توصیه‌های بین‌المللی کمیته اروپائی بتن (C.E.B)
توصیه‌های خاص مربوط به‌محاسبه
واجرای تیر تیغه‌ها

ترجمهٔ :

مهدی قالیبافیان

دکتر مهندس دربتن‌آرمه

استادیار درس بتن‌آرمه دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران

سرپرست آزمایشگاه مصالح ساختمان

مدیر فنی شرکت مهندسان مشاورسانو

چکیده :

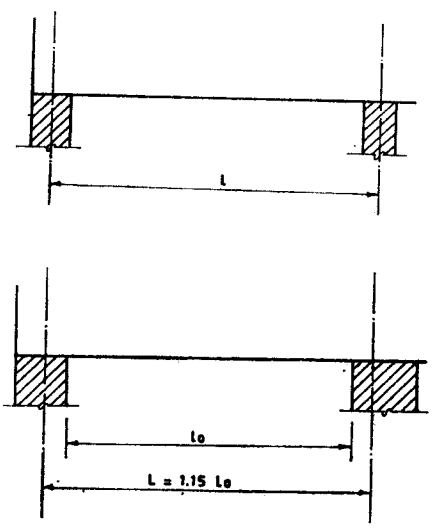
تیر تیغه‌ها ازجمله قطعات بتن‌آرمه میباشندکه تا سال‌های اخیر بطور همه‌جانبه مورد بررسی و آزمایش قرار نگرفته بودند . توسعه سریع ساختمان‌های پیش‌ساخته متشکل از صفحات بتن‌آرمه ، ضرورت شناخت طرزکار صفحاتی‌را که دراستداد میان صفحه خود بارگذاری شده بودند ایجاد وتوجه آزمایشگاه‌ها و مراکز پژوهش ساختمانی را بطرف تیرتیغه‌ها جلب نمود .

کمیته اروپائی بتن برای پاسخ گوئی باین ضرورت ، شروع به‌جمع‌آوری مدارك ومطالعه درزمینه تیرتیغه‌ها نموده وکمیسیون فنی مربوطه موفق شد نتایج پژوهش‌ها و مطالعات انجام شده را تنظیم و درسال ۱۹۶۸ دربولتن اخبار شماره ٦٥ منتشر نماید . بالاخره پس از بررسی ومطالعهٔ تمام مدارك ونظرهای رسیده ، درماه ژوئن سال ۱۹۷۰ متن نهائی توصیه‌های «کمیته اروپائی‌بتن — فدراسیون جهانی بتن پیش‌تنیده» تهیه ودربولتن شماره ۷۳ منتشر گردید. در زیر ترجمه این‌متن ازنظر خوانندگان گرامی میگذرد .

۱ـ تعریف تیرتیغه‌ها

تیرهای ساده‌ای که معمولاً مقطع آنها ثابت بوده ونسبت طول آنها بارتفاع مساوی یا کوچکتر از ۲ باشد و یا تیرهای یکسره‌ای که طول دهانه آنها بارتفاع مقطع از ۲٫۵ کوچکتر باشد بنام «تیرتیغه» خوانده میشوند .

طول دهانه تیرتیغه برابر است بافاصله محور به‌محور تکیه گاه‌ها مشروط براینکه این فاصله ازه ۱٫۱ برابر دهانه آزاد کوچکتر باشد . درغیراینصورت دهانه تیر مساوی ۱٫۱۵ برابر دهانه آزاد اختیار خواهد گردید .



منظور از روش محاسبه وتعیین ابعاد که دراین توصیه‌ها تشریح می‌شود ، مشخص کردن بررسیهای مورد نیاز وشرائط ساختمانی است که باید چه درمورد تعیین ابعاد بتن وچه درمورد تعیین مقطع ، توزیع وموقعیت آرماتور مراعات گردد، تایک ایمنی متعارف درمقابل حالات حدی نهائی وحالات حدی بهره‌برداری مخصوصاً حالت حدی ترک خوردگی برای تیرتیغه تأمین شود .

تیرتیغه‌ها عبارت از اجسام منشوری شکل هستند که توزیع تنش درآنها از اصل «سن ونان» تبعیت نمینماید . درنتیجه نظراً مقدار وطرز توزیع تنش درآنها نمیتواند از طریق فرمولهای معمولی که برمبنای مفاهیم «لنگر خمشی» و «تلاش برشی» تنظیم شده‌اند تعیین گردد . بنابراین لازم است توجه داشته باشیم که تعمیم این مفاهیم درمورد تیرتیغه‌ها ، بسط دادن اختیاری اصطلاحات است بدون اینکه بتوان بطور اساسی آنرا توجیه نمود ولی این حسن را دارد که انجام محاسبات را تسهیل مینماید .

۲ـ تعیین ابعاد آرماتور اصلی طولی

تعیین نیروهای طولی

لنگرخمشی ناشی‌از بارها وسایر عامل‌ها نظیر تیرهای عادی محاسبه می‌شود و تلاشهای ناشی‌از تغییرشکل‌های تحمیلی نظیر افت ، وارفتگی ، اثر حرارت ، نشست تکیه‌گاه براساس نظریه ارتجاعی ارزیابی می‌شوند .

