ایسبوک ۲۸ · ۵ آذر ۱۴۰۵

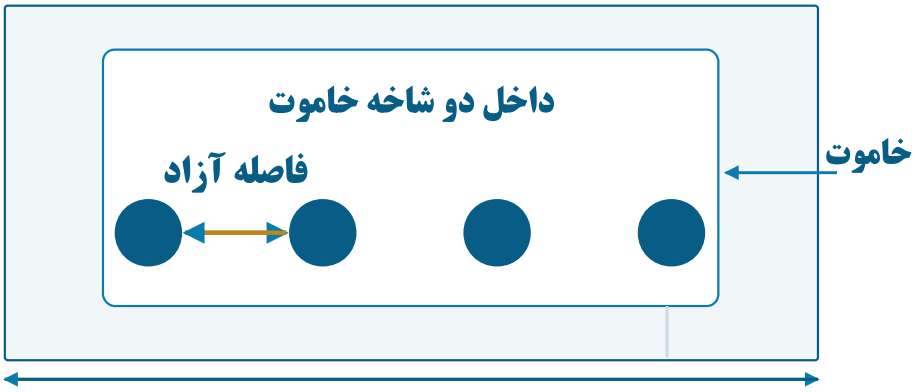
فاصله آزاد میلگردهای تیر بتنی

کنترل جاگیری یک سفره میلگرد با مبحث نهم و ACI ۳۱۸–۲۵

از عرض قالب تا فاصله مفید بین میلگردها را محاسبه می‌کنیم. همان مقطع را با مبحث نهم و نسخه اینچی ACI می‌سنجیم و اثر تغییر عرض یا اندازه اسمی بزرگ‌ترین سنگ‌دانه را نشان می‌دهیم.

دکتر امیرحسین فهیمی و دکتر مجید ذکری

آیا چهار میلگرد در تیر ۳۰۰ میلی‌متری با سنگ‌دانه ۲۵ میلی‌متری واقعاً جا می‌شوند؟



شکل ۱. مبدأ و انتهای اندازه فاصله آزاد داخل خاموت.

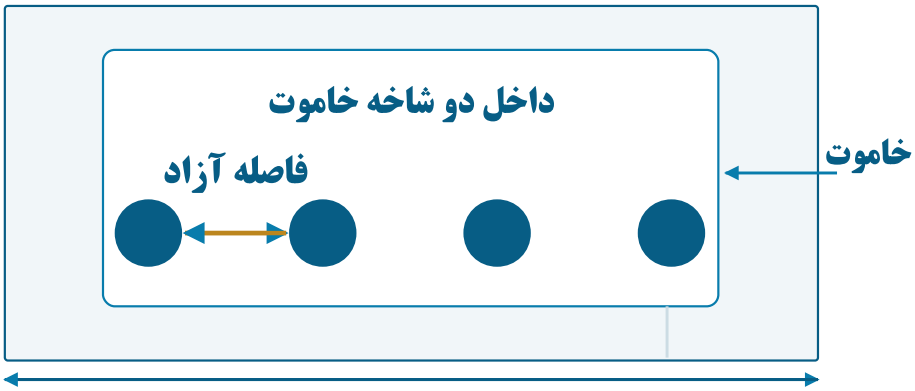
فهرست مطالب

چرا جا شدن روی نقشه به معنای امکان بتن‌ریزی نیست؟	۳
عرض آزاد بین خاموت‌ها را از کجا می‌خوانیم؟	۴
مبحث نهم از بین سه حد کدام را انتخاب می‌کند؟	۵
در نسخه اینچی ACI همان هندسه چگونه سنجیده می‌شود؟	۶
در تیر ۳۰۰ میلی‌متری چه عرضی واقعاً باقی می‌ماند؟	۷
چرا تصمیم در این مثال به سنگ‌دانه حساس است؟	۸
آیا می‌توان عرض یا سنگ‌دانه را در کارگاه تغییر داد؟	۹
چک‌لیست نقشه و تمرین با پاسخ	۱۰

چرا جا شدن روی نقشه به معنای امکان بتن‌ریزی نیست؟

نمای پلان ممکن است هر چهار میلگرد را داخل مقطع نشان دهد، ولی بتن تازه باید از مسیر بین میلگردها عبور کند. عرض تیر فقط فضای بتن‌ریزی نیست. بخشی از آن به پوشش بتن، دو شاخه خاموت و خود میلگردها اختصاص دارد. در یک سفره افقی، قید آیین‌نامه‌ای به فاصله خالص بین دو سطح فولاد مربوط است.

