



محمد رضا مولودی
کارشناس عمران

جزئیات صحیح اجرای میلگردهای انتظار ستون‌ها و دیوارها درون پی



سیمان پرتلند «PCA» ، علاوه بر ارائه‌ی مقررات لازم برای طراحی سازه‌های بتنی ، به جزئیات اجرایی سازه‌های بتنی نیز توجه کافی دارند . مدارک فنی و دستورالعمل‌هایی مانند

- ACI Detailing Manual
- Notes on ACI 318 (by : Portland Cement Association)
- PCI Design Handbook

از جمله مراجعی هستند که به تفصیل به جزئیات اجرای سازه‌های بتنی و اتصالات آن‌ها پرداخته‌اند .

در بین انواع اتصالات در سازه‌های بتنی ، چگونگی اجرای میلگردهای انتظار ستون درون شالوده در ایران (به صورت خاص در شهر شیراز) کاملاً با آنچه در ACI و مراجع یاد شده ارائه و توضیح داده‌اند ، متفاوت است .

همان‌طور که مجریان و ناظران سازه‌های بتنی می‌دانند و در عمل نیز مشاهده کرده‌اند ، پیمانکاران اجرای میلگردگذاری و حتی مهندسان طراح ، در نقشه‌های سازه ، خم میلگردهای طولی انتظار ستون‌ها درون پی را نسبت به مرکز ستون رو به بیرون ترسیم کرده و اجرا می‌کنند . به جز ستون‌های لبه و گوشه که آن‌هم به دلیل عدم امکان اجرا به طرف بیرون ، تعدادی از میلگردها که اساساً نمی‌توانند رو به بیرون شالوده بچرخند را ، رو به داخل هسته‌ی مرکزی ستون اجرا می‌کنند .

مقدمه

در طراحی سازه‌ها (چه فولادی و چه بتنی) ، به‌ویژه در مناطق زلزله‌خیز ، طرح اتصالات اگر از طرح خود مقاطع با اهمیت‌تر نباشد ، قطعاً کم‌اهمیت‌تر نخواهد بود .

بررسی کلی علل فروریزش بیش‌تر ساختمان‌های با اسکلت سازه‌ای (فولادی یا بتنی) نیز نشان می‌دهد که عمدتاً زوال و فروریزش در محل اتصالات رخ داده است .

در آیین‌نامه‌های داخلی مانند مبحث نهم مقررات ملی و آیین‌نامه‌ی بتن ایران ، اگرچه به اتصالات در سازه‌های بتنی در بندهای مختلفی اشاره شده است ، اما توضیحات این بندها عمدتاً جنبه‌ی طراحی داشته و جای خالی جزئیات صحیح اجرایی (Detailing) در این آیین‌نامه‌ها هم‌چنان خالی است .

به عنوان نمونه چگونگی خم کردن و اجرای میلگردهای انتظار ستون‌ها و دیوارها درون پی ، از آن دسته جزئیاتی است که با وجود اهمیتی که در رفتار اتصال پای ستون در زمان زلزله دارد ، دارای جزئیات مدون و ترسیم شده‌ای در مبحث نهم و آیین‌نامه‌ی بتن ایران نیست .

در ادامه به بررسی جزئیات ارائه شده در این مورد در آیین‌نامه‌ی ACI پرداخته می‌شود .

آیین‌نامه‌ی بتن آمریکا ACI

« آیین‌نامه‌ی بتن آمریکا » (ACI) و مؤسسات معتبر دیگر مانند « انجمن

را خاطر نشان می‌کند، و در قسمت تفسیر این بند (Commentary R) 18.13.2.2 بیان می‌دارد که نتایج آزمایش‌ها نشان دهنده‌ی آن است که در محل اتصالات اعضا به یکدیگر (در پی، دال یا تیر و ستون) مقاومت خمشی لازم در صورتی آشکار می‌شود که انتهای عضو متصل شونده رو به محور اصلی عضو خم شود.

این‌نامه‌ی 14-ACI318 در تصویر Fig. R18 2.2.9 تحت عنوان «نمونه‌های اتصال قوی» (Strong Connection Examples) چهار نوع اتصال تیر به تیر، تیر به ستون، ستون به شالوده را برای قاب‌های خمشی ویژه در کنار هم ارزیابی کرده و رفتار و عملکرد این اتصالات را یکسان توصیف می‌کند.