به‌منظور تسهیل درکار، روش زیر بطور موقت ارائه داده میشود:

تلاشهای ناشی‌از تغییرشکل های تحمیلی را میتوان برمبنای نظریه قطعات خطی ، با وارد کردن ریژیدیتهٔ واقعی تیرتیغه درحالت I یعنی حالت ترک نخورده ، برآورد نمود .

۳ـ تیرتیغه روی تکیه‌گاه ساده

۳ـ۱ـ تعیین مقطع آرماتور اصلی طولی

اگر M_{ud} لنگرخمشی نهائی تیرتیغه باشدکه مطابق بند۲ محاسبه شده، مقطع آرماتور اصلی‌طولی باید حداقل مساوی آرماتور تیر متعارفی زیر همان لنگر باشدکه عرض‌آن مساوی عرض مقطع تیرتیغه بوده وبازوی اهرم نیروهای داخلی برابر باشد با :

$$Z=0.2\ (l+2h)$$

درصورتیکه داشته باشیم :

$$1\leqslant\frac{l}{h}<2$$

ویا :

$$Z=0.6\,l$$

درصورتیکه داشته باشیم :

$$\frac{l}{h}<1$$

دراین روابط h عبارتست از ارتفاع کل مقطع تیرتیغه . قاعدهٔ تغییر بازوی اهرم نیروهای داخلی یعنی z بصورت تابعی از $\frac{l}{h}$ منعکس کننده این نکته‌است که برای تیرتیغه‌های بادهانه ثابت ، ازدیاد بازوی‌اهرم نیروهای ارتجاعی نسبت به‌ازدیاد ارتفاع باسرعت کمتری انجام میپذیرد .

بعلاوه این رابطه اجازه میدهد که‌وقتی $\frac{l}{h}$ از ۲ بیشتر گردد بازوی اهرم تیرهای عادی را بدست بیاوریم .

از رابطه Z نتیجه میشود که :

$Z = 0.80h$ وقتی که $\frac{l}{h}=2$ است

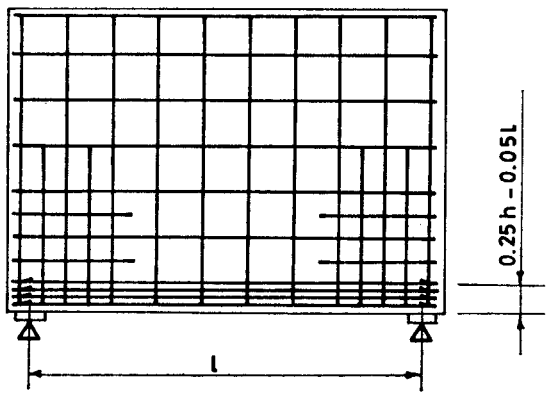
$Z = 0.70h$ وقتی که $\frac{l}{h}=1.5$ است

$Z = 0.60h = 0.60\,l$ وقتی که $\frac{l}{h}=1$ است

همچنین دراین روابط ، توزیع آرماتور اصلی کششی دریک نوار افقی که ارتفاع آن مطابق بند ۳-۲ تعیین میشود ، درنظر گرفته شده است .

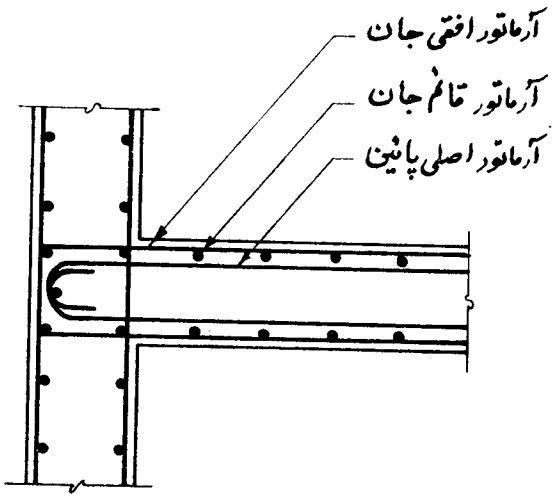
۳-۲- موقعیت آرماتورهای اصلی طولی

آرماتور اصلی طولی که مقطع آن مطابق بند ۳-۱ تعیین میگردد ، باید درسرتاسر طول تیر بدون کم‌وکاست ازیک تکیه گاه تاتکیه گاه دیگر ادامه یافته و در روی تکیه گاه چنان مهار شود که بتواند در محاذات لبه تکیه گاه نیروئی مساوی ۸ر. نیروی حداکثری را که آماتور طولی برای آن حساب شده تحمل نماید . این آماتور اصلی باید درارتفاعی‌مساوی $(0.25h - 0.05\,l)$ که ازسطح زیرین تیرتیغه‌اندازه‌گیری می‌شود توزیع گردد . دراین‌رابطه مقدار h نباید از l تجاوز نماید .



ازلحاظ تسهیل مهارکردن میل گردها در روی تکیه گاه و محدود کردن ترك خوردگی و بازشدن ترکها ، انتخاب میل گردهای کم‌قطر حائز اهمیت است .

باید اهمیت خاص کارکردن صحیح این مهاری‌ها را موردتوجه قرار داد : آزمایشها نشان‌میدهند که نارسائی آنها ممکن است تحت‌باری باعث ایجاد گسیختگی گردد که بطورمحسوس ازباریکه سایرمشخصات، اجاره تحمل آنرا میدهند کمتر است . ازطرف دیگر مهارکردن بوسیله قلابهای قائم درمنطقه تکیه گاه ، مگر بشرط بررسی وتوجیه خاص ، مجاز نمی‌باشد زیرا ممکن‌است باعث ایجاد شکاف دربتن گردد .



