بسمه تعالی

نکات اجرایی سازه های فولادی (۱)

و

نکات اجرایی سازه های بتن مسلح (۱)

کد دوره ۳-۸۱۱

مدرس: روح اله اسفندیار

نصب صفحه ستون (کف ستون) طبق بند ۹-۱۰ راهنمای جوش و اتصالات جوشی

در انجام عملیات نصب اسکلت، دو روش عمومی برای نصب کف ستون بر روی فونداسیون وجود دارد.

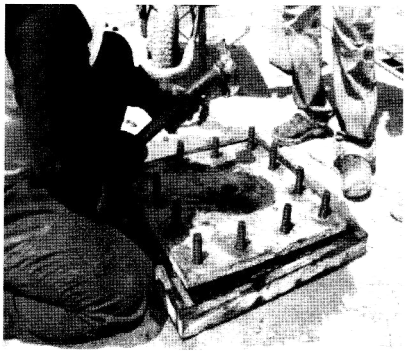
الف- روش صنعتی :

در این روش کف ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه می‌شود. برای نصب ابتدا روی فونداسیون پد گذاری (Padding) می‌شود. پدها ورق‌های ۴x ۱۰۰x۱۰۰ میلیمتر می‌باشند که یک شاخک نبشی به سطح تحتانی آن جوش شده است. پدها به کمک ملات کاملاً در موقعیت مورد نظر، مستقر و تراز می‌شوند. بعد از گرفتن ملات زیر پد ستون به همراه کف ستون روی آنها مستقر شده و با سیم گذاری، ستون کاملا به صورت شاقولی درمی‌آید و مهره‌های میله مهار سفت می‌شود. در مرحله آخر دور ورق کف ستون قالب بندی شده و فضاهای خالی زیر کف ستون، به کمک ملات خیلی روان ضد انقباض پر می‌شود (به این عمل گروت ریزی می‌گویند).

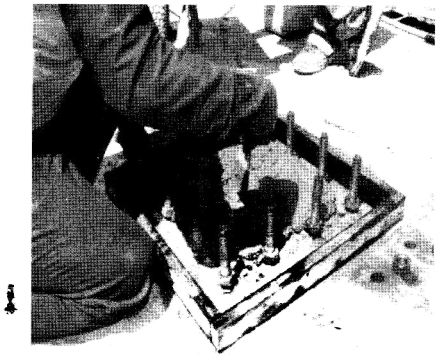
اجرای کف ستون به روش صنعتی بر روی پدستال

ب- روش سنتی :

در این روش که در ساختمان سازی متعارف در ایران معمول است، ورق کف ستون به صورت جدا از ستون بر روی فونداسیون مستقر می‌گردد و حد فاصل ورق کف ستون و فونداسیون به کمک ملات منبسط شونده (گروت) پر می‌شود (بعد از بتن ریزی فونداسیون و سخت شدن بتن) روش کار بدین ترتیب است. پس از تمیز کردن سطح فونداسیون و مرطوب کردن آن، ملات پر سیمان با ضخامت لازم روی فونداسیون پخش شده و ورق کف ستون روی آن قرار گرفته و به کمک تراز و دوربین، در وضعیت نهایی خود قرار گرفته و مهره‌های میل مهار سفت می‌شود. بعد از گرفتن ملات، کف ستون آماده نصب ستون بر روی آن می‌باشد. تعبیه سوراخ در وسط صفحه باعث می‌شود که هوای محبوس از زیر صفحه خارج شود و اتصال مناسبی بین بتن و صفحه ستون برقرار گردد. شکل (۷-۶۴ و ۷-۶۵)



شکل (۷-۶۴) جا گذاری صفحه ستون پس از ریختن ملات پر کننده



شکل (۷-۶۵) ریختن ملات پر کننده بر روی سطح بتن نمناک

آماده سازی جهت اجرای ماهیچه زیر کف ستون

اجرای ماهیچه بتنی زیر کف ستون

ريختن گروت ازيك سمت

ويبره كردن با يك قطعه زنجير

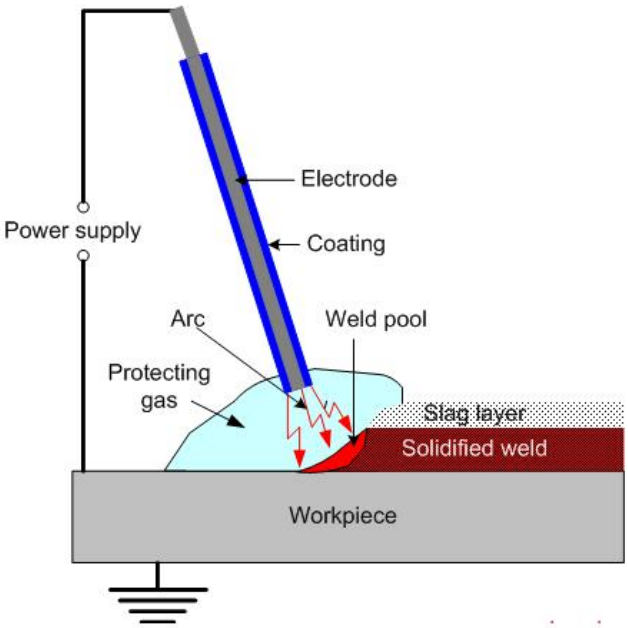
انواع الکترود به شرح زیر می‌باشد:

نمونه‌ای ازالکترودهای روکش دار باطول محدود

نمونه‌ای ازالکترود مداوم و بدون روکش

جوشکاری دستی با الکترود روکشدار Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

- در تمام حالت تخت، افقی، سر بالا، سقفی اجرا می‌شود.



ب – فرآیندهای جوشکاری اتوماتیک با الکترود مداوم و بدون روکش (خودکار و نیمه خودکار):

۱ – جوش زیر پودری (SAW WeldingSubmerged Arc):

اغلب به صورت تخت برای جوشکاری کارخانه‌ای در حالت خودکار و یا نیمه خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عامل مشخصه این روش جوشکاری، پودر می باشد که اجازه می دهد عمل جوشکاری:

۱. بدون پاشیدگی
۲. بدون جرقه زدن
۳. بدون ایجاد دود باشد.

