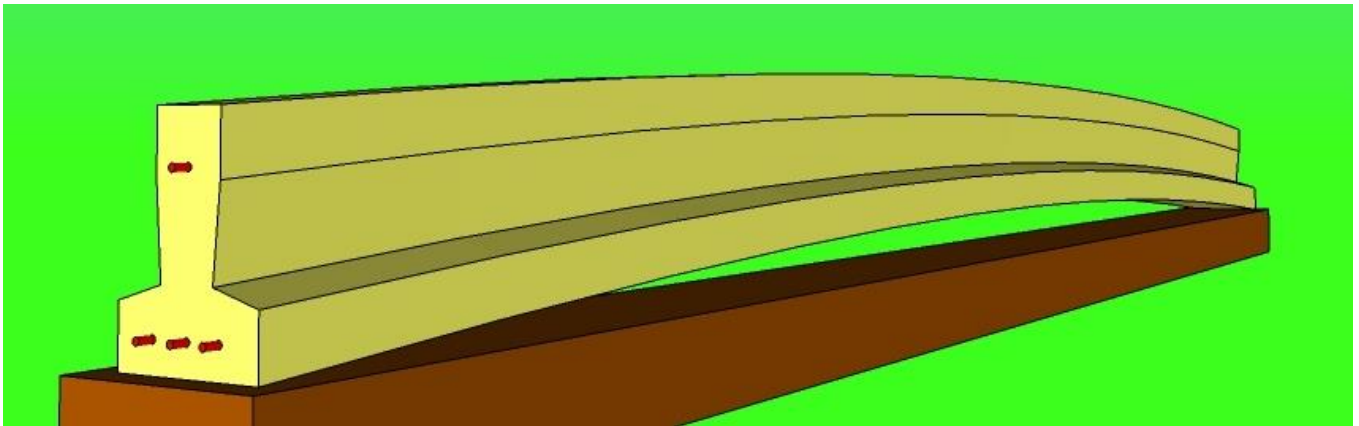
کلیه طول‌های محاسبه شده در جدول بالا بیشتر طول‌های مجاز تیرچه‌ها تحت بار بهره‌برداری می‌باشند، لذا نیازی به استفاده از آرماتور برشی نمی‌باشد.

کنترل خیز تیرچه پیش تنیده راد

بر اساس ضوابط آیین‌نامه ACI 318-08، کنترل خیز در اعضای پیش‌تنیده باید در دو مرحله مورد بررسی قرار گیرد، یکی در مرحله کوتاه‌مدت (مرحله قبل از اجرا) و دیگری در مرحله بلندمدت (مرحله بهره‌برداری). واضح است که در کنترل قبل از اجرا، خیز تیرچه به‌تنهایی و در کنترل بعد از اجرا، خیز مقطع T شکل متشکل از تیرچه پیش‌تنیده راد و بتن درجاریز مورد بررسی قرار گرفته است.

کنترل خیز تیرچه پیش‌تنیده راد قبل از اجرا

به‌منظور کنترل خیز کوتاه‌مدت (رو به بالا)، خیز تیرچه پیش‌تنیده راد در مرحله قبل از اجرا که تیرچه تحت اثر وزن خودش و نیروی پیش‌تنیدگی اولیه (Pi) قرار دارد و "اتلاف تنش‌های بلندمدت پیش‌تنیدگی" هنوز وارد عمل نشده‌اند، محاسبه شده و با مقادیر مجاز مندرج در آیین‌نامه کنترل گردیده‌است. با مراجعه به بخش مفهوم پیش‌تنیدگی، مشخص می‌گردد که علت وجود خیز روبه‌بالا، وجود برون‌محوری برآیند نیروی پیش‌تنیدگی نسبت به مرکز سطح مقطع تیرچه است که البته وزن تیرچه موجب کاهش این خیز روبه‌بالا می‌گردد. در محاسبه اثرات وزن خود تیرچه در خیز، فرض شده است که وزن تیرچه به‌صورت یک بار گسترده یکنواخت بر روی یک تیر دوسر ساده قرار گرفته است. فرض دوسر ساده بودن تیرچه، به‌علت وجود خیز منفی در تیرچه و اتکای تیرچه صرفاً از دوسر خود، کاملاً" موید واقعی بودن این فرض است.



