فصل ۲

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

۲-۱- کاشت پیچ و میلگرد

۲-۱-۱-مقدمه

در مواردی برای تقویت عضو لازم است میلگرد یا پیچ در داخل بتن کاشته شود. در اکثر موارد عمل کاشت باید طوری انجام پذیرد که مقاومت گیرایی بیش از مقاومت کششی میلگرد یا پیچ باشد. به میلگرد یا پیچ کاشته شده در بتن اصطلاحاً میخچه گفته می‌شود.

کاشت پیچ یا میلگرد به سه روش مختلف انجام می‌شود.

۱- کاشت با استفاده از مواد پایه سیمانی

۲- کاشت با استفاده از چسب اپوکسی

۳- کاشت با استفاده از مهار مکانیکی

۲-۱-۲- کاشت با استفاده از پایه سیمانی

در کارهای ساختمانی به علت فراموشی در تعبیه ریشه‌های ستون، اجرای ستون در محل‌هایی غیر از محل استقرار ستون در نقشه، رفع خطا در محل میلگردهای انتظار و بالاخره عملیات بهسازی از این روش استفاده می‌شود.

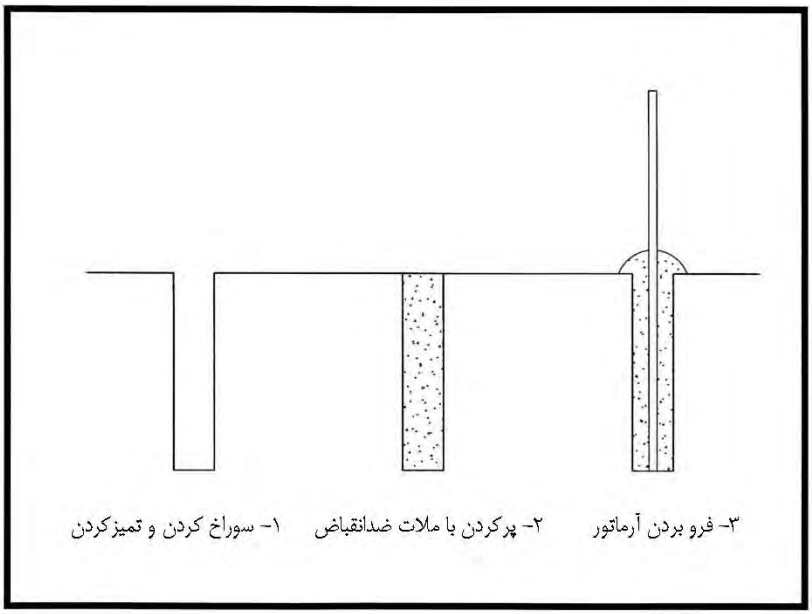
برای کاشت میلگرد ابتدا سوراخی به قطر حدود ۵ میلیمتر بزرگتر از قطر میلگرد و به طول مهاری آن و یا بیشتر به کمک دستگاه مغزه‌گیر، در بتن ایجاد می‌شود و داخل آن با حجم مناسب ملات روان پر می‌گردد. ملات روان ترکیبی از آب، سیمان، ماسه، مواد ضد انقباض و روان‌ساز می‌باشد. پس از پر نمودن نسبی سوراخ با ملات، میلگرد به کمک جک هیدرولیک با فشار به داخل سوراخ رانده شود. بدیهی است مقداری ملات از داخل سوراخ خارج شده و باقیمانده در پیرامون میلگرد در داخل سوراخ متراکم می‌گردد. ملات داخل سوراخ طی مدت زمان لازم عمل‌آوری می‌گردد تا سیمان به مقاومت لازم برسد. بدیهی است اگر میلگرد آجدار بوده و محیط سوراخ مضرس باشد نتیجه رضایت بخش‌تر خواهد بود.

مراحل اجرای میخچه پایه سیمانی در شکل ۲-۱-۱ نشان داده شده است.

۲-۱-۳- کاشت با استفاده از مواد اپوکسی

روش کار همانند کاشت با مواد پایه سیمانی است که در آن به جای سیمان از چسب‌های اپوکسی استفاده می‌شود. با توجه به چسبندگی فوق العاده زیاد چسب‌های اپوکسی بدیهی است که قطر سوراخ و طول مهاری کوچکتر خواهد شد، در نتیجه عملیات سوراخ کاری سهل‌تر می‌گردد. اما قیمت مواد اپوکسی گرانتر است.