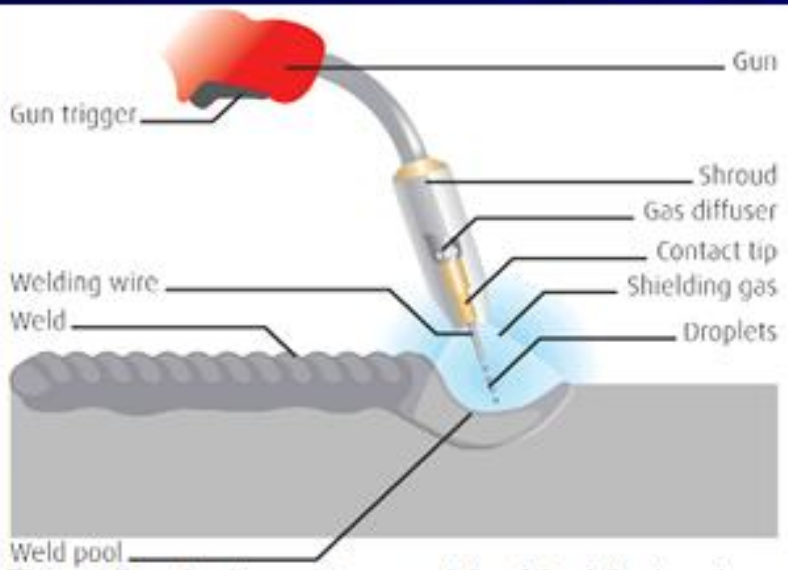
وسایل مورد نیاز:

۱. مولد
۲. مخزن پودر
۳. نازل پودر
۴. انبر
۵. سیستم نگهداری و هدایت الکترود لخت
۶. ربوت هدایت انبر و ریل‌های مربوطه
۷. عینک صنعتی (عدم نیاز به ماسک برای اپراتور)

وجود پودر دانه‌ای که معمولا به طور خودکار روی خط جوش و در پیشاپش الکترود در حال حرکت می‌باشد باعث می‌شود که:

۱. حوضچه مذاب را در مقابل گازهای هوا محافظت نماید.
۲. به تمیزی فلز جوش کمک کند.
۳. خواص شیمیایی فلز جوش را نیز بهبود بخشد.

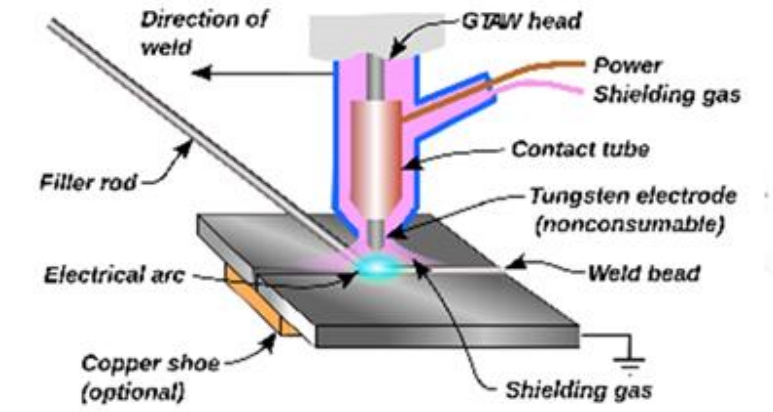
جوش میگ

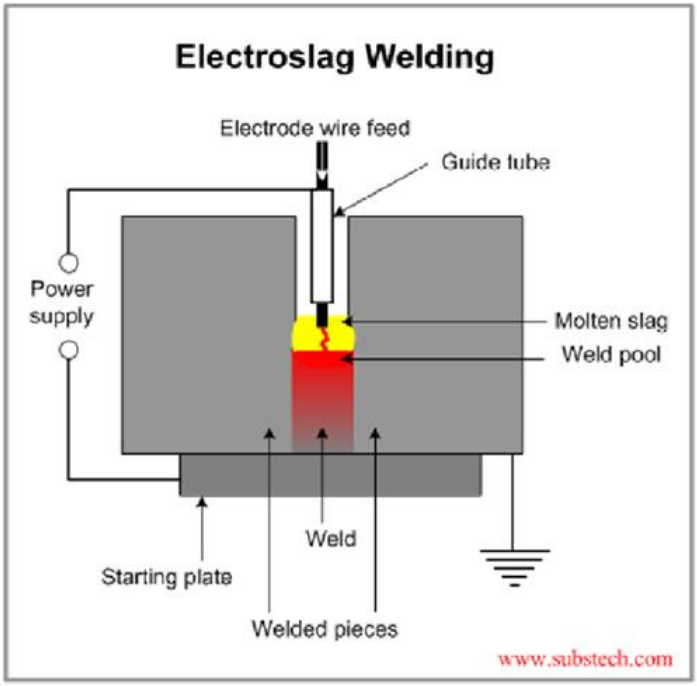


The welding circuit consists essentially of the following elements:

۲- جوش تحت حفاظت گاز با الکترود فلزی MIG

جوش تیگ


Direction of weld
GTAW head
Power
Shielding gas
Contact tube
Filler rod
Tungsten electrode (nonconsumable)
Electrical arc
Weld bead
Copper shoe (optional)
Shielding gas


Electroslag Welding
Electrode wire feed
Guide tube
Power supply
Molten slag
Weld pool
Weld
Starting plate
Welded pieces
www.substech.com

وظایف روکش یاگازمحافظ:

۱. ایجاد گاز محافظ و جلوگیری از اکسیداسیون فلز مذاب حوضچه
۲. تثبیت، پایداری و افزایش کیفیت قوس الکتریکی
۳. افزایش کیفیت نوار جوش و جلوگیری از پاشش
۴. جلوگیری از سرد شدن سریع جوش
۵. ظاهر بهتر نوار جوش
۶. باعث نفوذ بهتر و ذوب کامل تر فلز مبنا
۷. افزایش سرعت جوشکاری

شکل (۷-۱۳) نمونه‌ای از الکترود با شماره طبقه بندی شده

طبقه بندی و شماره گذاری الکترودها طبق AWS(طبق بند ۳-۱۱ راهنمای جوش)

الکترودها بر حسب خواص مکانیکی مفتول فولادی، نوع پوشش و وضعیت جوشکاری طبقه بندی و برای شناسایی شماره گذاری می شوند، سیستم شماره‌گذاری بر اساس AWS، یک عدد چهار رقمی یا پنج رقمی می‌باشد که به دنبال حرف E قرار می‌گیرد. حرف E مخفف کلمه الکترود می‌باشد. شکل (۷-۱۳)

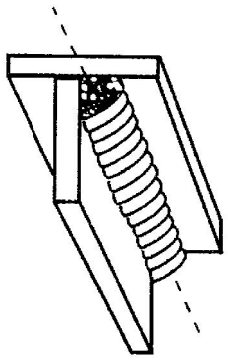
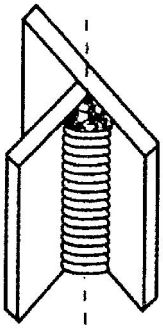
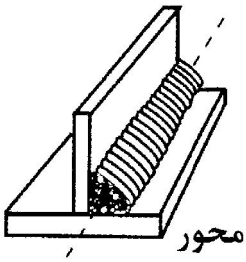
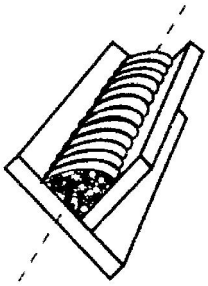
۱- دو رقم از چهار رقم یا سه رقم از پنج رقم اول معرف حداقل مقاومت کششی فلز الکترود بر حسب کیلو پوند بر اینچ مربع (اگر در ۷۰ ضرب شود،کیلوگرم بر سانتی متر مربع بدست می آید) می‌باشد.

۲- رقم سوم از چهار رقم موقعیت جوشکاری را بشرح زیرتوصیف می‌کند.