کنترل خیز تیرچه پیش‌تنیده راد در مرحله بهره‌برداری:

به‌منظور کنترل خیز بلندمدت (رو به پایین)، خیز مقطع T شکل مرکب، متشکل از تیرچه پیش‌تنیده راد و بتن درجاریز در مرحله بهره‌برداری (که سقف تحت اثر بارهای مرده و زنده دائمی و نیروی پیش‌تنیدگی موثر (Pe) قرار دارد محاسبه شده و با مقادیر مجاز مندرج در آیین‌نامه کنترل گردیده‌است. در محاسبه این خیز، اثرات پدیده‌های وابسته به زمان شامل: جمع‌شدگی بتن، خزش بتن و وادادگی فولاد نیز در محاسبات در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به پیچیدگی‌های مربوط به روابط در این قسمت از آیین‌نامه BS بدین منظور استفاده می‌گردد.

در زیر قسمتی از محاسبات مربوط به کنترل خیز تیرچه پیش تنیده راد آورده شده است:

با توجه به اینکه تیرچه بصورت دو سر ساده می باشد و در کلاس 2 قرار دارد (طراحی به صورتی انجام می گیرد که تنش کششی در تار پایینی کمتر از تنش مجاز کششی بتن باشد) لذا برای محاسبه خیز از رابطه زیر استفاده می شود.

$$\delta = \frac{5}{384} * \frac{qL^4}{EI}$$

نکته) برای در نظر گیری خیز منفی ناشی از نیروی پیش تنیدگی، لنگر ناشی از پیش تنیدگی را بر اساس رابطه زیر به نیرو بر حسب واحد طول تیرچه تبدیل می کنیم:

$$M = \frac{qL^2}{8} \rightarrow \dot{q} = \frac{8M}{L^2}$$

در نتیجه برای تیرچه ها با تعداد مفتول های مختلف خواهیم داشت:

تعداد مفتول ها	3	4	5	6	7
$M \text{ kg.m}$	265.65	415.3	564.33	713.77	823
$\dot{q} \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	$\frac{2125.2}{L^2}$	$\frac{3322.4}{L^2}$	$\frac{4514.64}{L^2}$	$\frac{5710.2}{L^2}$	$\frac{6584}{L^2}$

جدول شماره 16: بار معادل رو به بالا در اثر نیروی پیش تنیدگی

محاسبه خیز اولیه تحت وزن تیرچه:

این مقدار وزن خود تیرچه بر واحد طول می باشد

$$q = \dot{q} - 23.76$$

تعداد مفتول ها	3	4	5	6	7
L_{max}	5.16	6.4	7.44	8.35	8.9
$q \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	55.9	57.2	57.7	58	58.9
$\delta \text{ mm}$	0.6	1.46	2.7	4.29	5.67

جدول شماره 17: خیز اولیه تحت وزن تیرچه

محاسبه خیز تحت بار بهره برداری (برای سقف طبقات در ساختمان های مسکونی):

محاسبه خیز کوتاه مدت:

$$q = 514 \frac{kgf}{m}$$

تعداد مفتول ها	3	4	5	6	7
L_{max}	5.16	6.4	7.44	8.35	8.9
$\delta_1 \text{ mm}$	0.33	0.8	1.45	2.3	3

جدول شماره 18: خیز کوتاه مدت مقطع مرکب

محاسبه خیز بلند مدت و خیز کل:

با توجه به وجود نیروی پیش تنیدگی در اعضای پیش تنیده مقدار خزش و انقباض با گذشت زمان مقدار بیشتری نسبت به اعضای بتن مسلح دارد که در نتیجه منجر به محاسبات پیچیده ای برای آن می گردد. برای در نظر گیری این موضوع از فرمول های ارائه شده در آیین نامه BS استفاده گردیده است.

