سقف های مجوف با تیرچه های پیش فشرده

نوشتهٔ

بهزاد محمودی

فوق لیسانس راه و ساختمان از دانشگاه تهران و دانشگاه کالیفرنیا ـ طراح و مجری سقف های مجوف

چکیـــــــده:

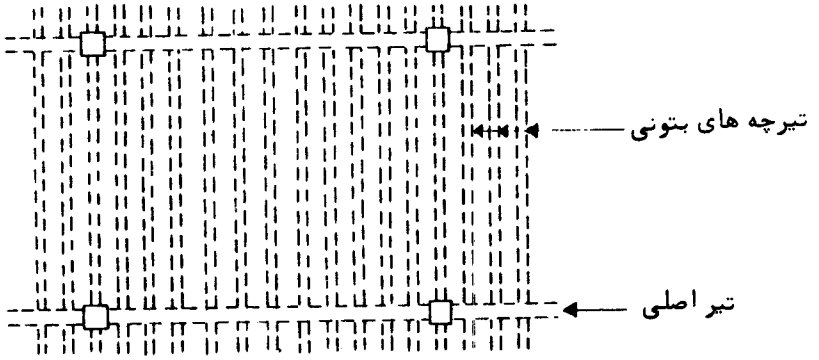
باروا‌ج روزافزون سقف های مجوف (تیرچه ـ بلوکی) درایران ،بخصوص نوع‌پیشرفته‌تر‌آن‌ـ استفاده از تیرچه هـای پیش فشرده بتنی بجای تیرچه های‌معمولی‌ـ لزوم تهیـه‌ی جداولی برای طرح سریع این سقف ها برای صرفه جوئـــی در وقت مهندسین طراح ، مشهود است . دراین مقـالـــــه علاوه بر بررسی مشخصات فنی و برخی مزایای سقف هـای مجوف با تیرچه های پیش فشرده‌ی بتنی ، جداول طرح ایـن نوع سقف ها همراه روش تهیه‌ی آن ارائه می‌شود .

۱ـ مقـــدمـــــه

سقف های مجوف یا اصطلاحا " سقف های سبـــک ، تشکیل شده اند از یک رشته‌تیرهای فرعی باریک یا تیرچه‌ها[1] در فواصل نزدیک بهم ،که‌فاصله‌ی آنها توسط بلوکهای سفالی یابتنی مجوف به عرض ۴۰ الی ۶۵ سانتیمتر پر می‌شودو روی آن به‌وسیله‌ی‌دال بتنی‌به ضخامت ۵ الی ۱۰سانتیمتر پوشیده می‌شود .به‌طوری‌که دال‌روئی ،درتحت‌شرایط معمولی‌به فـولاد اضافی‌دیگری‌جز به فولادهای افت و حرارتی[2] یا حداقـــل آئین نامه ای ، احتیاج‌ندارد .

تصویرافقی‌یک سقف با تیرچه های بتنی درشکل (۱) نشان‌داده‌شده‌است .بارمرده و زنده‌از راه تیرچه ها بـــــه تیرهای اصلی و سپس به ستونها‌منتقل می‌شود .

به‌این ترتیب سقف بلافاصله پس‌از تکمیل،آماده ی سفیدکاری بوده و عملا " نیازی به سقف کاذب نـدارد . روش دیگر ، استفاده از قالب های فلزی به عرض ۵۰ الـــی ۷۵ سانتیمتردربین‌تیرچه هاو ریختن‌دال بتنی برروی‌آن‌می‌باشد که‌پس‌ازگرفتن بتن‌قالب‌ها‌برداشته‌می‌شود ،شکل (۳) . نـــوع



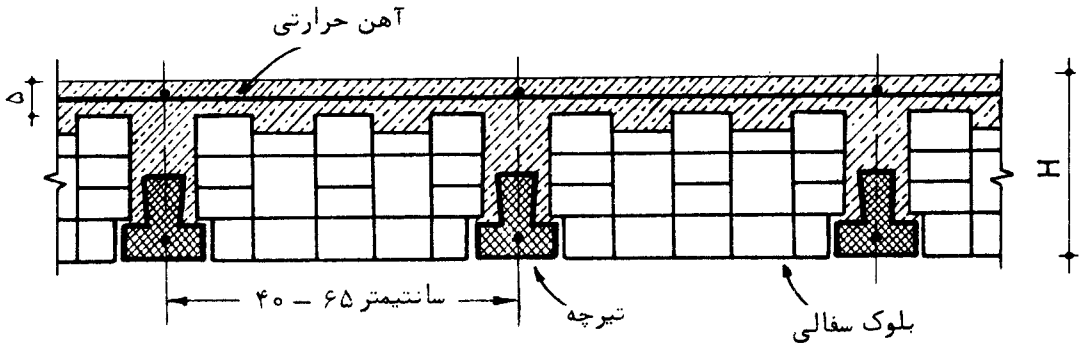
شکل (۱) ـ تصویر افقی سقف با تیرچه های‌بتنی .