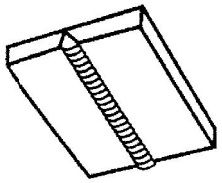
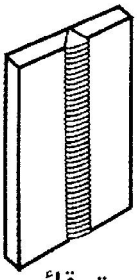
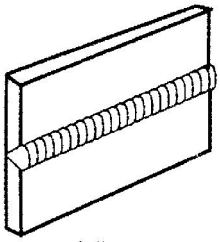
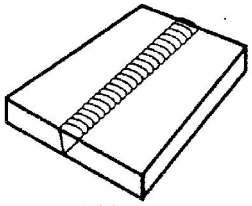
- عدد ۱ تمام وضعیت ها
- عدد ۲ وضعیت‌های تخت و افقی
- عدد ۳ وضعیت تخت

۳- آخرین رقم(طبق جدول ۷-۱) نوع جریان و نوع روکش الکترود و قطبیت را تعیین می‌نماید.

جوش های گوشه

سقفی (4F)	قائم (3F)	افقی (2F)	تخت یا کفی (1F)
			
محور نوار جوش	محور نوار جوش	محور نوار جوش	محور نوار جوش

جوش های شیاری

سقفی (4G)	قائم (3G)	افقی (2G)	تخت یا کفی (1G)
			
ورق افقی جوش افقی	ورق قائم جوش قائم	ورق قائم جوش افقی	ورق افقی جوش افقی

شکل (۱۱-۹) موضعیت های جوشکاری

جدول ۷- ۱ مفهوم رقم آخر

نوع پوشش	نوع قوس	جریان	رقم آخر
آلی	قوس نفوذی	فقط DCRP	۰
آلی	قوس نفوذی	A.C یا DCRP	۱
روتیلی(اکسید تیتان)	قوس متوسط	A.C یا DCRP	۲
روتیلی	قوس نرم	A.C یا D.C	۳
روتیلی با پودر آهن (حدود ٪ ۳۰)	قوس نرم	A.C یا D.C	۴
کم هیدروژن	-	فقط DCRP	۵
کم هیدروژن	قوس متوسط	A.C یا DCRP	۶
پودر آهن	-		۷
کم هیدروژن –قوس آهن	-	A.C یا DCRP	۸

جدول ۱۰-۲-۹-۴ الکترودهای سازگار با فلز پایه

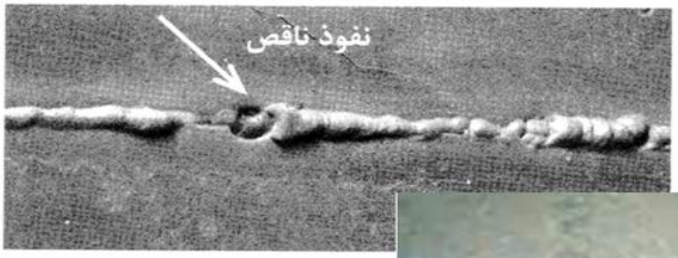
تنش تسلیم مصالح فلز پایه (F_y)	مقاومت نهایی کششی فلز الکترود (F_{ue})	نوع الکترود سازگار
تا ۳۰۰ MPa ,$t \leq ۱۵mm$	۴۲۰ MPa	E۶۰ یا معادل آن
	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
تا ۳۰۰ MPa ,$t > ۱۵mm$	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa	۵۶۰ MPa	E۸۰ یا معادل آن

t = ضخامت فلز پایه

معایب اصلی جوش (طبق بند ۸-۷ راهنمای جوش و اتصالات جوشی)

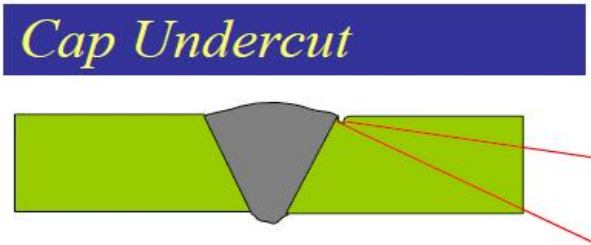
۱ - نفوذ ناقص (incomplete penetration)

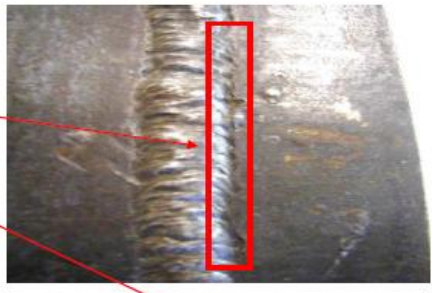
- ضخامت پیشانی ریشه بیش از نیاز دهانه ریشه است.
- دهانه ریشه خیلی کوچک است.
- زاویه پخی شیار V شکل خیلی کوچک است.
- اندازه الکترود خیلی بزرگ است.
- سرعت حرکت الکترود خیلی زیاد است
- شدت جریان جوشکاری خیلی پایین است.



نمونه‌ای از نفوذ ناقص

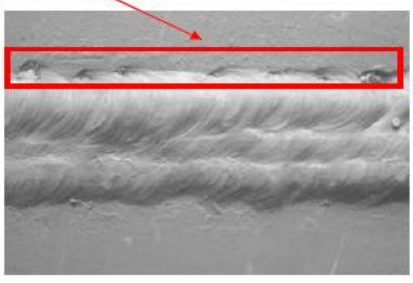
بریدگی لبه





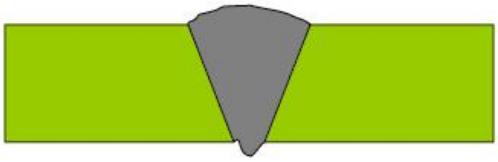
Causes

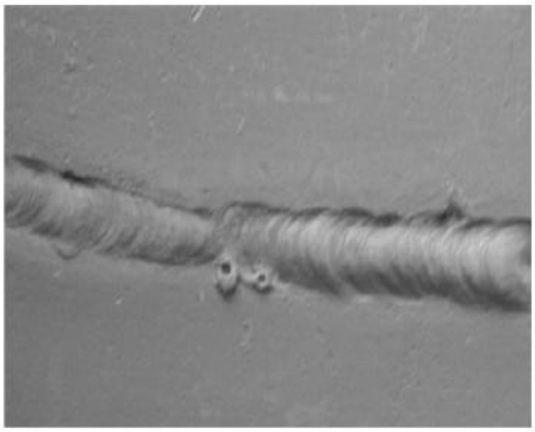
- **Excessive welding current**
- **Welding speed too high**
- **Incorrect electrode angle**
- **Excessive weave**
- **Electrode too large**