٤- تیرتیغه‌های یکسره

٤-١- تعیین مقطع آرماتوراصلی طولی

اگر M_{td} و M_{sd} مقادیر لنگرهای نهائی در وسط دهانه و در تکیه گاه یک تیرمتعارف بازاء نامناسب ترین مقادیر وموقعیت بارها باشند ، مقطع آرماتور اصلی طولی که در دهانه و در روی تکیه گاه داده می‌شود باید مساوی آرماتور تیرمتعارفی تحت همان لنگرها باشد که عرض آن مساوی عرض مقطع تیرتیغه بوده وبازوی اهرم نیروهای داخلی مساوی باشد با :

$$Z = 0.2\,(l + 1.5h)$$

درصورتیکه داشته باشیم :

$$1 \leqslant \frac{l}{h} < 2.5$$

ویا :

$$Z = 0.5\,l$$

درصورتیکه داشته باشیم :

$$\frac{l}{h} < 1$$

دراین روابط h عبارتست از ارتفاع کل مقطع تیرتیغه .

لنگر نیروهای داخلی تیرتیغه درمقطع تکیه گاه از لنگر خمشی تکیه گاهی تیرمتعارف نظیر کمتر می‌باشد وازطرفی بازوی اهرم نیروهای ارتجاعی تیرتیغه‌ها دروسط دهانه بزرگتراز مقدار آن درروی تکیه گاه است ، بنابراین باانتخاب یک مقدار واحد برای بازوی اهرم دروسط دهانه ودر روی تکیه گاه این دوخطا یکدیگر را کم‌وبیش جبران مینمایند .

از روابط Z نتیجه می‌شود که :

الف — برای $\frac{l}{h} = 2.5$ مقدار Z برابر است با $0.8h$

ب — برای $\frac{l}{h} = 2$ مقدار Z برابر است با $0.7h$

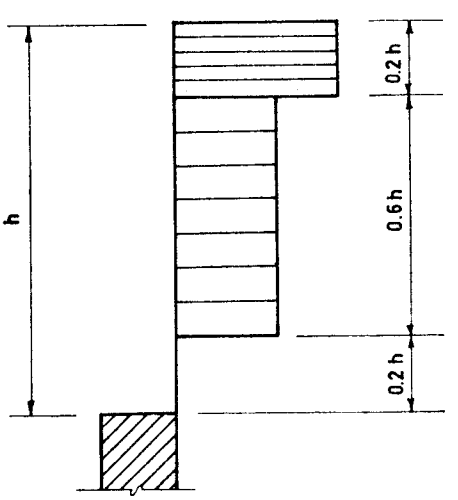
ج — برای $\frac{l}{h} = 1.5$ مقدار Z برابر است با $0.6h$

د — برای $\frac{l}{h} = 1$ مقدار Z برابر است با $0.5\,l = 0.5h$

دراین روابط موقعیت آرماتور اصلی بشرحی که در ٤-٢ خواهد آمد ، درنظر گرفته شده است .

٤-٢- موقعیت آرماتور اصلی طولی

آرماتور اصلی طولی وسط دهانه باید علی‌الاصول بدون کم‌وکاست روی تمام طول دهانه مربوطه ادامه یابد . مهاری آن روی تکیه گاه کناری وتوزیع آن درارتفاع باید طبق بند ٣-٢ بعمل آید .



نصف آرماتور اصلی کششی روی تکیه گاه باید درتمام طول دو دهانه طرفین تکیه گاه ادامه یابد. نصف دیگر آنرا درهر دهانه میتوان درفاصله مناسبی ازبر آزاد تکیه گاه متوقف نمود . این فاصله مساوی کوچکترین دومقدار زیر احتیار میگردد :

$$0.4h \qquad \text{یا} \qquad 0.4\,l$$

بعلاوه آرماتور اصلی کششی روی تکیه گاه باید بطور یکنواخت درنوارهای افقی که بطور شماتیک درشکل بالا نشان‌داده شده توزیع گردد.

الف ـ درنوار فوقانی که بارتفاع $0.2h$ میباشد باید سهمی از آرماتور افقی که مساوی :

$$\frac{1}{2}\left(\frac{l}{h}-1\right)$$

برابر مقطع کل میباشد قرار داده شود .

ب ـ مابقی آرماتور افقی باید درمنطقه حدفاصل $0.2h$ و $0.8h$ قرار داده شود .

درصورتیکه ارتفاع کل تیرتیغه h ازطول دهانه آن بیشتر باشد یعنی $h>l$ دراین‌صورت باید در دستورات فوق l جانشین h گردد . دراینصورت باید درمنطقه‌ای که بالاتراز ارتفاع l قرار می گیرد (وبطور نظری تحت‌اثر خمش واقع نمی‌شود) یک شبکه آرماتور عمودبرهم که بالاخص ازمیل گردهای افقی تشکیل یافته قرار داده شود .