1- Joists

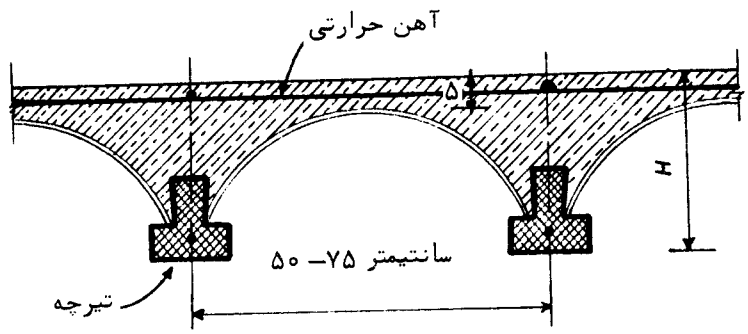
2- Shrinkage and temperature steel

اخیر معمولا" به همراه سقف کاذب، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزایای این نوع سقف علاوه بر سبکی، سرعت بنای (ساختن) آن در حجم زیاد و نیز کم کردن ضخامت سقف می‌باشد. این سقف ها از نظر اقتصادی نیز نسبت به انواع دیگر مناسبت تراند.

ساختن سقف های مجوف با تیرچه‌های معمولی نیز متداول می‌باشد. ولی استفاده از تیرچه‌های پیش فشرده برای تحمل بار بیشتر در ضخامت کمتر و سهولت اجرا ارجح می‌باشد.



شکل (۲) ـ مقطع عرضی سقف با تیرچه ی بتنی و بلوکهای مجوف سفالی



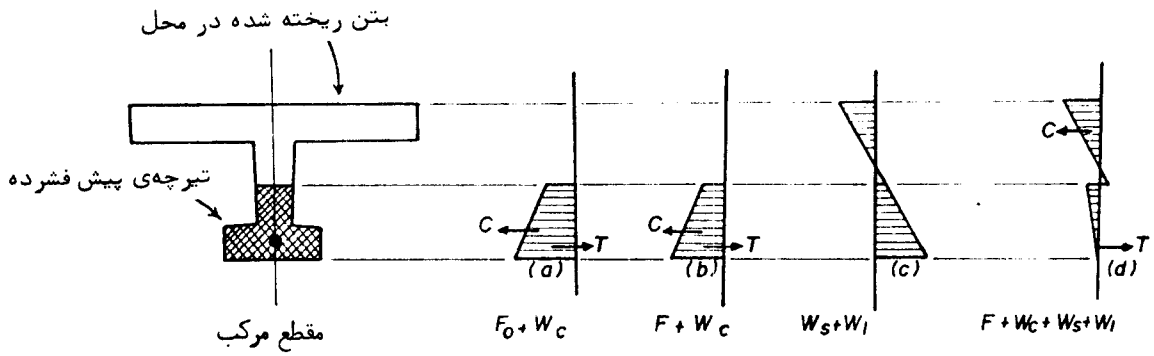
شکل (۳) ـ مقطع عرضی سقف با تیرچه ی بتنی و قالب های فلزی

۲ـ مراحل مختلف بنای (ساختن) سقف و توزیع تنش‌ها

برای ساختن این سقف ها، تیرچه‌های پیش‌فشرده که در کارخانه ساخته شده‌اند به کارگاه حمل می‌گردند. پس از کار گذاشتن تیرچه ها بر روی تیرهای اصلی و تامین تکیه گاههای موقت در نقاط مختلف طول تیرچه، فاصله‌ی بین آن ها با بلوکهای مجوف پر، وآهن های حرارتی بر روی تیرچه ها و عمود برآنها به صورت شبکه های مستطیلی بسته می‌شوند. پس از ایجاد شناژهای عرضی و تکیه گاهی، بتن ریزی انجام می‌گیرد. چون تیرچه ها به تنهائی قادر به تحمل وزن مرده‌ی سقف قبل از گرفتن بتن نمی‌باشند، پس از نصب تیرچه‌ها (و حتی گاهی قبل از آن) لازم است تکیه گاههای موقت برای تیرچه ها تامین گردد. این تکیه‌گاهها، بنا به موقعیت فصلی و بزرگی دهانه‌ی تیرچه‌ها، پس از یک تا دو هفته که بتن مقاومت کافی خود را بدست آورد برداشته می‌شوند. به این ترتیب قسمت های ریخته شده در محل و تیرچه های پیش

فشرده مجموعا " به‌صورت مقاطع مرکب عمل می‌کنند . اتصال این دو قسمت به‌یکدیگر توسط چسبندگی بتن صورت می‌گیرد که جزئیات آن در قسمت های بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد . بررسی این مقاطع مرکب ،از نظر پخش تنشهای حاصل از خمش ، به‌قرار زیر میباشد :

شکل (۴) مقطع مرکب یک تیرچه با تکیه گاههای مفصلی ،و تنش‌های حاصل در وسط دهانه‌را در مراحل مختلف نشان می‌دهد . قسمت پائین مقطع ، پیش فشرده و قسمت بالائی آن بتن ریخته شده در محل می‌باشد .وزن مرده و زنده‌ی سقف قبل از گرفتن این بتن ،بردوش تکیه‌گاههای موقت گذاشته می‌شود . پس از گرفتن بتن دال ، مقطع مرکب قادر به تحمل وزن مرده و زنده ی طرح شده خواهد بود .