این درس درباره کنترل یک لایه مستقیم از میلگردهای موازی و غیرپیش‌تنیده در تیر بتن‌آرمه است. پس از مطالعه می‌توانید در یک مقطع دست‌کم سه چیز را تشخیص دهید. طولی که واقعاً برای میلگردها باقی می‌ماند، حدی که بر فاصله حاکم است و جایی که نقشه باید بازنگری شود.



شکل ۱. برش تألیفی یک ردیف چهارمیلگردی. فاصله بین سطح دو میلگرد با فاصله بین محورهای آن‌ها فرق دارد.

عرض آزاد بین خاموت‌ها را از کجا می‌خوانیم؟

در مثال، پوشش جانبی از سطح بتن تا بیرون خاموت است. برای رسیدن به داخل جانِ مستقیم خاموت، در هر طرف هم مقدار پوشش و هم قطر خاموت کم می‌شود. فاصله مرکز تا مرکز دو میلگرد هم‌قطر از فاصله آزاد آن‌ها به اندازه قطر میلگرد بیشتر است. در تیر واقعی، خم خاموت، رواداری اجرا، فاصله از مهارها، لوله و محل وصله می‌تواند فضای عبور و تراکم را محدودتر کند.



عکس ۱. چیدمان شبکه آرماتور در یک کارگاه، اثر Dean Hochman، مجوز CC BY 2.0. عکس برای دیدن فضای عبور بین فولادهاست و اندازه‌های تیر نمونه از آن برداشت نشده‌اند.

عکس کارگاه و مشخصات بازنشر

مجوز CC BY 2.0

فلوچارت ساختمان‌های بتن‌آرمه ACE برای فصل جزئیات آرماتورگذاری

مبحث نهم از بین سه حد کدام را انتخاب می‌کند؟

مبحث نهم چاپ ۱۳۹۹، بند ۹-۲۱-۲-۱-۱، صفحه چاپی ۴۲۰، برای میلگردهای موازی یک سفره افقی سه قید دارد. فاصله آزاد باید دست‌کم برابر ۲۵ میلی‌متر، قطر بزرگ‌ترین میلگرد و ۱٫۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ‌دانه باشد. مقدار کنترل‌کننده بزرگ‌ترین این سه عدد است. وقتی همه میلگردها هم‌قطرند، قطر هر میلگرد همان قطر بزرگ‌ترین میلگرد است.

بند بعد برای چند سفره افقی، هم‌راستایی میلگردهای طبقات و فاصله آزاد قائم را جداگانه بیان می‌کند. بندهای همان صفحه برای آرماتور طولی ستون و برخی اعضای دیگر نیز شرایط متفاوت دارند. ضابطه‌های این زیرعنوان طبق بند ۹-۲۱-۲-۱-۴ برای بتن‌ریزی پاششی به کار نمی‌روند. در این درس فقط ردیف افقی تیرِ ریختگی کنترل می‌شود.

نمایش بند فاصله‌گذاری در صفحه چاپی ۴۲۰ مبحث نهم

غلط‌نامه چاپ ۱۳۹۹ مبحث نهم

در نسخه اینچی ACI همان هندسه چگونه سنجیده می‌شود؟

بند ۲۵.۲.۱ از ACI CODE-318-25 در صفحه چاپی ۵۰۹ برای آرماتور موازی غیرپیش‌تنیده در یک لایه افقی، بزرگ‌ترینِ سه مقدار را ملاک می‌گیرد. مقدار ثابت یک اینچ است، قطر میلگرد به همان واحد سنجیده می‌شود و برای سنگ‌دانه از چهار سوم اندازه اسمی بیشینه استفاده می‌شود. برای مثال مشترک، تبدیل دقیق یک اینچ به ۲۵٫۴ میلی‌متر را به کار می‌بریم؛ ستون میلی‌متری در جدول زیر تبدیل اینچی است.