موقعیت آرماتورها در روی‌تکیه گاه باید چنان اختیارشود که ازترك خوردگی بیش‌ازحد جلوگیری گردد . این ترك‌خوردگی ممکن‌است ناشی‌ازاثر نیروهای کششی‌مورب موجود درمناطق تکیه گاهی‌تیرتیغه باشد . درواقع این مناطق ، درموقع ظهور ترکها ، اولین مناطقی هستندکه دیگر بحالت الاستیک کار نمی‌نمایند . تضمین صحت کار این‌قسمتها بالاخص مهم است زیرا بعلت قرارگرفتن درمسیر نزول بارها به‌تکیه گاهها ، ایجاد تلاشها درآنها اجتناب‌ناپذیر بوده وتعدیل این‌تلاشها جز بکمک یک تطابق‌متناسب قطعات ساختمانی میسر نمی‌باشد .

۵ ـ تأمین ایمنی درمقابل تلاشهای فشاری وارد به‌بتن

۵ـ۱ـ تنش فشاری ناشی‌از خمش

درتیرتیغه‌ها مؤلفه افقی نیروهای ناشی‌از خمش بندرت حدنهائی خود را بدست میآورند بطوریکه معمولاً احتیاجی به‌بررسی وضع منطقه فشاری درخمش نمیباشد . برعکس بررسی وضع تیر درمقابل برگشتن

ویا کمانش عرضی منطقه فشاری میتواند تعیین کننده باشد . درصورتیکه نتایج این بررسی‌ها رضایت‌بخش نباشد افزایش ضخامت تیرتیغه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود و باید آنرا درجهت عرضی بوسیله یک بال افقی ویا یک پشت‌بند تقویت نمود .

۵-۲- تنشهای اصلی فشاری درمجاورت تکیه گاهها

درتیرتیغه‌ها تلاش برشی ناشی‌از بارها که نظیر تیرهای معمولی باابعاد متعارف تعیین می‌شود نباید ازمقدار زیر تجاوز نماید :

$$T_{dmax} = 0.10 b_o h f_{cd}$$

دراین رابطه ، درصورتیکه ارتفاع تیر بزرگتراز طول دهانه باشد ، باید بجای h مقدار l یعنی دهانه تیر را قرار داد .

این محدودیت ، بالاخص وقتی که تیرتیغه دارای پشت‌بندهای‌اصلی درتکیه گاهها میباشد، وارد کار میشود . درمورد آنچه که به‌محدودیت فشار ناشی‌ازعکس‌العمل تکیه گاه مربوط میشود باید به‌پاراگرف ۷ مراجعه گردد .

باید توجه داشت که مطالعه وضع تنش‌های موجود درمجاورت تکیه گاه‌ها بدلیل وجود تنش‌های برشی زیاد وتنش‌های عمودی که درعین‌حال روی مقاطع قائم وافقی اثر مینمایند ضروری است . درصورتیکه توصیه‌های فوق وآنچه که درمواد زیر مقرر شده رعایت شود میتوان قبول نمود که پیش‌بینی‌های‌لازم دراین باره بعمل آمده است .

توضیح قسمت (۱) حاکی‌ازاینستکه تلاش برشی درآنچه که به‌مقدار وطرز توزیع تنشها درتیرتیغه مربوط میشود ، مخصوصاً درمقاطع نزدیک تکیه گاه ، مفهوم واقعی ندارد .

بعلاوه مشکل بتوان اثرات‌ناشی‌از منتجه نیروهای‌خارجی ولنگرهای آنهارا ، نظیر تیرهای‌متعارف، ازیکدیگر مجزا کرد . بنابراین بررسی کردن طرز کار تنگها ومیل گردهای خم با همان برداشت مربوط به‌تیرهای متعارف بیهوده خواهد بود .

تنش‌های برشی بزرگ وقتی درمنطقه تکیه گاهی ظاهر میشوند که منحنی‌های ایزوستاتیک خیلی مایل باشند ومنظور اصلی ازشرایط آرماتوربندی که درماده بعد تعیین میشود جلوگیری‌از بازشدن ترکهای ناشی‌از تنش‌های اصلی کششی است بطوریکه منطقه تکیه گاهی دربهترین وضع ممکن نگهداری شود . این مسئله ازلحاظ کارکردن صحیح ساختمان ، اساسی است .

اگر بار بطوریکنواخت روی‌دهانه‌های هم‌طول وارد آمده باشد ، نتیجه محدود کردن تلاش برشی محدود کردن عاملهای محاسباتی درمتر طول به‌مقدار زیر میباشد :

$$q_{dmax} = 0.20 b_o \frac{h}{l_o} f_{cd}$$

که درآن l_o عبارتست‌از دهانه آزاد . این محدودیت اجازه میدهد که از افزایش بیش‌ازحد تنش‌های اصلی فشاری درنزدیکی تکیه‌گاه احترازگردد .

درضمن باید دقت کرد که مقررات پیش‌بینی شده درمواد بعدی نیز باید ، با توجه باصول آنها ، درقسمتهائی ازتیرکه مجاور نقطه اثر بارهای متمرکز میباشند مراعات گردد (به‌بند۸ مراجعه شود) .

۶ ـ تعیین مقدار آرماتورجان (حداقل آرماتورجان)

۶-۱- حالتی که بار درقسمت بالای تیر وارد می‌شود

دراین‌حالت، بطورکلی کافیست یک‌شبکه سبک‌آرماتور متعامد پیش‌بینی شود که شامل اتریه‌های قائم ومیل گردهای افقی روی هردوجبهه تیر بوده ومیل گردهای افقی میل گردهای قائم انتهائی را دربر گرفته باشند .