شکل (۴)ـ مقطع مرکب تیرچه و تنش های حاصل در وسط دهانه در مراحل مختلف (تئوری ارتجاعی)

مراحل مختلف تنشهائی‌که در وسط دهانه ایجاد می‌شوند به قرار زیر می‌باشد :

(a) به‌علت نیروی پیش فشردگی اولیه (Fo) و وزن خود تیرچه (Wc) ، فشار در تار پائین نسبتا " زیاد و در تار بالا کمتر است (به علت خروج از مرکزیت کم فولاد نسبت به مرکز ثقل تیرچه ، تاربالا نیز تحت فشار می‌باشد) . نیروی کششی فولاد (T) و نیروی فشاری بتون (C) لنگر مقاومی با بازوی نسبتا " کوچک به وجود می‌آورند .

(b) پس از افت نیروی پیش فشردگی اولیه ، بازوی لنگر مقاوم به‌مقدارکمی بزرگتر می‌شود . تامین تکیه‌گاههای موقت در این مرحله (قبل از افزوده شدن بارهای مرده و زنده ی حین عمل) می‌باشد .

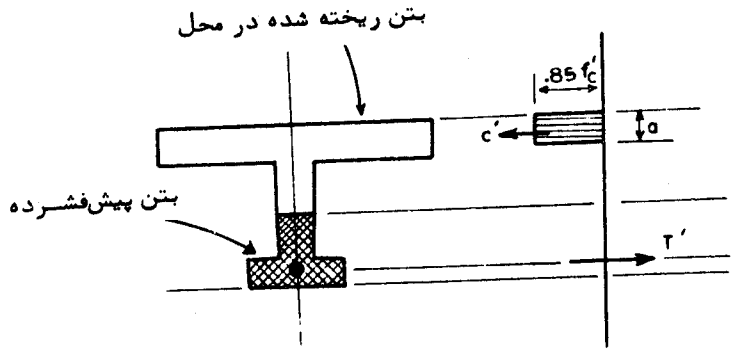
(C) پس از گرفتن بتن ، تکیه گاههای موقت حذف می‌گردند* . بارهای زنده و مرده مجموعا " تنشی مشابه شکل (C ـ ۴) بر روی کل مقطع اعمال می‌کنندکه با تنش های قبلی جمع می‌شود .

(d) برای بدست آوردن تنش های واقعی مقطع در اثر نیروی پیش فشردگی (پس از افت) ، وزن خود تیرچه ، بارهای مرده وزنده ،تنشهای (b) و(C) را باهم جمع می‌کنیم . درصورتی‌که کلیه ی بار طرح شده به مقطع اعمال شده باشد ، نمودار تنشها ، در این مرحله ، در تار پائین تنش معادل صفر و در تار بالا تنش فشاری نسبتا " زیادی را نشان می‌دهد . بازوی لنگر مقاوم در این مرحله به‌مقدارقابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد ، شکل (d ـ ۴) .چنانکه در این شکل ملاحظه می‌گردد قسمت کوچکی در مقطع مرکب تحت اثر تنش کششی نسبتا " کوچکی قرار می‌گیرد .این منطقه ی کششی ،با کاهش ارتفاع کل مقطع نسبت به‌ارتفاع تیرچه ،ازبین می‌رود و با ازدیاد ارتفاع کل ،افزایش می‌یابد .احتمالا "به‌همین دلیل آئین‌نامه‌ی بتن آمریکا (ACI) ارتفاع کل مقطع را حداکثر به سه ونیم برابر عرض تیرچه محدود می‌کند** .

(*) هنگامی‌که تکیه گاههای موقت زیر تیرچه ها تامین شده باشند ،یک تیرچه به تنهائی مانند یک تیریک‌سره‌ی چند دهانه با دهانه های کوچک (حدود یک تا دومتر) عمل می‌کند .تنشهای اضافی تکیه گاهی ،خود مورد بحث جداگانه ای هستند که در اینجا به‌علت کوچکی دهانه ها و در نتیجه کوچکی لنگرهای تکیه گاهی از آن خودداری می‌شود .