بریدگی فلز پایه در ریشه

Root undercut



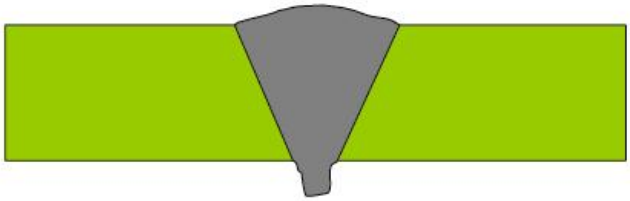


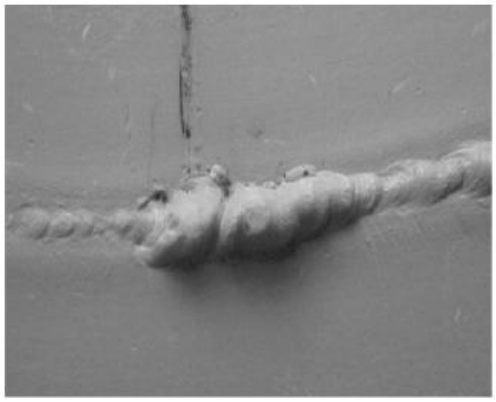
Causes

- **Root gap too large**
- **Excessive arc energy**
- **Small or no root face**

نفوذ بیش از حد ریشه

Excess Root Penetration





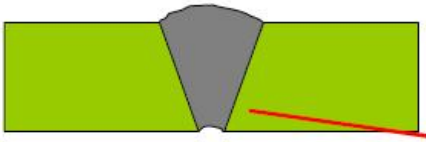
Causes

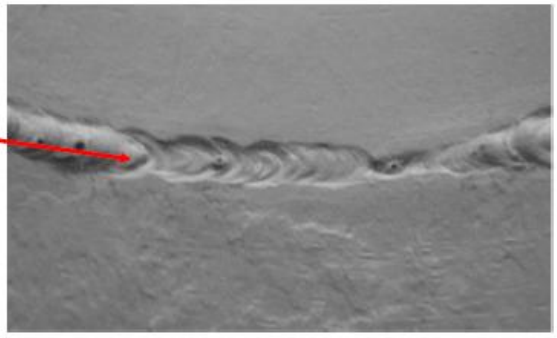
- **Excessive amperage during welding of root**
- **Excessive root gap (poor fit up)**
- **Excessive root grinding**
- **Improper welding technique**

تعقر ریشه

Welding Defects

Root concavity





Causes

- **Root gap too large**
- **Insufficient arc energy**

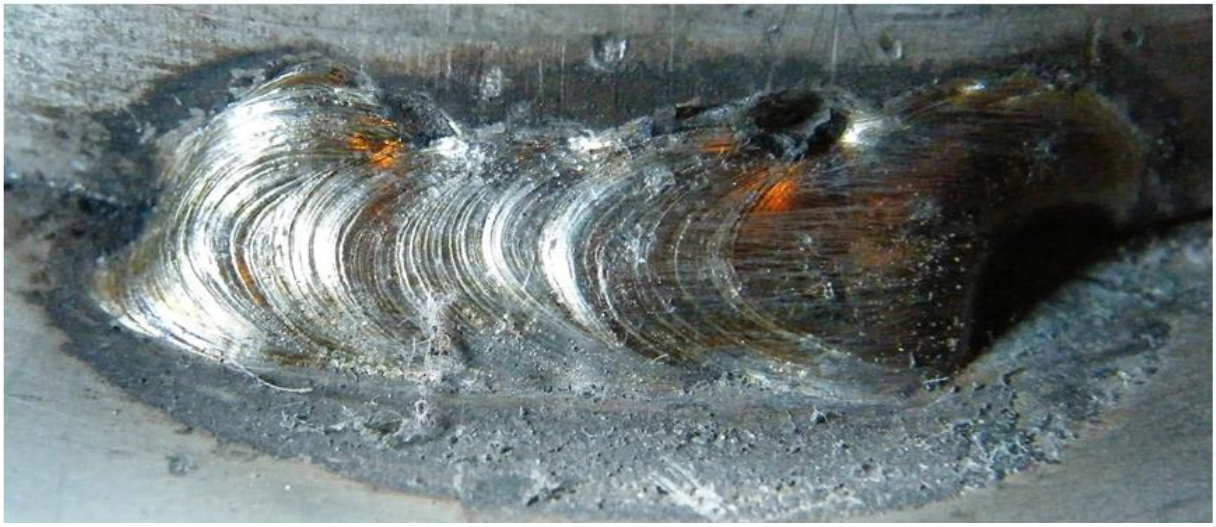
۳- حبس سرباره یا گل جوشکاری (slag inclusion)

حبس سرباره، حفره‌های طولی و یا کروی هستند که با اکسیدهای فلزی و یا دیگر ترکیبات جامد پر شده اند. پر شدن حفرات با این ناخالصی‌ها موجب ایجاد تخلخل در جوش خواهد شد.

در جوشکاری‌های چند پاسه، عدم دقت کافی در پاک کردن سرباره حاصل از جوشکاری لایه قبل، موجب شکل‌گیری حبس سرباره خواهد شد.

نکته :

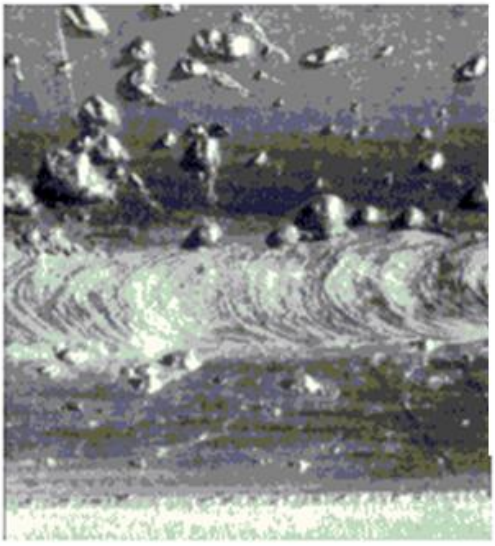
- حبس سرباره در فلز جوش خصوصیات مقاومتی فلز جوش را کاهش می‌دهد.
- نوع دیگر حبس سرباره ریختن پوسته شکسته الکترود به داخل حوضچه مذاب می‌باشد.



۴- تخلخل (porosity)

از بروز تخلخل با توجه به موارد زیر می‌توان به خوبی جلوگیری کرد:

- خشک کردن الکترود در خشک کن قبل از مصرف
- استفاده از شدت جریان زیاد در جوشکاری
- استفاده از قوس بلند.