جدول ۱. عملیات انتخاب حد در دو سند

مؤلفه	مبحث نهم ۱۳۹۹	ACI 318-25 نسخه اینچی
حد ثابت	۲۵ میلی‌متر	۱ اینچ، معادل ۲۵٫۴ میلی‌متر
حد قطر	قطر بزرگ‌ترین میلگرد سفره	قطر میلگرد این سفره هم‌قطر
حد سنگ‌دانه	۱٫۳۳ برابر اندازه اسمی بیشینه	چهار سوم اندازه اسمی بیشینه

دو معیار نزدیک‌اند ولی یکسان گرد نشده‌اند. اگر فاصله نزدیک حد است، قضاوت را با داده بدون گردکردن و براساس سند حاکم پروژه انجام دهید. انتشار ACI در ۲۰۲۵ به معنای حاکم شدن آن بر پروژه ایران نیست.

شناسنامه رسمی نسخه اینچی ACI CODE-318-25

اصل بند ۲۵.۲.۱ در نسخه قابل مشاهده، صفحه چاپی ۵۰۹

در تیر ۳۰۰ میلی‌متری چه عرضی واقعاً باقی می‌ماند؟

گام ۱. ورودی. عرض تیر ۳۰۰، پوشش در هر پهلو ۴۰، قطر خاموت ۱۰، تعداد میلگردها ۴ و قطر هر میلگرد ۲۵٫۴ میلی‌متر است. قطر فرضی ۲۵٫۴ معادل یک اینچ و برای یکسان‌سازی هندسه دو مقایسه انتخاب شده است. فرض شده است هر چهار میلگرد هم‌محور افقی‌اند، میلگردهای کناری به داخل بخش مستقیم خاموت تکیه دارند و سه شکاف برابرند. اندازه اسمی بزرگ‌ترین سنگ‌دانه ۲۵ میلی‌متر است.

گام ۲. عرض داخل خاموت. از ۳۰۰، دو بار جمع ۴۰ و ۱۰ را کم کنید. عرض ۲۰۰ میلی‌متر می‌ماند. چهار میلگرد ۱۰۱٫۶ میلی‌متر از آن را می‌گیرند. با تقسیم ۹۸٫۴ بر سه شکاف برابر، فاصله آزادِ هندسی ۳۲٫۸ میلی‌متر است.

$$s_{clear} = [b - 2(c + d_{st}) - n\,d_b] / (n - 1)$$

نمادهای رابطه به ترتیب فاصله آزاد، عرض تیر، پوشش، قطر خاموت، تعداد میلگرد و قطر هر میلگرد هستند. همه ابعاد به میلی‌متر وارد می‌شوند و تعداد بدون واحد است. این رابطه فقط برای آرایش هم‌قطر و شکاف برابر با شرایط ترسیمی مثال است.

چرا تصمیم در این مثال به سنگ‌دانه حساس است؟

گام ۳. مبحث نهم. سه حد عبارت‌اند از ۲۵، ۲۵٫۴ و ۳۳٫۲۵ میلی‌متر. چون بزرگ‌ترین آن‌ها ۳۳٫۲۵ است، فاصله ۳۲٫۸ در نمونه کافی نیست. گام ۴. ACI. دو مقدار اول ۲۵٫۴ و عامل سنگ‌دانه برابر ۳۳٫۳۳۳... میلی‌متر می‌شوند. این بار نیز قید سنگ‌دانه حاکم است و نتیجه مشابه است.