(**) در ضمیمه (II) قسمتهائی از آئین نامه ی بتن آمریکا (۷۷ـ۳۱۸ ACI) ، مربوط به سقفهای مجوف ، درج گردیده‌است .

کلیه ی نتایج فوق در مورد بارهای خدمتی می‌باشد. در مورد بارهای نهائی منحنی تنش ها در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵) ــ مقطع مرکب تیرچه و تنش های حاصل در وسط دهانه (تئوری خمیری)

تحت لنگرنهائی نتایج حاصل ازتئوری ارتجاعی ، حتی به طورتقریبی‌نیزصحیح نمی‌باشد . دراین حالت‌می‌توان لنگرنهائی مقاوم را حاصل از نیروهای کششی (T) که تقریبا" معادل قدرت نهائی‌فولاد و معادل آن نیروی فشاری بتون (C) در نظر گرفت . اگرچسبندگی کافی ،بین دوقسمت‌مقطع، تامین شده باشد ، می‌توان قدرت نهائی این مقطع مرکب را مشابه یک تیر پیش فشرده ساده به‌دست آورد .اساس‌تهیه جدول (I) ضمیمه ،برای طرح سقف های مجوف باتیرچه های پیش فشرده ،استفاده از تئوری فوق می‌باشد .

ضرایب بارهای‌مرده و زنده و ضریب تقلیل ϕ کلا" براساس‌آئین نامه ی بتن‌آمریکا (۷۷ ــ ۳۱۸ ACI) میباشد .

۳ ــ برش افقی

وقتی بار قائم خمشی، بر تیر مرکبی مشابه شکل (۶ــa) اثر می‌کند ،قسمت دال روئی ،که‌درمحل‌ریخته‌شده ، به طورافقی بر روی قسمت پیش فشرده‌می‌لغزد به طوری که لبه‌ی پائین دال نسبت به لبه‌ی بالائی تیرپیش‌فشرده‌به‌طرف خارج حرکت می‌کند.درصورت عدم ممانعت از این حرکت ، دو قسمت به‌صورت‌دو تیر جدا از هم عمل خواهند کرد و در نتیجه قسمت پائین مجبور به تحمل کل بار به‌تنهائی خواهد شد ،شکل (۶ ــ b) . عمل کامل تیرمرکب ، مستلزم ممانعت‌از حرکت افقی این دو قسمت برروی یکدیگر می‌باشد .

برای جلوگیری از این لغزش در محل اتصال ، باید وسائلی برای انتقال برش بین دو قسمت تامین‌گردد . جهت تنش های‌برشی تولیدشده دراثر بارهای قائم خمشی ،درروی دال بالابطرف وسط تیر (رو به مقطع لنگرحداکثر) و در روی تیرپیش فشرده‌بطرف انتهای تیر ،شکل (۶ ــ C) می‌باشد .

در برخی از انواع تیرهای فوق ، مقاومت برشی‌افقی توسط چسبندگی طبیعی بتون‌واصطکاک بین دو قسمت تامین می‌گردد . البته این درصورتی‌است‌که‌سطح فوقانی قسمت‌پیش فشرده از قبل حالت کاملا" زبر داشته و صیقلی نشده باشد . در مورد تیرهای با بار زیاد که سطح تماس بین دو قسمت نسبتا "کوچک باشد ،روش فوق‌به تنهائی‌کافی نیست‌واستفاده ازخاموتهای قائم نیزمورد لزوم است . در مورد تیرهای پیش فشرده ی سقف ، سطح فوقانی آنها در کارخانه عمدا" زبر و با پستی و بلندی های مختلف ساخته می‌شود و عملا" برای انتقال افقی بین دو قسمت‌به تنهائی کافی می‌باشد .

درصورتی‌که برای انتقال نیروی برشی افقی تنها از چسبندگی بتن و اصطکاک بین دو قسمت ، استفاده شود و بشرطی‌که سطح‌تماس کاملا "پاک و زبری در حد ۶ میلیمتر تامین شده باشد ، آئین نامه ی ACI مقدار مجاز این تنش را $v_h = 5/6$ (KG/CM^2) پیشنهاد می‌کند . تنش برشی اسمی در هر مقطع v_{dh} (که نباید از v_h بیشتر باشد) با استفاده از رابطه ی زیر بدست می‌آید :