مقطع هریک‌ازمیل گردهای شبکه ، درصورتیکه ازمیل گردهای صاف ویافولاد نرم استفاده شود ، از رابطه زیر بدست میآید :

$$A_1 = 0.0025\, b_o s$$

درصورتیکه ازمیل گردهای آجدار استفاده شود مقدار فولاد از رابطه زیر نتیجه میشود :

$$A_1 = 0.002\, b_o s$$

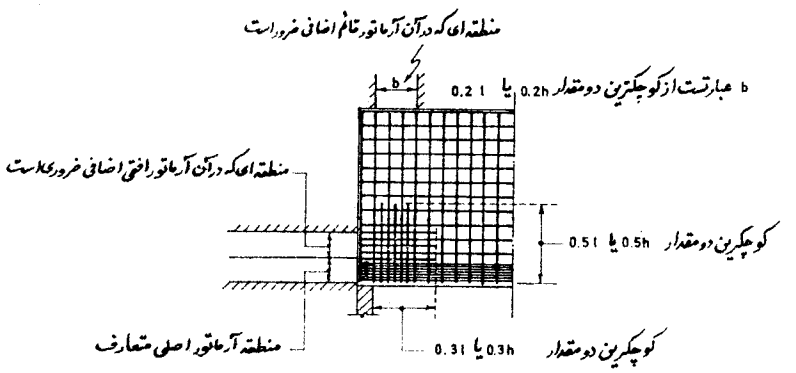
دراین روابط s عبارتست‌از فاصله میل گردهای شبکه .

درنزدیکی تکیه گاهها ، مخصوصاً درحالتی که تیر روی تکیه گاه دارای پشت‌بند میباشد ، فاصله میل گردهای افقی باید کمتراز سایر قسمتهای تیر باشد .

اگر تیر یکسره باشد باید آرماتور اصلی روی تکیه گاه ، که مطابق دستورات بند ٤ ـ ۲ قرار داده میشود ، جزو میل گردهای افقی فوق‌الذکر منظور شود .

یک طریقه مناسب برای تأمین نظر فوق درمجاورت تکیه گاه افزودن میل گردهای مکملی است

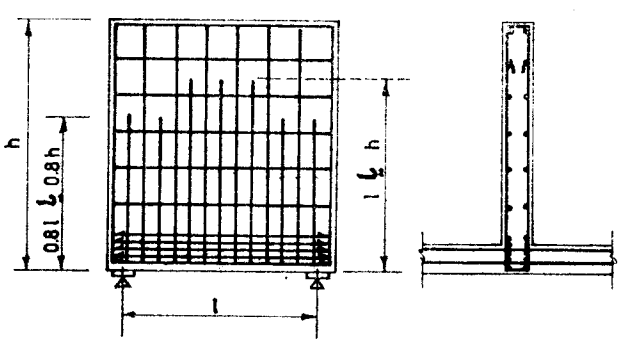
مطابق شکل زیر ، که قطر آنها مساوی قطر سایر میل گردهای آرماتورجان است .



۶-۲- حالتی که بار درقسمت پائین تیر وارد میشود

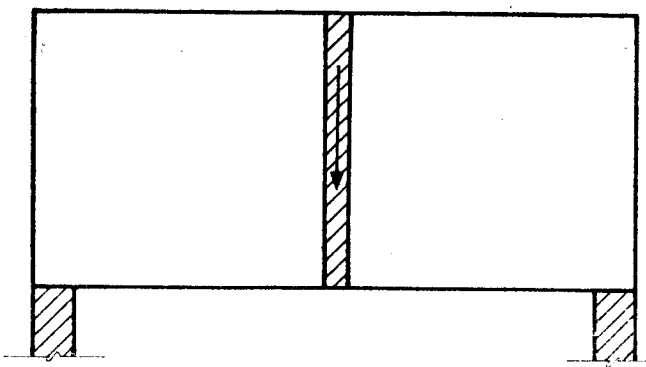
دراینحالت ، لازم است شبکه متعامد پیش بینی شده درقسمت ۶-۱ باوارد کردن اتریه های اضافی که بمنظور تأمین انتقال تمامی بار ازنقطه اثرآن به قسمت فوقانی تیرتیغه پیش بینی میشوند ، تکمیل گردد . ابعاد این اتریه ها باید طوری محاسبه شود که تنش کششی آنها ازمقاومت مجاسباتی فولاد تجاوز ننماید . به منظور محدود کردن ترک خوردگی ، که ممکن است مثلاً باعث ازدیاد طول زیاد فولاد گردد ، باید بطور کلی مقطع این اتریه ها زیاد اختیارگردد . بعلاوه این اتریه ها باید میل گردهای اصلی پائینی را بدون اینکه قطع شوند دور زده ودر داخل مقطع ، درتمام ارتفاع تیرتیغه ویا اگر ارتفاع از دهانه تیرتیغه بیشتر باشد ، درارتفاعی مساوی طول دهانه ، ادامه یابند .