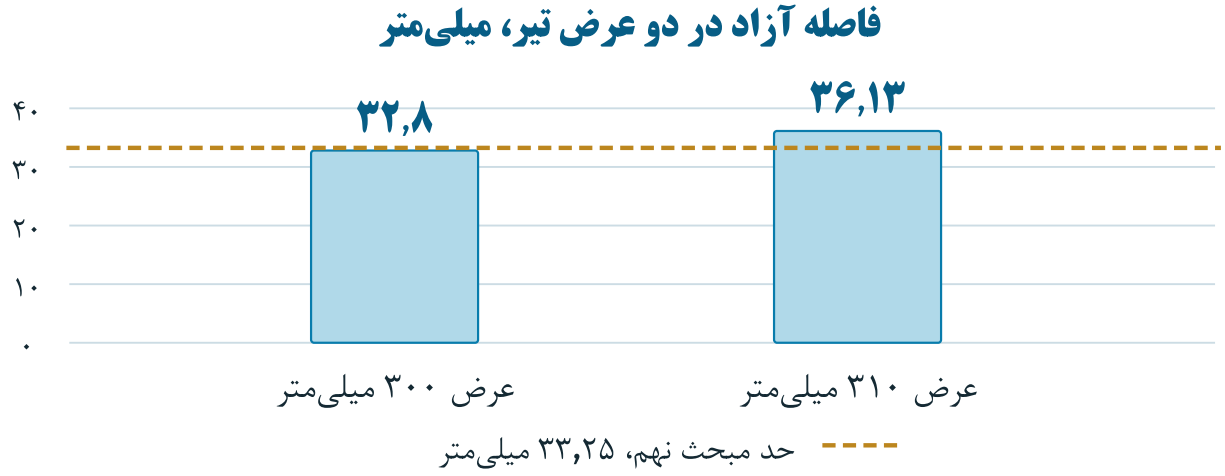
جدول ۲. تغییر یکی از ورودی‌ها و نتیجه

سناریو	فاصله محاسبه‌شده	حد ایران و آمریکا	نتیجه هندسی این کنترل
عرض ۳۰۰ و سنگ‌دانه ۲۵	۳۲٫۸	۳۳٫۲۵ و ۳۳٫۳۳۳...	هر دو رد
عرض ۳۱۰ و سنگ‌دانه ۲۵	۳۶٫۱۳	۳۳٫۲۵ و ۳۳٫۳۳۳...	هر دو قبول
عرض ۳۰۰ و سنگ‌دانه ۲۰	۳۲٫۸	۲۶٫۶۰ و ۲۶٫۶۶۷...	هر دو قبول

کنترل مستقل هندسه از جمع عرض‌ها به دست می‌آید. دو پوشش و دو شاخه خاموت ۱۰۰، میلگردها ۱۰۱٫۶ و سه فاصله ۹۸٫۴ میلی‌مترند. مجموع ۳۰۰ است. فاصله محوری ۵۸٫۲ میلی‌متر است. گزارش عدد ۵۸٫۲ به‌عنوان فاصله آزاد، تصمیم را اشتباه عوض می‌کند.

آیا می‌توان عرض یا سنگ‌دانه را در کارگاه تغییر داد؟

گزینه عرض ۳۱۰ میلی‌متر در محاسبه هندسی جا می‌شود، ولی تغییر عرض در نقشه می‌تواند به هماهنگی معماری، تغییر جزئیات، بازبینی مقاومت، پوشش و کنترل گره نیاز داشته باشد. اگر گزینه کاهش اندازه سنگ‌دانه مطرح است، مشخصات و طرح اختلاطِ تأییدشده باید با نظر مسئولان پروژه بررسی شود. از جدول عددی مستقیماً دستور تغییر صادر نمی‌شود.



شکل ۲. فاصله آزاد در دو عرض، بر حسب میلی‌متر. خط طلایی حد مبحث نهم برای سنگ‌دانه ۲۵ میلی‌متری است.

کادر پیشرفته

محل وصله، خم، کوپلر و تقاطع با آرماتورهای دیگر ممکن است فاصله خالص موضعی را از نتیجه یک برش نمونه کمتر کند. کنترل ابعاد در محل تداخل عملاً بخشی از کنترل اجرایی قالب و آرماتور است. فاصله مناسب روی یک برش، بررسی تراکم بتن و آرایش سه‌بعدی را کامل نمی‌کند.

چک‌لیست نقشه و تمرین با پاسخ

جدول ۳. بازبینی قبل از تأیید جزئیات

گام	نتیجه قابل ثبت
دامنه	عضو، سفره، نوع آرماتور و دستگاه واحد
هندسه	عرض، پوشش، قطر خاموت و قطر میلگرد
بتن	اندازه اسمی بزرگ‌ترین سنگ‌دانه از طرح اختلاط
قید حاکم	هر سه حد جدا نوشته شوند
تصمیم	کمترین فاصله واقعی و محل، اقدام اصلاحی مصوب

اگر قطر خاموت ۱۲ میلی‌متر باشد و بقیه ثابت بماند چه؟ عرض داخل خاموت ۱۹۶ و باقی‌مانده پس از میلگرد ۹۴٫۴ است. هر شکاف حدود ۳۱٫۴۷ میلی‌متر می‌شود و زیر هر دو حد پایه است.

اگر ردیف در نقشه با فاصله برابر است، ولی سه اندازه کارگاه ۳۰، ۳۳ و ۳۵ میلی‌متر باشند؟ برای کنترل اجرایی کمترین فاصله ۳۰ ملاک است. متوسط نمی‌تواند کمبود شکاف اول را رفع کند. محل و مقدار باید طبق مدارک پروژه ثبت و پیگیری شود.