۵ – پاشیدگی یا ترشح (Spatter)

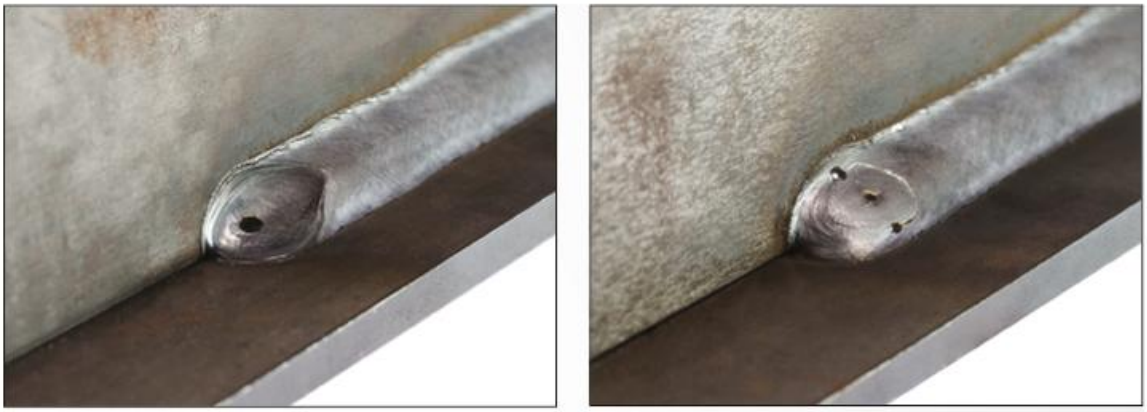
قطرات مذاب که که از منطقه قوس به اطراف پراکنـده مـی‌شـوند

دلایل پاشیدگی در شرایط زیر اتفاق می‌افتد

- آمپر زیاد
- طول قوس بلند
- استفاده از الکترود مرطوب

۶- چاله جوش (Filled Crater)

حوضچه‌هایی است که در انتهای جوش اتفاق می‌افتد و همراه با ترک می‌باشد که این ترک‌ها به سه شکل طول
عرضی و ستاره‌ای دیده می‌شوند.



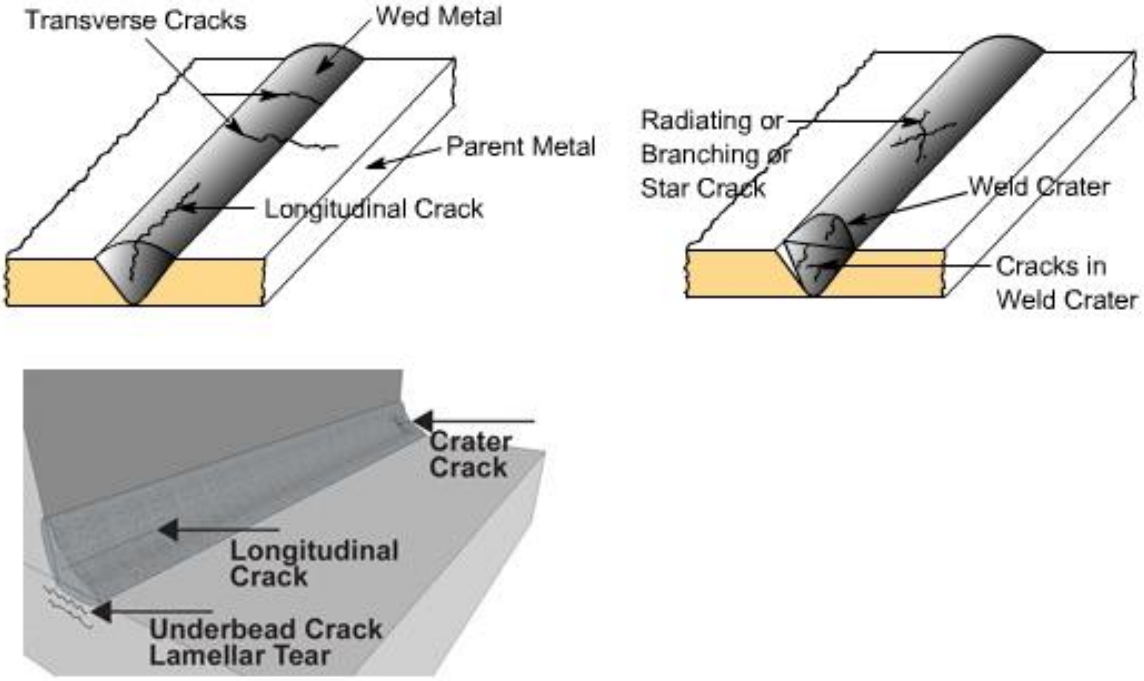
نمونه‌ای از چاله جوش

چاله دو انتهای جوش از دو نقطه نظر زیر ممکن است بحث برانگیز باشد:

۱- ضخامت گلوی جوش کمتر از سایر قسمت‌های نوار جوش است.

۲- با توجه به اینکه سطوح مقعری دارند، امکان وقوع ترک ستاره ای در آنها در هنگام سرد شدن وجود دارد.

انواع ترک ها در جوش



روشهای آزمایشی که کیفیت یک جوش را تعیین می‌کند، در سه طبقه بندی بسیار وسیع قرار می‌گیرد.

۱ - بازرسی عینی (شکل ۷-۳۱)

۲ -آزمایش های غیر مخرب

۳- آزمایشهای مخرب (آزمایش مکانیکی)

شرایط پذیرش بازرسی عینی:

۱- عدم وجود هرگونه ترک

۲- امتزاج بین جوش و فلز پایه و لایه‌های جوش

۳- پرشدن چاله‌های انتهایی

۴- کنترل ابعادی مقطع جوش

محدودیت ها:

- عیوب زیر سطحی قابل شناسایی نمی‌باشند.
- بکار گیری آن به تجربه شخص بستگی دارد.
- در صورت غفلت بازرس دارای خطا زیادی است.

طبق بند ۸-۳ راهنمای جوش و اتصالات جوشی

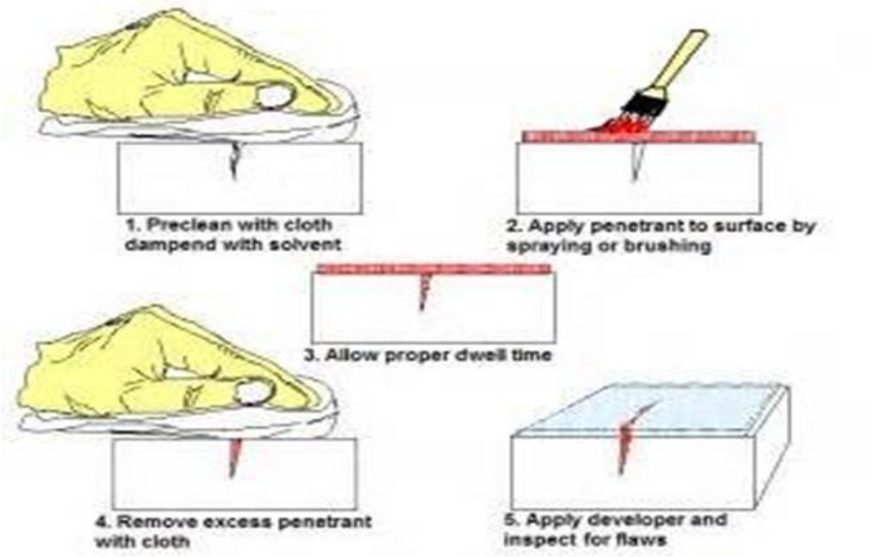
ب- آزمایشهای غیر مخرب (Non Destructive Test)

هدف از این آزمایشها، بازرسی و تشخیص عیوب مختلف جوش (سطحی وعمیق) و تایید آن می‌باشد، بدون اینکه قطعه جوش داده شده غیر قابل استفاده شود. اگر آزمایش نشان دهد که محلی از جوش معیوب است می‌توان از طرفین محل مذکور به اندازه لازم برداشته و با جوش مجدد اتصال کاملی را به دست آورد.