همان‌طور که در اتصالات تیر به تیر و تیر به ستون میلگردهای طولی عضو متصل شونده از مرکز اتصال می‌گذرند و رو به داخل محور طولی تیر خم می‌شوند، در اتصال ستون به شالوده هم میلگردهای طولی در «نزدیکی کف شالوده» (Near the bottom of Foundation) که متناظر با بعد از مرکز اتصال است، بایستی رو به داخل خم شوند. این حالت مانند این است که اگر اتصال تیر به ستون ۹۰ درجه چرخانیده شود، مانند اتصال ستون به شالوده خواهد بود.

هم‌چنین در Notes on ACI 318-05 که می‌توان به عنوان تفسیر این‌نامه‌ی (ACI) توسط PCA از آن یاد کرد، در فصل ۲۹ تحت عنوان «ضوابط ویژه برای طراحی لرزه‌ای» (Special Provisions for Seismic Design) در تصویر 25-29 برای برقراری اتصال صلب پای ستون، خم ۹۰ درجه قلاب انتهایی میلگرد انتظار پای ستون درون پی را به سمت داخل محور طولی ستون نشان داده و در توضیحات عکس نیز جهت این خم را توضیح داده است.

همه‌ی توضیحات و تصاویر یاد شده در بالا، در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران به بند 2-3-4-4-23-9 در فصل 9-23 (ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله) محدود شده است. در این بند چنین بیان می‌شود:

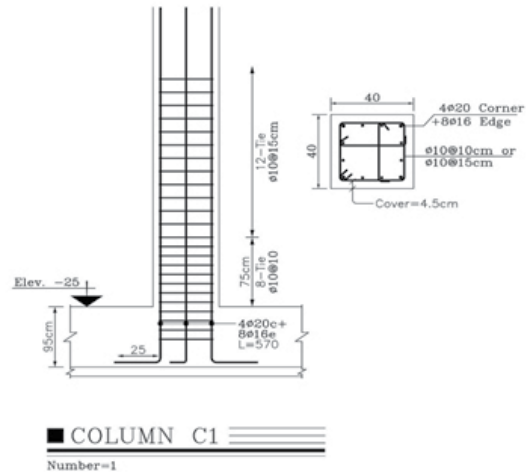
«قلاب‌ها باید در هسته‌ی محصور شده‌ی ستون‌ها و یا در اجزای لبه‌ی دیوارها مهار شوند». بهتر این بود که اتصال پای ستون به شالوده با تفصیل بیش‌تر و ترسیم جزئیات لازم شبیه آن‌چه در ACI و PCA Notes on ACI 318 نشان داده شده، در مبحث نهم نیز آورده شود.

ACI 318-08

7.9 — Connections

7.9.1 — At connections of principal framing elements (such as beams and columns), enclosure shall be provided for splices of continuing reinforcement and for anchorage of reinforcement terminating in such connections.

18.13.2.2 Columns designed assuming fixed-end conditions at the foundation shall comply with 18.13.2.1 and, if hooks are required, longitudinal reinforcement resisting flexure shall have 90-degree hooks near the bottom of the foundation with the free end of the bars oriented toward the center of the column.



شکل ۱ جزئیات نامناسب میلگردگذاری اتصال ستون به پی

در هیچ آیین‌نامه و دستورالعملی بر اجرای خم ۹۰ درجه میلگردهای انتظار ستون رو به بیرون از هسته‌ی مرکزی ستون اشاره‌ای نشده است. این‌که چرا در عمل و یا روی نقشه‌ها به صورت ارائه شده در شکل ۱ ترسیم و اجرا می‌شود، شاید صرفاً تکرار از روی نقشه‌های قبل (بدون دانستن دلیل آن) و البته گفتن این جمله‌ی معروف که «ما در همه‌ی پروژه‌ها به همین شکل انجام داده‌ایم» است.

در صورتی‌که از سالیان دور همواره در تمام ویرایش‌های ACI تأکید بر اجرای خم میلگردهای طولی رو به داخل هسته‌ی ستون وجود داشته است.

دلایل این امر در بندهای 1.9.7 و 9.R7 (ACI318) بیان شده است. در این بندها به اهمیت «محصور شدگی» (Confinement) به منظور اطمینان از رسیدن به مقاومت خمشی نهایی اعضای اصلی قاب (یعنی تیرها و ستون‌ها) اشاره می‌شود.