$$v_{dh}=V_u/\phi.b_v.d$$

که درآن

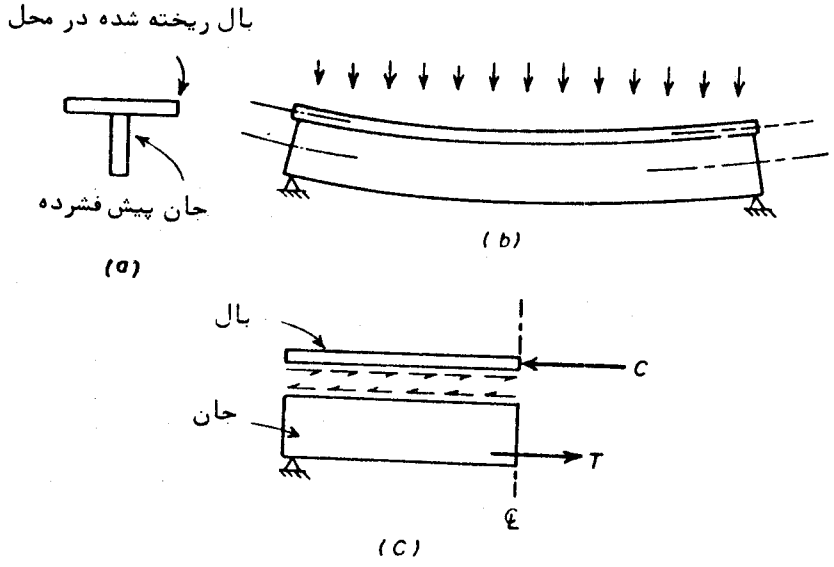
v_{dh} = تنش برشی افقی در هر مقطع (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

V_u = نیروی کل برشی در مقطع مورد نظر (کیلوگرم)

ϕ = ضریب تقلیل برشی ــ معادل ۰/۸۵

b_v = عرض جان مقطع مورد نظر برای برش (سانتیمتر)

d = فاصله ی دورترین تار فشاری تا مرکز ثقل فولاد کششی (برای مقطع مرکب) (سانتیمتر)



شکل (۶) ــ اثر برش افقی روی دو قسمت تیر مرکب

۴ ــ برش قائم

برای بررسی برش قائم برخی مقاطع مرکب، می‌توان از مقطع ساده‌ی معادل، با بتن یک پارچه استفاده کرد. انجام این کار در مورد تیرچه های پیش‌فشرده به‌آسانی ممکن نیست. زیرا اولا "نوع بتن تیرچه ی پیش فشرده نسبت به‌بتن ریخته شده در محل، بسیار مرغوب تر است و ثانیا" تنش برشی مجاز بتن پیش فشرده، نسبت به بتن غیر پیش فشرده، خیلی بیشتر می‌باشد. به این‌ترتیب، محاسبه‌ی دقیق برش مجاز مقطع عملا" کار مشکلی می‌باشد. ولی به علت اینکه مقدار واقعی برش قائم در تیرچه های سقف های مجوف عملا" بسیار اندک است، احتیاجی به کنترل دقیق برش قائم نمی‌باشد.

تنش برشی قائم در هر مقطع با استفاده از رابطه ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$v_u = \frac{V_u}{\phi\, b_w\, d}$$

که درآن

v_u = تنش برشی قائم درهر مقطع (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

bw = عرض جان تیر (سانتیمتر)

d, ϕ, V_u = مشابه قبل

تنش برشی مجاز بتن غیرپیش فشرده، به‌طورتقریبی، توسط ACI حداکثر به مقدار $0/53\sqrt{f'_c}$ محدود می‌شود. همین تنش مجاز، برای مقطع پیش‌فشرده، از رابطه‌ی ۱۰ــ ۱۱ ACI محاسبه می‌گردد که درآن V_u و M_u بترتیب مقادیر نیروی برشی و لنگر خمشی در مقطع مورد نظر می‌باشند (مقدار $\frac{V_u \cdot d}{M_u}$ نباید بیشتر از ۱/۰۰ منظور شود).

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

(ACI ۱۱ ــ۱۰)

$$v_c = 0/16\sqrt{f'_c} + 49\,\frac{V_u \cdot d}{M_u}$$

کیلوگرم برسانتیمترمربع

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

$$0/53\sqrt{f'_c} \leq v_c \leq 1/3\sqrt{F'_c}$$

مقدار حاصل از رابطه ی فوق برای تنش مجازبرشی، بخصوص‌در روی‌تکیه گاههای‌ساده، (لنگرخمشی‌صفر)، شدیدا" افزایش می‌یابد. با درنظر گرفتن این موضوع و نیز اینکه‌تنش مجاز برشی برای‌تیرچه هابه‌اندازه‌ی ده درصد از تیرهای معمولی بیشتر است، (ACI۳۱۸–۷۷)، معمولا "مقطع خود تیرچه‌ی پیش فشرده به تنهائی قادر به تحمل برش قائم‌بوده و عملا" نیازی به استفاده از وجود بتن فوقانی در محاسبات نمی‌باشد.