چسب‌های اپوکسی قدرت گیرش فوق‌العاده زیاد دارند. بنابراین آنها را نمی‌توان به صورت ترکیب کامل بسته‌بندی و حمل نمود، زیرا به سرعت می‌گیرند و فاسد می‌شوند.



شکل ۲-۱-۱- مراحل اجرای میخچه پایه سیمانی

چسب‌های اپوکسی به صورت دو یا سه جزئی حمل می‌گردند. در بعضی حالات این مواد بصورت تفکیک داخل کپسول تعبیه می‌شوند. کپسول را وارد سوراخ کرده و میلگرد را به درون سوراخ می‌کوبند، مواد در همان جا با هم ترکیب شده و چسبندگی به وجود می‌آید. نمونه‌ای از کاشت پیچ به کمک مواد اپوکسی داخل کپسول در شکل ۲-۱-۲ نشان داده شده است.

شکل ۲-۱-۲- کاشت پیچ به کمک مواد اپوکسی داخل کپسول

در بعضی موارد اجزاء چسب‌های اپوکسی در داخل نازل ترکیب و سپس درون سوراخ تزریق می‌گردند.

مراحل کاشت به شرح زیر است:

۱. محاسبه ابعاد سوراخ برای استقرار پیچ و یا میلگرد مطابق با جدول ۲-۱-۱،
۲. ایجاد سوراخ مورد نیاز با ابزار مناسب،
۳. تمیز نمودن گرد و غبار ناشی از حفاری با استفاده از دستگاه مکنده یا برس موئی،
۴. زدودن هرگونه چربی و مواد روغنی، دانه‌های سست و یا سطوح فاقد استحکام و رطوبت از سطوح داخلی سوراخ،
۵. ترکیب نمودن اجزا چسب اپوکسی درون نازل،
۶. تزریق چسب تا میزان دو سوم حجم حفره،
۷. فرو بردن پیچ یا میلگرد به صورت چرخشی داخل سوراخ،
۸. تمیز نمودن مواد اضافی بیرون ریخته از دهانه سوراخ با کاردک و یا ابزار دیگر،
۹. زمان عمل‌آوری بر اساس درجه حرارت محیط مطابق جدول ۲-۱-۲ می‌باشد که پس از گذشت این زمان، بارگذاری قابل اعمال است.

جدول ۲-۱-۱- محاسبه ابعاد سوراخ برای استقرار پیچ و یا میلگرد

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	قطر سوراخ (mm)	عمق سوراخ (mm)
۸	۱۰	۸۰
۱۰	۱۲	۹۰
۱۲	۱۴	۱۱۰
۱۴	۱۶	۱۲۰
۱۶	۱۸	۱۲۵
۲۰	۲۲	۱۷۰
۲۴	۲۸	۲۱۰
۳۰	۳۵	۲۸۰

➢ توصیه می‌شود عمق سوراخ از اولین سفره آرماتورگذاری عبورکند.

جدول ۲-۱-۲- محاسبه زمان عمل‌آوری بر اساس درجه حرارت محیط

درجه حرارت محیط (°C)	۵- الی ۰	۰ الی ۵	۵ الی ۱۰	۱۰ الی ۲۰	بالای ۲۰
زمان عمل‌آوری بر حسب دقیقه	۳۶۰	۱۸۰	۹۰	۴۰	۲۰

۲-۱-۳-۱- مقاومت کششی و برشی پیچ یا میلگرد کاشته شده با چسب اپوکسی

در جدول ۲-۱-۳ مقاومت کششی و مقاومت برشی توصیه شده برای پیچ یا میلگرد کاشته شده با چسب اپوکسی ارائه شده است. این مقدار باید در ضرایب اصلاح مربوطه ضرب گردد تا مقاومت کششی و برشی اصلاح شده بدست آید.