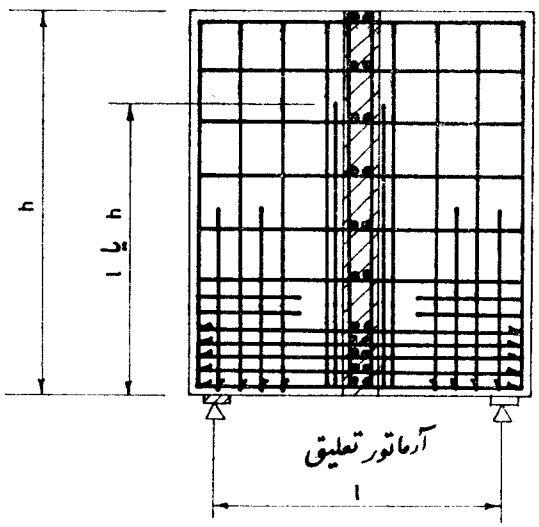
بلافاصله درمجاورت تکیه گاه میتوان ارتفاع این اتریه هارا اندکی کمتر اختیار نمود .

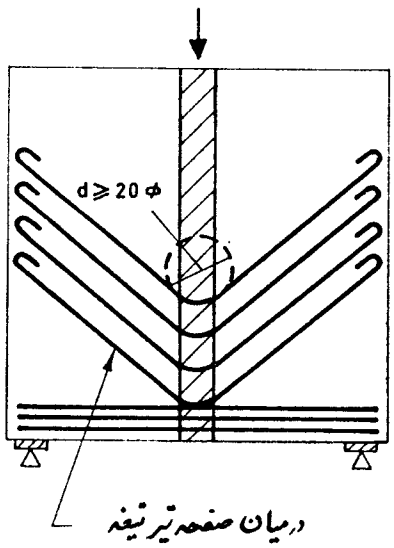


۶-۳- حالت بارگذاری غیرمستقیم

این ماده شامل تیرتیغه هائی میشود که درتمام ارتفاع بوسیله یک جدار نازک عرضی یا یک ستون بامقطع قوی که تاپائین تیر ادامه یافته بارگذاری شده اند. مطابق تعریف این حالت عبارتست از «بارگذاری غیرمستقیم» .




h
h یا l
آرماتور تعلیق
l

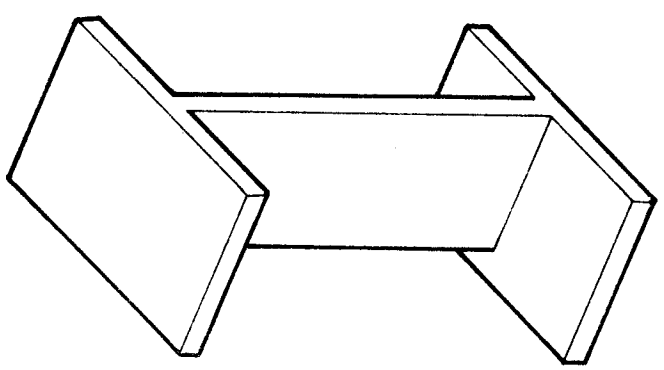

d ≥ 20 ϕ
در میان صفحه تیر تیغه

دراین‌حالت بارگذاری غیرمستقیم باید آرماتور تعلیق ، که مقطع آن کافی برای تحمل حداکثربار منتقله از ستون یا جدار نازك عرضی باشد ، پیش‌بینی گردد . این آرماتور تعلیق را میتوان بکمك اتریه های قائم ، که درمقطع درارتفاعی مساوی کوچکترین دومقدار h و l ادامه داده میشوند ، تأمین نمود .

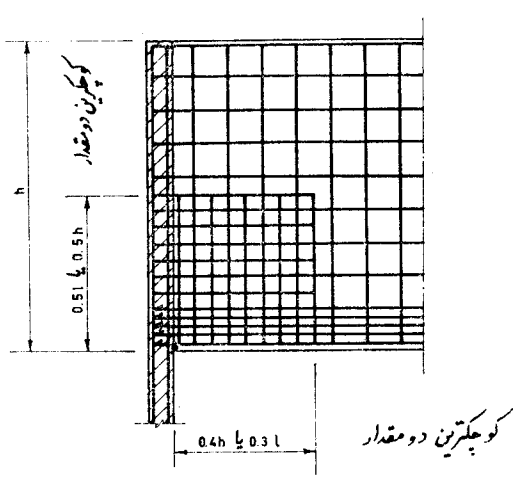
درحالت بارهای خیلی‌سنگین قسمتی از آرماتور تعلیق را ممکن‌است بوسیله میل گردهای خم که درامتداد خط اثربار متمرکز قرارگرفته‌اند تأمین نمود . شعاع خم این میل گردها بزرگ بوده و نباید از ۲۰φ کمتر باشد وحداکثر ۶۰ درصد بارکل را میتوان بوسیله آنها جذب نمود .

۶-٤- حالت اتکاء غیرمستقیم

این‌ماده تیرتیغه‌هائی‌را شامل میشود که درتمام ارتفاع روی یک تکیه‌گاه قوی نظیر یک دیوار یا یک ستون با مقطع قوی ویا یک جدار نازك عرضی اتکاء دارند . مطابق تعریف این‌حالت عبارتست‌از «اتکاء غیرمستقیم» .