۵ – خیز

محاسبه ی خیز[3] این مقاطع مرکب نیز مشابه محاسبهٔ تیرهای بتنی دیگر، بااستفاده‌ازمقطع معادل بتن به‌جای‌فولاد، می‌باشد. تنها اختلاف تیرهای پیش فشرده با تیرهای بتن مسلح معمولی‌در آن‌است که‌به علت‌فشردگی بتن، تئوری‌مقطع ترک خورده و حذف بتن پائین تار خنثی در محاسبه‌ی‌لنگر ماندمورد نداشته و تمام مقطع بتن درایجاد لنگر مانند دخالت‌می‌کند. یکی دیگر از مشخصه های جالب این تیرچه‌ها خیزکمی به‌طرف‌بالا[4] است که درست‌پس ازاعمال نیروی پیش فشردگی به‌وجودمی‌آید. علت ایجاد این خیز،پائین تربودن مرکز ثقل نیروی پیش فشردگی نسبت به مرکز ثقل مقطع‌بتن، می‌باشد. با استفاده ازاین موضوع در موقع اجرا خیز مناسبی به‌طرف‌بالا (توسط تکیه گاههای‌موقت) درسقف‌ایجادمی گردد. مقدار این خیز بسته به‌دهانه‌طوری انتخاب می‌شود که پس‌از اعمال کلیه ی بارهای مرده تقریبا" حذف گردد و درنتیجه خیز نهائی سقف، فقط به بار زنده مربوط بوده و با در نظر گرفتن این موضوع‌که بار زنده درساختمانهای مسکونی‌حدودا" یک سوم بار کل را تشکیل میدهد، خیز نهائی بسیار جزئی خواهد بود.

با توجه به دو عامل فوق، یکی از محدودیت های مهم‌بنای (ساختن) سقف‌هاکه اجباربه استفاده‌ازضخامت‌بیشتر بخاطرخیز کمتر میباشد، به‌مقدارزیادی از بین می‌رود. درهر صورت، برای‌کنترل‌خیز باید نتایج حاصل از محاسبه را با مقادیرمجازآن (مانند جدول (b) ۵ – ۹ ACI) مقایسه کرد.

3- Deflection

4- Camber

(جدول طرح تیرچه های پیش فشرده)

لنگر نهائی (T.M./M.)	بارزنده (KG/M²)										کف سازی (KG/M²)	مشخصات سقف		
	1000	900	800	700	600	500	400	300	250	200		تیپ تیرچه	بارمرده (KG/M²)	ضخامت (CM)
3.10	3.34	3.47	3.63	3.80	4.01	4.25	4.54	4.90	5.11	5.35	100	133	275	16 + 5
3.98	3.78	3.94	4.11	4.31	4.54	4.81	5.14	5.55	5.79	6.07		134		
4.68	4.10	4.27	4.46	4.67	4.92	5.22	5.57	6.01	6.28	6.58		135		
5.62	4.49	4.68	4.87	5.11	5.38	5.71	6.10	6.59	6.87	7.21	100	155		
6.58	4.86	5.06	5.28	5.54	5.84	6.19	6.60	7.12	7.43	7.80		156		
7.50	5.19	5.40	5.64	5.91	6.23	6.60	7.05	7.60	7.94	8.32		157		
3.82	3.67	3.81	3.98	4.16	4.38	4.63	4.94	5.31	5.53	5.78	100	133	310	20+5
4.94	4.17	4.33	4.52	4.73	4.98	5.27	5.61	6.04	6.29	6.58		134		
5.88	4.55	4.73	4.93	5.16	5.43	5.75	6.12	6.59	6.86	7.17		135		
6.82	4.89	5.09	5.31	5.55	5.85	6.19	6.59	7.09	7.39	7.72	100	155		
8.02	5.31	5.51	5.75	6.02	6.34	6.71	7.15	7.69	8.01	8.37		156		
9.18	5.68	5.91	6.16	6.44	6.78	7.18	7.65	8.23	8.57	8.96		157		
4.72	4.01	4.17	4.34	4.54	4.76	5.03	5.34	5.72	5.94	6.19	100	133	360	25+5
6.14	4.58	4.75	4.95	5.18	5.43	5.73	6.09	6.52	6.78	7.07		134		
7.38	5.02	5.21	5.43	5.67	5.96	6.29	6.68	7.15	7.43	7.75		135		

(جدول طرح تیرچه های پیش فشرده)