۱-آزمایش با مواد نافذ (Test Liquid Penetration)

سطح مورد بازرسی باید ابتدا از لکه های روغن، گریس و مواد ناخالص و خارجی توسط ماده آماده ساز (پرایمر) تمیز شود. سپس ماده نافذ قرمز رنگی بر روی سطح پاشیده می‌شود که در داخل ترکها و سایر ناهمواریهای نفوذ می‌کند. رنگ اضافی از روی سطح پاک شده و سپس یک ماده فوق العاده فرار حاوی ذرات ریز سفید رنگ بر روی سطح پاشیده می‌شود این ماده به نام ماده ظهور (ظاهر کننده) خوانده می‌شود. بر
اثر عمل مویینگی، ماده قرمز از ترک بیرون کشیده شده و پودر سفید کاملا قرمز می‌شود. به همین جهت ترک مورد نظر به وضوح با این روش قابل شناسایی است.

(Test Liquid Penetration)



مزایای آزمایش(PT):

- عیوب سطحی شناسایی می‌شود.
- بازرسی قطعات به شکل و اندازه بستگی ندارد.
- ساده و ارزان است.
- شکل و اندازه تقریبی عیب مشخص است.

محدودیت ها:

- عیوب زیر سطحی را نشان نمی‌دهد.
- برای قطعاتی که دارای سطوح زبر و خشن هستند، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.
- مواد مصرفی سمی است.

۲– آزمایش ذرات مغناطیسی (Test Magnetic particle)

آزمون ذرات مغناطیسی یکی از آسانترین آزمایشهای غیر مخرب جوشکاری است این آزمایش محل ترکهای داخلی و سطحی بسیار ریز را برای رویت با چشم غیر مسلح آشکار می‌کند.

نمونه‌ای از آزمایش ذرات مغناطیس با پوشش اکسید آهن قرمز رنگ

قطعه مورد آزمایش با استفاده از جریان الکتریکی جهت ایجاد میدان مغناطیسی در داخل مصالح، (قراردادن آن در داخل یک سیم پیچ) مغناطیسی می‌گردد. سطح مغناطیسی شده قطعه با لایه نازکی از یک گرد مغناطیسی نظیر اکسید آهن قرمز پوشیده می‌شود. این لایه گرد در صورت عدم وجود عیب در جوش یا فلز پایه می‌تواند از روی سطح برداشته شود. ولی در صورت وجود یک عیب سطحی یا داخلی، گرد مورد نظر در داخل حفره یا ترک مربوطه فرو می‌رود. (یا می‌چسبد).

مزایای (MT) :

- ترکهای داخلی و سطحی بسیار ریز را می‌توان تشخیص داد.
- ناپیوستگی‌های سطحی و زیر سطحی را می‌توان تشخیص داد.
- حساسیت بازرسی بالاست.
- با این روش می توان تقریباً پهنای عیب را حدس زد.
- این آزمایش درحین تولید، کار و درانتهای کار قطعه قابل انجام می‌باشد

محدودیت‌ها :

- جهت جریان باید عمود بر ترک باشد.
- معمولا دو یا چند مرتبه باید انجام شود.
- امکان تشخیص معایب جوش در عمق‌های بیش از ۲۰ میلیمتر وجود ندارد.
- برای تشخیص ترک‌های افقی و عمودی می‌بایست میدان مغناطیس در دو جهت عمود بر هم ایجاد نمود.

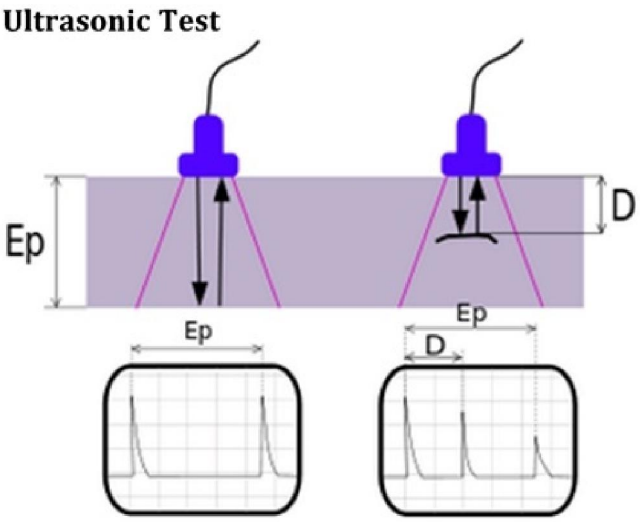
۳ - آزمون فراصوتی (Ultrasonic Test)

آزمون فراصوتی یکی از آزمایش‌های نسبتا پیشرفته در رده آزمایش‌های غیر مخرب می‌باشد. این روش سریع بوده و قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه جوش شده می‌باشد. آزمایش فراصوتی با انتشار امواج از یک فرستنده (بلور کوارتز جریان متناوب)، که مشابه یک موج صوتی ولی با فرکانس بالاتری است انجام می‌شود، موج های فراصوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می‌شوند و با هرگونه تغییر در تراکم داخلی قطعه منعکس می‌شوند. امواج منعکس شده (پژواک ها) توسط گیرنده جذب شده و پس از تقویت، روی صفحه نمایش‌گر (اسیلوسکوپ) به صورت منحنی‌های ضربانی (و یا به صورت برجستگی هایی نسبت به خط مبنا)، بر روی صفحه نمایش دستگاه ظاهر می‌شوند. هنگامی که واحد جستجوگر (پروب) به مصالح مورد نظر چسبیده می‌شود (حد فاصل سطح پروب و سطح جسم باید یک ماده روغنی به نام کوپلنت مالیده شود). دو نوع پژواک برروی صفحه نمایش ظاهر می‌شود. ضربان اول، انعکاس صدا از سطح رویی جسم که در تماس با دستگاه می‌باشد و ضربان دوم مربوط به انعکاس موج از سطح مقابل است هنگامی که عیب یا ترک داخلی توسط جستجوگر پیدا شود تولید ضربان سومی می‌کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می‌شود. بنابراین مشخص می‌شود که این عیب بین سطوح بالا و بایین مصالح (در داخل جسم مصالح) می‌باشد. شکل (۷-۳۵)

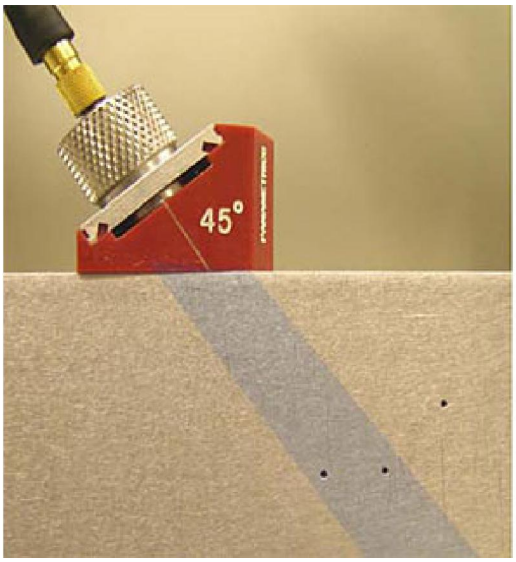
نکته :