برای دست‌یابی به این هدف یعنی محصورشدگی، ACI در فصل ۱۸ (در ویرایش‌های قبل از ۲۰۱۴ فصل ۲۱) که مربوط به ضوابط سازه‌های مقاوم در برابر زلزله است (Earthquake Resistant Structures)، در بند 18.13.2.2 لزوم خم ۹۰ درجه میلگردهای انتظار ستون‌های با اتصال صلب به شالوده در نزدیکی کف شالوده و رو به داخل مرکز ستون

[۱]

R7.9 — Connections

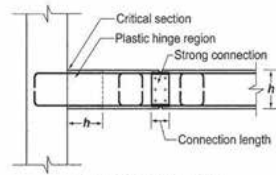
Confinement is essential at connections to ensure that the flexural strength of the members can be developed without deterioration of the joint under repeated loadings. 7.13.7.14

[۲]

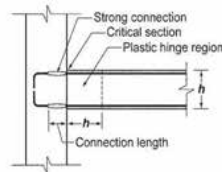
R18.13.2.2 Tests (Nilsson and Losberg 1976) have demonstrated that flexural members terminating in a footing, slab, or beam (a T-joint) should have their hooks turned inward toward the axis of the member for the joint to be able to resist the flexure in the member forming the stem of the T.

CODE

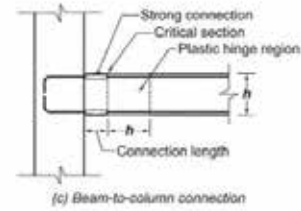
COMMENTARY



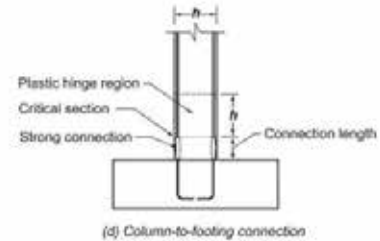
(a) Beam-to-beam connection



(b) Beam-to-column connection



(c) Beam-to-column connection



(d) Column-to-footing connection

Fig. R18.9.2.2—Strong connection examples.

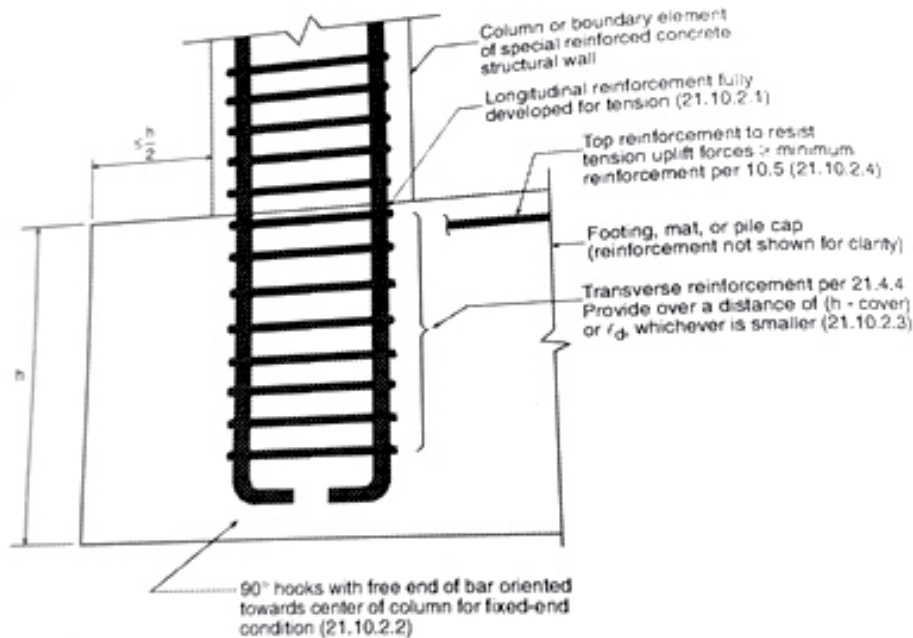


Figure 29-25 Reinforcement Details for Footings, Mats, and Pile Caps per 21.10.2

مراجع

[1]

7.13 *Seismic Resistance of Reinforced Concrete Beam-Column Joints* ASCE V-93 Oct 1967 p533-5607.14 *Recommendations for Design of Beam-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures*

(ACI 352R-02) [2]

21.59 *Reinforced concrete corner and Joints subjected to bending Moment* ASCE V-102 Jun 1976 p1229-1254

نتیجه گیری

با توجه به این که در مراجع معتبر بین‌المللی جزئیات مناسب چگونگی اتصال پای ستون و دیوار به شالوده و همچنین برای اتصال تیر به ستون در سازه‌های بتنی ارائه شده و علت آن نیز بیان شده است، لازم است طراحان و ترسیم‌کنندگان نقشه‌های سازه‌های بتنی و نیز مجریان و ناظران این نوع سازه‌ها در عمل به این امر توجه کافی داشته و روش مرسوم اجرای آن را مطابق با ضوابط فنی اشاره شده تغییر دهند.