$$E_{ct} = E_{c28} * (0.4 + \frac{0.6}{f_{cu28}} f_{cu_t})$$

$$E_{ceff} = \frac{E_{ct}}{1 + \phi}$$

E_{c28} بر اساس جدول 1-2 ارائه شده در کتاب بتن پیش تنیده محمود زاده برابر با $29 \frac{KN}{mm^2}$ می باشد.

f_{cu28} با توجه به اینکه مقاومت نمونه مکعبی 28 روزه برابر با $45 \frac{KN}{mm^2}$ می باشد، این مقدار بر اساس جدول 3-6 ارائه شده در کتاب بتن پیش تنیده محمود زاده بعد از گذشت 1 ساله به مقدار $55 \frac{KN}{mm^2}$ افزایش می یابد.

ϕ برابر با ضریب خزش بوده که برای انتقال 28 روزه برابر با 1.4 در نظر گرفته می شود. در نتیجه داریم:

$$E_{ct} = 29 * \left(0.4 + \frac{0.6}{45} * 55 \right) = 32.87 \frac{KN}{mm^2}$$

$$E_{ceff} = \frac{32.87}{1 + 1.4} = 13.69 \frac{KN}{mm^2} = 136900 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} * \frac{qL^4}{E_{ceff}I}$$

نکته) با توجه به اینکه تنها 25٪ از بار زنده بصورت دائمی می باشد و باید در محاسبات مربوط به خیز بلند مدت در نظر گرفته شود، مقدار q برابر با مقدار زیر در نظر گرفته می شود.

$$q = 590 * 0.5 + (200 * 0.25) * 0.5 = 307.5$$

تعداد مفتول ها	3	4	5	6	7
L_{max}	5.16	6.4	7.44	8.35	8.9
$\delta_2 \text{ mm}$	6.3	15	27	43	56

جدول شماره 19: خیز بلند مدت مقطع مرکب

بر اساس جدول 9.5(b) ارائه شده در آیین نامه ACI-318-02، مقدار خیز مجاز کوتاه مدت نباید از نسبت $\frac{L}{360}$ تجاوز نماید و بر اساس توصیه آیین نامه BS8110 مقدار خیز کل نباید از مقدار $\frac{L}{250}$ تجاوز نماید.

تعداد مفتول ها	3	4	5	6	7
L_{max}	5.16	6.4	7.44	8.35	8.9
$\delta_1 \text{ mm}$	0.33	0.8	1.45	2.3	3
$\frac{L}{360}$	14.3	17.8	20.7	23.2	24.8

جدول شماره 20: کنترل خیز کوتاه مدت مقطع مرکب

از جدول بالا قابل مشاهده می باشد که کلیه خیز های کوتاه مدت کمتر از مقدار مجاز می باشند. لذا قابل قبول است.

تعداد مفتول ها	3	4	5	6	7
L_{max}	5.16	6.4	7.44	8.35	8.9
$\delta_{total} = \delta_2 + \delta_1 \text{ mm}$	6.7	15.8	28.8	45.6	59.45
$\frac{L}{250}$	20.65	25.6	29.8	33.4	35.69

جدول شماره 21: کنترل خیز کلی در مقطع مرکب

از جدول بالا قابل مشاهده می باشد که برای مقاطع با تعداد تاندون 6 و 7، مقدار خیز کلی بیشتر از مقدار مجاز می باشد، در نتیجه نیاز است برای مقطع با 6 وایر 12.2 میلی متر و برای مقطع با تعداد 7 وایر، 23.76 میلی متر خیز منفی به تیرچه اعمال گردد.

نکته) کلیه محاسبات بالا برای بار زنده $200 \frac{kgf}{m^2}$ برای طبقات در ساختمان های مسکونی انجام گرفته است.