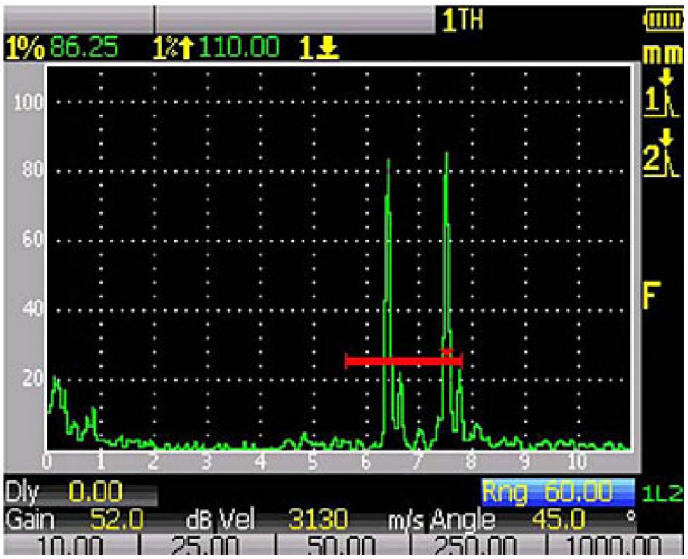
فاصله میان ضربان‌ها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان سختی (تراکم) عیب مزبور را مشخص می‌کند.

آزمایش فراصوتی (التراسونیک) UT



آزمایش فراصوتی (التراسونیک) UT





مزایا(UT):

- این روش متداول ترین آزمون است.
- مکان دقیق عیب را نمایش میدهد.
- کلیه عیوب را نشان می‌دهد (سطحی و زیر سطحی).
- نفوذ ناقص و ذوب ناقص را به راحتی بر روی مانیتور نمایش می‌دهد.
- قابلیت اتصال به کامپیوتر و پرینتر را دارد.

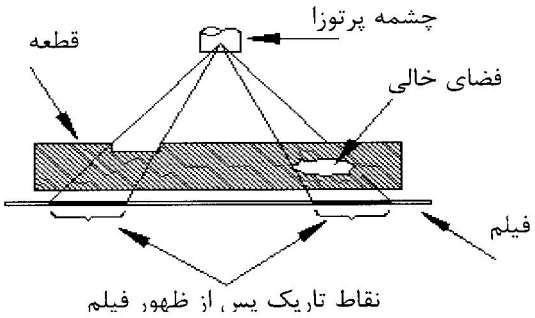
- درکلیه مناطق قابل استفاده است.
- بلافاصله نتایج آزمون مشخص می‌گردد.
- آلودگی زیست محیطی ندارد.
- برای انسان خطر آفرین نیست.

محدودیت‌ها:

- نسبت به آزمایش PT وMT بسیار گران است.

۴ – آزمایش پرتونگاری(Radiography Test)

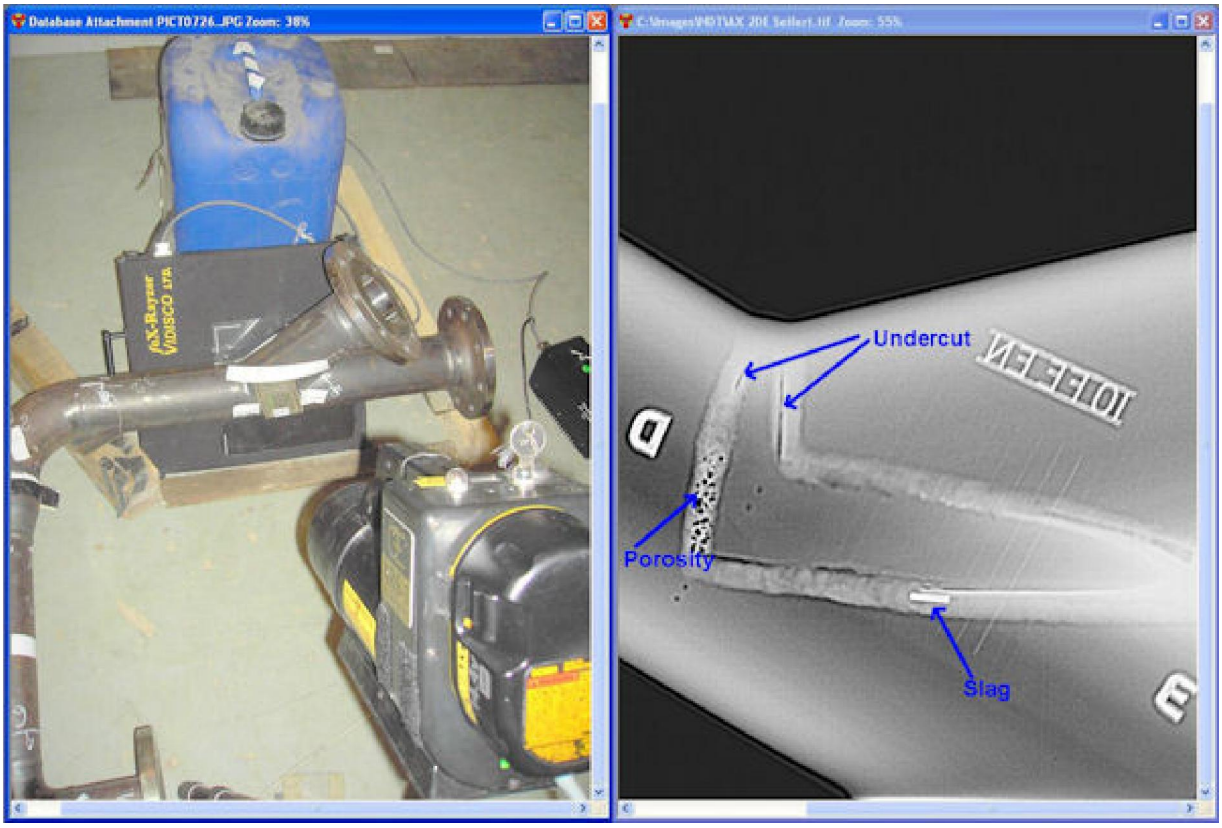
پرتونگاری یکی از روشهای آزمایش غیر مخرب است که نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز (میکروسکوپی) جوش را نشان میدهد. در این آزمایش از دو پرتو ایکس و گاما استفاده می‌گردد. پرتو رادیویی در ضخامت فلز نفوذ کرده و پس از عبور این ضخامت لکه‌ای بر روی صفحه فیلم ایجاد می‌کند. میزان جذب پرتوهای رادیویی توسط مواد مختلف متفاوت است. حبس سرباره، حفره گازی، ترکها، بریدگی‌های کناره جوش و قسمتهای نفوذ ناقص جوش تراکم کمتری نسبت به فولاد سالم دارند. بنابراین در حوالی این قسمتها پرتو بیشتری به سطح فیلم می‌رسد و عیوب فلز جوش، به صورت لکه های تاریکی بر روی فیلم ثبت می‌شوند. شکل (۷-۳۶)



نکته :

فیلم به دست آمده از پرتو نگاری با اشعه ایکس را ایکس نگار و فیلم حاصله از اشعه گاما را گاما نگاری نامند.