دراین‌حالت اتکاء غیرمستقیم ، آرماتوری که برای تأمین انتقال بارها به‌تکیه‌گاهها درنظرگرفته

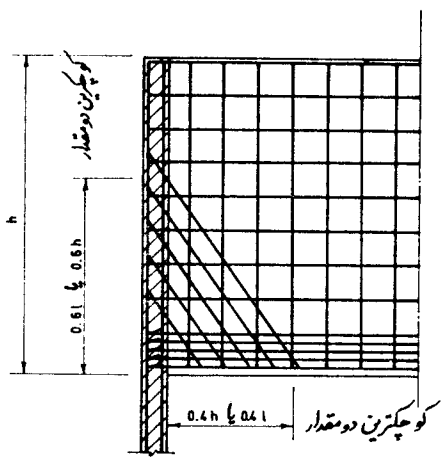


می‌شود ممکن است مرکب از میل گردهای قائم وافقی متعامد و یا مرکب از میل گردهای موربی باشد که بوسیله یک شبکه متعامد تکمیل گردیده‌اند. مقطع این آرماتور باید باقبول، فرض تشکیل خرپائی مرکب از میل گردهای کششی و دستک‌های فشاری بتن محاسبه شود .

درحالتی که این آرماتور فقط ازیک شبکه متعامد تشکیل یافته باشد میل گردها باید مطابق شکل بالا قرار داده شوند :

این میل گردها ، بااحتساب مقاومت محاسباتی فولاد باید قادر باشند درجهت قائم نیروئی مساوی تلاش برشی V_d ودرجهت افقی نیروئی معادل $0.8V_d$ را تحمل نمایند. میل گردهای شبکه متعامد عمومی تیر را که در داخل منطقه فوق‌الاشعار قرار میگیرند میتوان دراین محاسبه درنظرگرفت مشروط براینکه درمنطقه تکیه گاهی بنحومطلوبی مهار شده باشند .

درحالتی که این آرماتور شامل میل گردهای مورب باشد باید آنهارا مطابق شکل زیر قرار داد :



این میل گردها مرکب از تنگهائی هستند که آرماتور اصلی را دربرگرفته و در منطقه تکیه گاهی مهار شده‌اند ، آنها باید دراستداد خود قادر به‌تحمل نیروئی مساوی $0.8V_d$ باشند. این‌طرز آماتورگذاری که باشبکه متعامد عمومی‌تیر تکمیل شده باشد ، درحالتی که V_d از $\frac{3}{4}$ مقدار حدی تعیین شده دربند ۵-۲ تجاوز نماید ، توصیه میشود .

درآنچه گذشت اگر ارتفاع h تیر ازدهانه l آن بیشترباشد، باید l را بجای h ملاك عمل قرارداد.

۷ـ تعیین ابعاد مناطق تکیه‌گاهی

میتوان قبول نمود که عکس‌العملهای تکیه گاهی تیرتیغه‌ها مساوی مقادیر آنها برای تیرهای متعارف است مگر درمورد تکیه گاههای کناری تیرهای یکسره که مقدار آنرا باید باندازه ۱۰ درصد افزایش داد .

وقتی که تیر درمحاذات تکیه گاه بوسیله یک پشت‌بند یا یک ستون تقویت نشده باشد ، مقدار عکس‌العمل تکیه گاه باید بمقدار زیر محدود گردد :

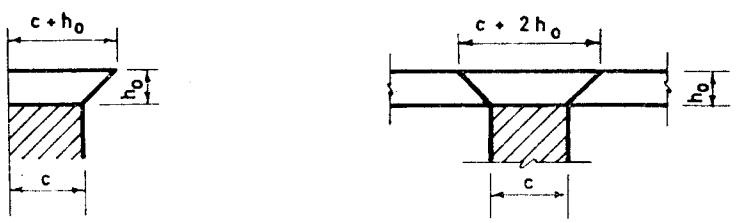
برای یک تکیه گاه میانی : $1.2\, b_o\, (c+2h_o)\, f_{cd}$

که درآن :

b_o عبارتست از ضخامت تیرتیغه

h_o عبارتست از ارتفاع پشت‌بند و یا دالی احتمالی که قسمت پائین‌تر تیغه را تقویت مینماید .

c عبارتست ازعرض تکیه گاه موردنظردرصورتیکه این عرض ازیک پنجم کوچکترین دو دهانه مجاور یعنی l_m تجاوز ننماید ، درغیراینصورت باید c را مساوی $\frac{l_m}{5}$ درنظر گرفت .



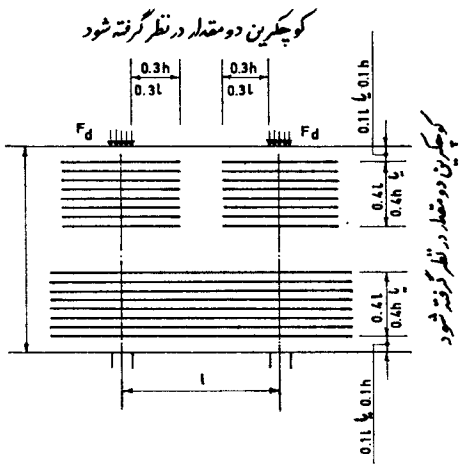
وقتی که تیرتیغه روی ستونهائی تکیه دارد که تیر را درتمام ارتفاع تقویت مینمایند ، کافی است تحقیق گردد که توصیه‌های ۵ — ۲ و ۶ — ٤ مراعات شده‌اند و تنشهای حداکثر ایجاد شده بوسیله عکس - العملهای تیر دراین‌ستونها ازمقاومت محاسباتی تجاوز نمینماید .