(مقاومت کششی یا برشی اصلاح شده) = $\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$ × (مقاومت کششی یا برشی توصیه شده) (۲-۱-۱)

جدول ۲-۱-۳- مقاومت برشی و کششی توصیه شده برای میخچه‌های کاشته شده با چسب اپوکسی بر حسب کیلو نیوتن در بتن بامقاومت $f_c' = 20MPa$

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	مقاومت کششی (KN)	مقاومت برشی (KN)
۸	۸	۸
۱۰	۱۳	۱۳
۱۲	۱۹	۱۹
۱۴	۲۹	۲۹
۱۶	۳۶	۳۶
۲۰	۵۷	۵۷
۲۴	۸۳	۸۳
۳۰	۱۳۰	۱۳۰

۲-۱-۳-۲- ضرایب اصلاح

مقاومت‌های ارائه شده در جدول ۲-۱-۳ به مقاومت جداره سوراخ، مقاومت پیچ یا میلگرد، طول سطح تماس میلگرد و یا پیچ با رزین، نوع و نحوه ایجاد حفره و فاصله‌بندی سوراخ‌ها بستگی دارد. برای محاسبه تنش‌های اصلاح شده میخچه باید از سه ضریب اصلاح مقاومت مصالح پایه، ضریب کاهش مقاومت فاصله‌بندی سوراخ‌ها و ضریب کاهش مقاومت فاصله میخچه‌ها از لبه سازه استفاده نمود. سه ضریب اصلاح مقاومت باید به صورت همزمان در مقاومت‌های ارائه شده ضرب گردند.

الف- ضریب اصلاح مقاومت مصالح پایه (α_1):

از آنجا که مقاومت‌های معرفی شده برای کاشت میخچه‌ها در بتن با مقاومت مشخصه ۲۰ MPa می‌باشد، برای مصالح بتنی پای کار با مقاومت‌های مختلف ضریب اصلاح رابطه ۲-۱-۲ معرفی می‌گردد:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{f_c'}{20}} \qquad (۲-۱-۲)$$

که در این رابطه:

f_c': مقاومت مشخصه بتن بر حسب مگاپاسکال می‌باشد.

ب- ضریب کاهش مقاومت فاصله میخچه‌ها از یکدیگر (α_2):

بر اساس فاصله‌بندی سوراخ‌ها، ضریب کاهش مقاومت مطابق جدول ۲-۱-۴ محاسبه می‌گردد.

جدول ۲-۱-۴- محاسبه ضریب کاهش مقاومت به علت فاصله‌بندی

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	فاصله‌بندی سوراخ‌ها (mm)									
	۴۰	۴۵	۵۵	۶۵	۸۰	۹۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۷۰	۲۱۰
۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۹۱	۱/۰۰					
۱۰		۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۹۴	۱/۰۰				
۱۲			۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۸۶	۰/۹۱	۱/۰۰			
۱۶				۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۹۴	۱/۰۰		
۲۰						۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۷	۱/۰۰	
۲۴							۰/۷۶	۰/۸۰	۰/۹۰	۱/۰۰

➢ لازم به ذکر است فاصله میخچه‌ها از یکدیگر به هیچ عنوان نباید از مقادیر عنوان شده در جدول فوق کمتر اختیار شوند.

پ- ضریب کاهش مقاومت به علت فاصله سوراخ‌ها از لبه (α_3):

بر اساس فاصله میخچه‌ها از لبه ضریب کاهش مقاومت مطابق جدول ۲-۱-۵ محاسبه می‌گردد.

جدول ۲-۱-۵- محاسبه ضریب کاهش مقاومت فاصله سوراخ از لبه

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	فاصله میخچه‌ها از لبه (mm)									
	۴۰	۴۵	۵۵	۶۵	۸۰	۹۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۷۰	۲۱۰
۸	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۸۷	۱/۰۰					
۱۰		۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۹۲	۱/۰۰				
۱۲		۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۸۱	۰/۸۷	۱/۰۰			
۱۶				۰/۶۶	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۹۲	۱/۰۰		
۲۰						۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۱	۱/۰۰	
۲۴							۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۸۷	۱/۰۰

➢ لازم به ذکر است فاصله میخچه‌ها از لبه به هیچ عنوان نباید از مقادیر عنوان شده در جدول فوق کمتر اختیار شوند.