لنگر نهائی (T.M./M.)	بارزنده (KG/M²) 1000	900	800	700	600	500	400	300	250	200	کل بار (KG/M²)	مشخصات سقف: تیپ تیرچه	بارمرده (KG/M²)	ضخامت (CM)
7.64	5.05	5.24	5.46	5.70	5.97	6.29	6.67	7.13	7.39	7.69		155		
9.04	5.50	5.70	5.94	6.20	6.50	6.85	7.26	7.75	8.04	8.37	100	156	395	25+5
10.36	5.89	6.11	6.35	6.63	6.96	7.33	7.77	8.30	8.61	8.96		157		
5.62	4.31	4.47	4.65	4.85	5.08	5.35	5.66	6.04	6.26	6.51		133		
7.34	4.92	5.11	5.31	5.54	5.81	6.11	6.47	6.91	7.16	7.44	100	134	415	
8.88	5.42	5.62	5.82	6.10	6.39	6.72	7.12	7.60	7.87	8.18		135		30+5
9.14	5.44	5.64	5.86	6.11	6.39	6.72	7.10	7.56	7.82	8.12		155		
10.84	5.93	6.14	6.38	6.65	6.96	7.32	7.73	8.23	8.52	8.84	100	156	450	
12.46	6.35	6.58	6.84	7.13	7.46	7.84	8.29	8.82	9.13	9.48		157		
10.64	5.81	6.02	6.25	6.51	6.80	7.14	7.54	8.00	8.27	8.57		155		
12.64	6.34	6.56	6.81	7.09	7.42	7.78	8.21	8.72	9.02	9.34	100	156	485	35+5
15.38	6.99	7.24	7.51	7.83	8.18	8.59	9.06	9.62	9.95	10.30		157		
12.14	6.14	6.35	6.59	6.86	7.16	7.50	7.90	8.37	8.64	8.94		155		
14.44	6.70	6.93	7.19	7.48	7.81	8.18	8.62	9.13	9.43	9.75	100	156	525	40+5
17.48	7.37	7.63	7.91	8.23	8.59	9.00	9.48	10.00	10.37	10.73		157		

ـ توضیحات جداول طرح تیرچه های پیش فشرده

۱ـ در ستون اول " ضخامت " ، که بفرم ۵+۱۶ و ۵ + ۲۰ و . . . است ، عدد سمت چپ ارتفاع بلوک مصرفی‌و عدد ۵ ضخامت بتون روی‌بلوک (به سانتیمتر) میباشد .

۲ـ در ستون سوم "تیپ تیرچه" دو رقم اول سمت چپ‌مربوط به ارتفاع کل تیرچه (به سانتیمتر) و رقم آخـــر مربوط به‌تعدادمیل گردهای‌پیش فشردگی (به قطر ۵میلیمتر ومقاومت نهائی ۱۷۵/۱۹۰ کیلوگرم بر میلیمتر مربع)میباشد .

مثال : ارتفاع کل تیرچه ی تیپ ۱۳۳ معادل ۱۳ سانتیمتر بوده و دارای ۳ عدد میل گرد پیش فشردگی‌است .

۳ ـاعداد داخل جداول ، حداکثر دهانه ی آزاد تیرچه برای تیپ و مجموع بار مربوطه میباشد .

۴ ـ آخرین ستون مربوط به حداکثر لنگر نهائـــی قابل تحمل توسط هر تیپ تیرچه میباشد .

مثـــال عـــــددی

مطلوبست تعیین تیپ تیرچه های سقفی به ضخامت کل ۲۱=۵ + ۱۶ سانتیمتر و برای مجموع بار های‌مرده‌وزنده‌ی ۷۷۵ کیلوگرم بر متر مربع و دهانه ی آزاد ۵/۰۰ متر .

حل : با استفاده ازستون‌های دوم و چهارم‌جدول :

(کیلوگرم برمترمربع) ۲۷۵= بارمرده ی سقف ۵ +۱۶

(کیلوگرم‌بر مترمربع) ۱۰۰= بارکف سازی (بطور معمول)

جمـع ۳۷۵

بارمرده ـ (مجموع‌بار)= بارزنده

(کیلوگرم‌برمترمربع) (۴۰۰= ۳۷۵-۷۷۵)

با استفاده از ستون هشتم جدول که مربوط به بـــار زنده ی ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع میباشد :