تشدید عکس‌العمل درتکیه گاه کناری تیرتیغه‌های یکسره باین‌ترتیب توجیه میشود که پیوستگی تیرهای باارتفاع زیاد نسبت به‌تیرهای باارتفاع متعارف ، بدلیل کوچکتربودن بازوی اهرم نیروهای داخلی در روی تکیه گاه ، کمتر میباشد .

حساسیت تیرتیغه‌ها به‌پدیده‌های مختلفی که ممکن‌است باعث تغییرمکان تکیه گاه شوند ، باید موردتوجه قرارگیرد . درمحیط ارتجاعی کوچکترین اختلاف‌رقوم تکیه گاهها ممکن‌است بکلی توزیع‌تنشهارا دگرگون سازد ، وحتی ممکن‌است باعث تغییرجهت تنشها گردد . طرزکار رضایت‌بخش تیرتیغه‌های موجود که اغلب آنها بدون درنظرگرفتن کامل نشستهای کوچک تکیه گاهها ، نظیر تغییرشکل ارتجاعی صفحات زیرسری ، افت ، نشست شالوده وغیره ، طرح و اجرا شده‌اند دال‌بر امکان تطابق دراین نوع ساختمان‌ها ازحد ارتجاعی ببعد میباشد . ولی باید سعی گردد که تمام موجبات نشست‌های نامتجانس بمنظوراحتراز ازاحتمال ترک‌خوردگی شدید وخطر ازهم‌پاشیدن تیر ، به‌حداقل رسانده شود .

۸ـ حالت اثر بارهای متمرکز درمحور تکیه‌گاهها

اگر یک تیرتیغه تحت‌اثر بار متمرکز F_d قرارگیرد که خط اثر آن برمحور تکیه گاه منطبق بوده وهیچ‌قطعه تقویتی قائم وجود نداشته باشد که بتواند آنرا ، بدون اینکه تنش از مقاومت محاسباتی تجاوز نماید ، به‌تکیه‌گاه انتقال دهد ، پیش‌بینی یک آرماتورجان مکمل ضروری است . این آرماتور در دونوار افقی توزیع گردیده ودرهرنوار باید تحت تنشی مساوی مقاومت محاسباتی قادر به‌تحمل یک نیروی کششی مساوی $\frac{F_d}{4}$ باشد این آرماتور باید بطور یکنواخت درارتفاع هریک‌از نوارها ، مطابق شکل زیر توزیع گردد .



بعلاوه برای‌تعیین مقدار تلاش برشی باید نیروی مکملی که مساوی کوچکترین دومقدار زیرمیباشد به‌اثر سایر عاملها افزوده شود :

$$\frac{F_d}{2} \cdot \frac{l-2c}{l} \qquad\qquad \frac{F_d}{2} \cdot \frac{h-2c}{h}$$

دراین‌رابطه c عرض تکیه‌گاه موردنظر میباشد . باید تحقیق گردد که تلاش برشی حاصل ، ازتلاش برشی حدی که دربند ۵ — ۲ تعیین گردید تجاوز نمیکند .

درحالتی که نیروی متمرکز درمحور یک تکیه‌گاه کناری اثر مینماید ، اصول کلی روش فوق باید مراعات گردد . آرماتور مکمل باید درمقطعی که ازبرتکیه‌گاه میگذرد بطورکامل مهار شده وازاین مقطع به‌طرف وسط دهانه کناری باندازه‌ای که برای هریک‌از دهانه‌های طرفین یک تکیه‌گاه میانی پیش‌بینی شده است ادامه یابد . برعکس تلاش برشی مکمل که دربالا بآن اشاره شد باید مساوی کوچکترین دو کمیت زیر درنظر گرفته شود .

$$F_d \cdot \frac{l-c}{l} \text{ و } F_d \cdot \frac{h-c}{h}$$

درتیرهای باارتفاع زیاد ، بارهای متمرکز وارد درامتداد محور تکیه گاه ، درقطعات مسطح قائم ایجاد تنشهای فشاری یا کششی مینماید که مقدار آنها قابل چشم‌پوشی نیست . توزیع این تلاشها شبیه توزیع نیروی پیش‌تنیدگی درمجاورت گیره‌های مهاری است .

در شکل فوق ، بمنظورگویاتر بودن آن ، فقط آرماتور مکمل لازم برای جذب F_d نشان داده شده است .

اگر نوار پائین قسمتی‌از منطقه آرماتورهای اصلی کششی وسط دهانه‌را بپوشاند میتوان فرض کرد که قسمتی‌از نیروی کششی مؤثر در قسمت مشترك بوسیله آرماتورهای اصلی کششی جذب میشود مشروط براینکه این‌آرماتورها درمحاذات تکیه گاه یکسره بوده ویا درصورت مقطع‌بودن باندازه کافی بایکدیگرپوشش داشته باشند .

شرایط پیش‌بینی شده دراین ماده بررسی وضع بتن را تحت‌اثر ضربه بار متمرکز منتفی نمیسازد . این‌بررسی میتواند برمبنای بند ۷ ، بامحدود کردن بار F_d درهمان شرایطی که برای عکس‌العمل تکیه گاه قید گردید ، بعمل آید .

موقعیت بار متمرکز دربالای تیر هرچه باشد ، باید این‌بررسی بعمل آید .

پایان