۲-۱-۴- کاشت به کمک مهار مکانیکی

در این روش همانند روش‌های قبلی ابتدا سوراخی به قطر حدود ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر پیچ در بتن ایجاد می‌گردد، سپس پیچ با مهار مکانیکی را داخل سوراخ قرار می‌دهند. این پیچ در انتهای خود دارای پره‌های مخصوصی است که با پیچاندن پیچ باز می‌شوند و به جدار سوراخ می‌چسبند. پیچ آنقدر سفت می‌گردد تا پره‌ها تا جایی که ممکن است به دیوار بچسبند. در این روش نیز طول مهار بسیار کوتاه است. شاید برای بارهای دینامیکی مناسب نباشند، چون پره‌ها می‌توانند بتن محیطی خود را خرد نمایند ولی به هر حال در کارهای استاتیکی بسیار عالی هستند(شکل ۲-۱-۳).

هر نوع پیچ مهاری بر حسب قطر و مقاومت میلگرد دارای نیروی برشی و کششی مجاز می‌باشد که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌گردد.

شکل ۲-۱-۳- میخچه‌های مکانیکی

مقاومت برشی و کششی نهایی، مشخصه و طراحی پیچ‌های مکانیکی متداول در جدول‌های ۲-۱-۶ و ۲-۱-۷ ارائه شده است. مقاومت‌های ارائه شده برای شرایطی است که فاصله پیچ‌ها از یکدیگر و از لبه اعضا کافی باشد و برای استفاده از پیچ‌های خاص و همچنین استفاده از پیچ‌های متداول در فواصل کمتر باید از مقاومت‌ها و ضرایب کاهش مقاومت توصیه شده توسط کارخانه سازنده

استفاده نمود. لازم به ذکر است که مقاومت‌های ارئه شده بر اساس مقاومت بتن ۲۰ MPa می‌باشد و برای بتن با مقاومت بیشتر می‌توان مقادیر جدول زیر را در ضریب $\sqrt{\frac{f_c'}{20}}$ ضرب نمود. استفاده از این روش در بتن با مقاومت کمتر از ۲۰ MPa توصیه نمی‌شود.

همان گونه که در جداول زیر نشان داده شده است، شکل ظاهری بتن (ترک خورده یا سالم) در مقاومت‌های ارائه شده موثر می‌باشد.

جدول ۲-۱-۶- نیروی برشی و کششی نهایی میخچه های مکانیکی بر حسب کیلو نیوتن برای طراحی به روش حدی

قطر پیچ (mm)		۸	۱۰	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
بتن با ظاهری سالم	مقاومت کششی نهایی	۱۸/۱	۲۶/۷	۳۵/۱	۴۹/۸	۷۷/۴	۷۹/۱
	مقاومت برشی نهایی	۲۲/۸	۳۱/۹	۵۰/۳	۸۴/۰	۱۳۶/۰	۱۵۱/۴
بتن با ظاهر ترک خورده	مقاومت کششی نهایی	۱۲/۷	۱۸/۴	۲۰/۱	۳۶/۰	۵۵/۱	۷۰/۵
	مقاومت برشی نهایی	۲۰/۶	۳۱/۹	۴۵/۵	۸۴/۰	۱۰۶/۶	۱۵۱/۴

جدول ۲-۱-۷- نیروی برشی و کششی مجاز میخچه‌های مکانیکی بر حسب کیلو نیوتن برای طراحی به روش تنش مجاز

قطر پیچ (mm)		۸	۱۰	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
بتن با ظاهری سالم	مقاومت کششی مجاز	۶/۰	۱۰/۷	۱۳/۳	۲۳/۳	۳۳/۳	۴۰/۰
	مقاومت برشی مجاز	۱۰/۴	۱۶/۰	۲۴/۰	۳۸/۵	۵۵/۶	۷۹/۹
بتن با ظاهر ترک خورده	مقاومت کششی مجاز	۳/۳	۶/۰	۸/۰	۱۶/۷	۲۰/۰	۲۶/۷
	مقاومت برشی مجاز	۱۰/۴	۱۶/۰	۲۴/۰	۳۸/۵	۵۵/۶	۷۹/۹

مثال ۲-۱-۱:

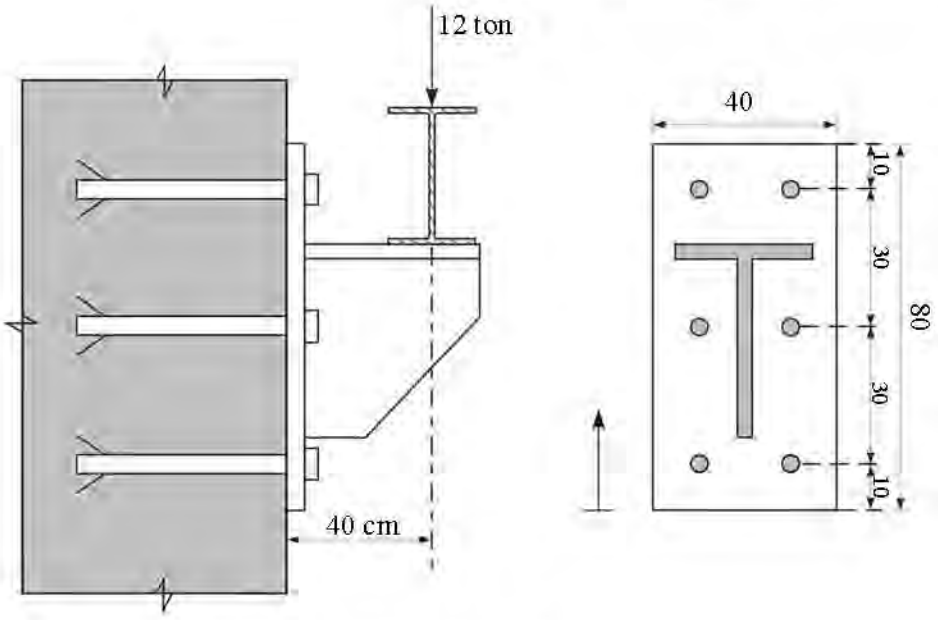
می‌خواهیم به ستون بتنی مسلح، براکتی برای حمل تیر جرثقیل متصل نماییم. واکنش تکیه‌گاهی حداکثر جرثقیل ۱۲ تن می‌باشد. مطلوبست طراحی اتصال براکت با کاشت میخچه مکانیکی. شکل ظاهری بتن سالم و بدون ترک و مقاومت فشاری آن ۲۰ MPa می‌باشد.

برای اجرای براکت از پیچ با قطر ۲۰ میلیمتر استفاده می‌نماییم. از آنجا که ظاهر بتن سالم می‌باشد از جدول ۲-۱-۷ داریم:

نیروی مجاز کششی = ۳۳/۳ KN

نیروی مجاز برشی = ۵۵/۶ KN

ارتفاع کل ورق ۸۰ سانتیمتر و آرایش پیچها مطابق شکل اختیار می‌شود.



شکل مثال ۲-۱-۱-الف

حل:

تعیین مشخصات هندسی مقطع:

$$40y\,\frac{y}{2}=2\times A(10-y+40-y+70-y)$$

$$20y^2=2A\,(120-3y)$$

$$10y^2=A\,(120-3y)$$

$$10y^2+3.14\times 3y-3.14\times 120=0$$

$$y^2+0.942y-37.68=0$$

$$y=5.69cm$$

$$I=2\times 3.14\left[(10-56.69)^2+(40-5.69)^2+(70-5.69)^2\right]+40\times\frac{5.69^3}{3}$$

$$I=35938cm^4\ \rightarrow S_t=I/(70-5.69)=558\,cm^3$$

محاسبه لنگر وارد بر براکت:

$$M=12\times 0.4=4.8\ ton.m$$

محاسبه تنش کششی:

$$\sigma = \frac{4.8\times10^{5}}{558} = 860\,kg/cm^{2} \qquad f_t = 860\times3.14\times10^{-3} = 2.7\,ton < F_t = 3.33\,ton$$

محاسبه تنش برشی:

$$f_v = \frac{12}{6} = 2ton < F_v = 5.56\,ton$$

محاسبه تنش ترکیبی:

$$\left(\frac{2}{5.56}\right)^{2} + \left(\frac{2.7}{3.33}\right)^{2} = 0.13 + 0.66 = 0.79 < 1 \;\; O.K.$$