تیرچه‌ی تیپ ۱۳۳ تاحداکثر دهانه ی آزاد ۴/۵۴ متر و

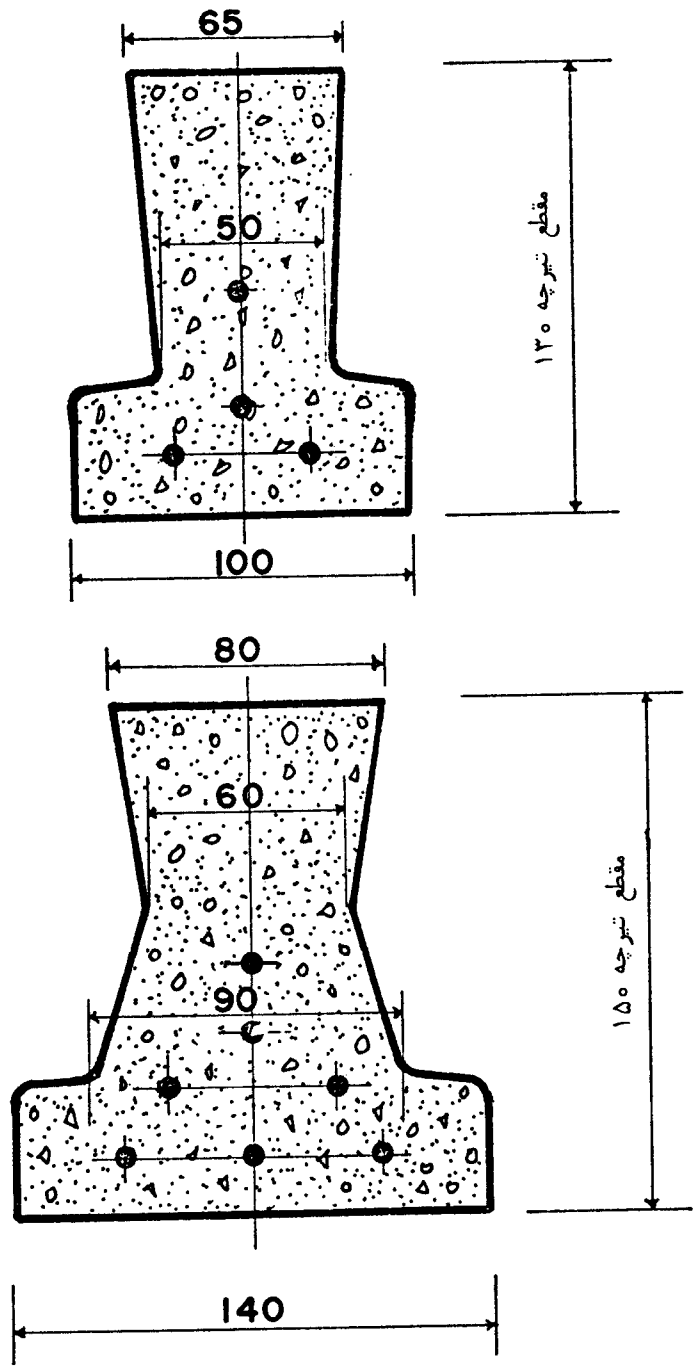
" " ۱۳۴ " " " ۵/۱۴ " "

" " ۱۳۵ " " " ۵/۵۷ " "

. . . . . .

. . . . . .

رامی‌تواند داشته باشد . پس تیرچه‌ی مناسب برای دهانه‌ی آزاد ۵/۰۰ متر ، تیپ ۱۳۴ است .



جدول موقعیت میل گردهای پیش فشردگی در مقطع تیرچه

تیپ تیرچه	130			150		
تعداد میل گرد	3	4	5	5	6	7
(mm) ارتفاع نسبت به تار پائین	20 52	20 33 66	20 33 52 87	19 39 54	19 39 74	19 39 54 74
(mm) فاصله نسبت به محور	20 20	20 20	20 20	24 24 38 38	24 24 38 38	24 24 38 38

(ضمیمـــــه II)

قسمت هائی از بخش ۱۱ـ ۸ آئین نامه ی بتـــــن آمریکا (۷۷ـ ۳۱۸ ACI) در مورد تیرچه‌بتنی به قرارزیـــــر می‌باشد :

۱ـ فاصله ی لب به لب بین تیرچه ها نبایـد از ۷۵ سانتیمتر تجاوز کند .

۲ـ عرض تیرچه ها نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتربوده‌و ارتفاع آن از $\frac{1}{2}$ ۳ برابر عرض تیرچه بیشتر نباشد .

۳ـ وقتیکه بلوک سفالی یا بتنی بین تیرچه هـا از مصالحی‌تهیه شده که مقاومت فشاری آنها حداقل برابرمقاومت فشاری بتن مصرف شده درتیرچه ها باشد ، میتوان قسمتهائی از تیغه ی عمودی بلوکها را که در تماس باتیرچه میباشند در محاسبه ی برش و لنگر خمشی منفی منظور کرد و هیچ قسمـت دیگر از بلوکها را نمیتوان در محاسبات وارد نمود . دراین صورت ضخامت‌دال‌روئی‌نبایداز۴سانتیمترو یا $\frac{1}{12}$ فاصله‌ی لب به لب بین تیرچه ها کمتر باشد .

۴ ـ وقتی بجای بلوکهای پرکننده از قالب استفـاده شود یا بلوکهای مصرفی دارای مشخصات مذکور در بند (۳) نباشند ، ضخامت‌بتـن رو نباید از $\frac{1}{12}$ فاصله ی لب به‌لب بین تیرچه ها و نیز درهیچ حالتی از ۵ سانتیمتر کمتر شود .

۵ ـ تنش مجاز برشی برای تیرچه ها را می‌تـوان ، باندازه ی ۱۰% نسبت به تیرهای معمولی بیشتر گرفت .

LIST OF REFERENCES

1- ACI STANDARD 318-77, "BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REIFORCED CONCRETE", AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

2- T.Y.LIN,"DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES",JOHN WILEY AND SONS, NEW YORK, 1963

3- ARTHUR H. NILSON,"DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE",JOHN WILEY AND SONS, NEW YORK