آزمایش پرتو نگاری RT



مزایا (RT):

- این روش میتواند وجود, اندازه و مکان عیب را مشخص کند.
- مواد فلزی آهنی و غیر آهنی و مواد غیر فلزی را می‌توان رادیو گرافی نمود.
- مدارک قابل استناد دارد.
- عیوب با هر اندازهای را نمایش می‌دهد.
- به آماده سازی اولیه زیادی نیاز ندارد.

محدودیت‌ها:

- بسیار گران است.
- برای موجودات ضرر دارد.
- نیاز به تاریکخانه دارد و نیز نتیجه آزمایش مدتی طول می‌کشد (عکسبرداری , ظهور , ثبوت , تفسیر).
- نیاز به تخصص دارد.
- احتمال سوختن و خراب شدن فیلم وجود دارد.

- هزینه مواد اولیه بالاست.
- خطرات فراوانی برای سلامتی افراد دارد.

جدول ۱۰-۴-۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش
۱ ـ صد درصد کلیهٔ جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)
۲ ـ صد درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، ۱/۶ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی*و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به‌ستون در اتصال صلب تیر به‌ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۳ ـ ده درصد جوش‌های لب به لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۴ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۵ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی‌باشد و جوش‌های لب به لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۶ ـ ده درصد جوش گوشه بال به‌جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT)
۷ ـ صد درصد جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندی‌ها و اتصالات تیر به‌ستون*	رنگ نافذ

درصورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می‌تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید.

انواع اتصالات تیر به ستون در سازه های فولادی

1- اتصالات ساده

2- اتصالات نیمه صلب

3- اتصالات صلب

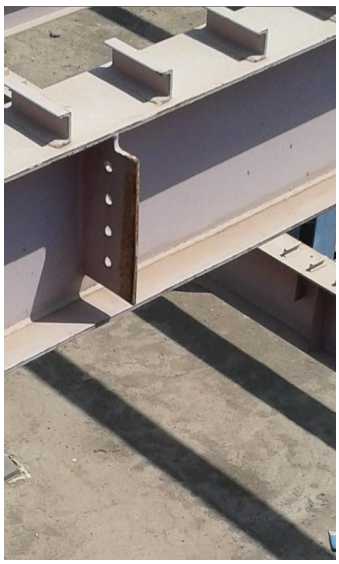
اتصال ساده با نبشی جان

موارد کاربرد

1- اتصال یک تیر به ستون

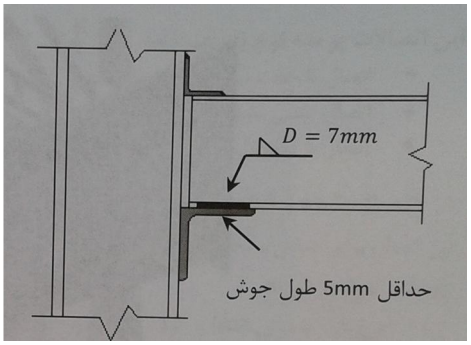
2- اتصال یک تیر به تیر دیگر

اتصال ساده با بشی جان



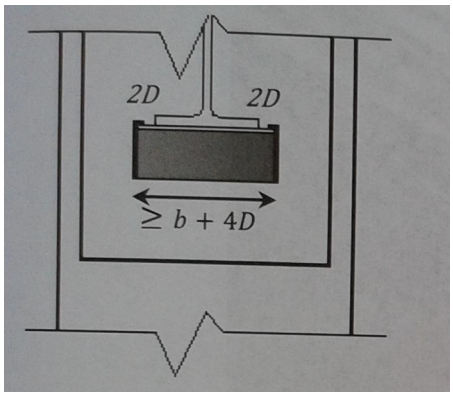
اتصال با نبشی نشیمن

- طبق بند 10-2-9-2-2-ب : جهت تثبیت تیر بر روی نبشی، بال تحتانی تیر در دو طرف، در طول 5 سانتیمتر با بعد جوش حدود 7 میلیمتر به بال افقی نبشی پایینی جوش شود.



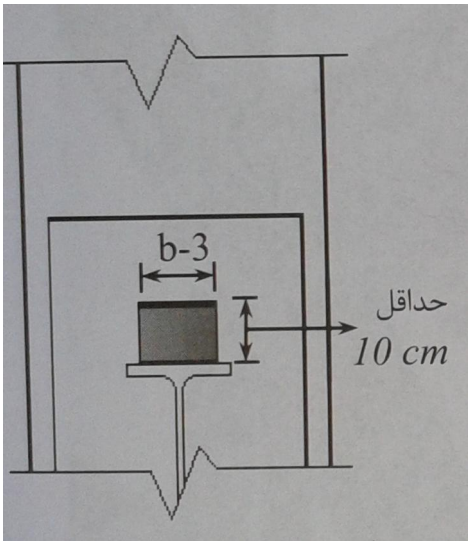
اتصال با نبشی نشیمن

- طول نبشی به اندازه چهار برابر برابر بعد جوشی که نبشی را به ست.ن متصل می کند بیشتر انتخاب شود.



بر طبق بند 4-1-2- نشریه 264 و بند 11-3-1- راهنمای جوش و اتصالات جوشی

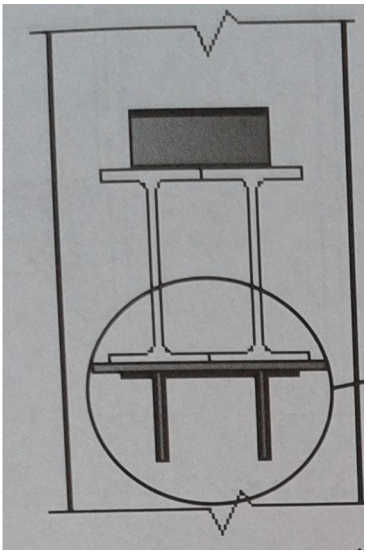
- به منظور حفظ انعطاف پذیری اتصال، فقط جوش های افقی در عرض بال های نبشی فوقانی انجام شود.
- حداقل ارتفاع نبشی فوقانی 10 سانتیمتر در نظر گرفته شود.
- عرض نبشی حدود 3 سانتیمتر کمتر در نظر گرفته شود.
- ابعاد نبشی فوقانی معمولا بین 60*60*6 تا 100*100*10 در نظر گرفته می شود



اتصال با نبشی نشیمن

اتصال با نبشی نشیمن تقویت شده

- توصیه می شود در اتصال تیر های متشکل از چند پروفایل اگر از نشیمن تقویت شده استفاده می گردد، زیر هر پروفیل یک سخت کننده مطابق شکل زیر قرار داده شود.

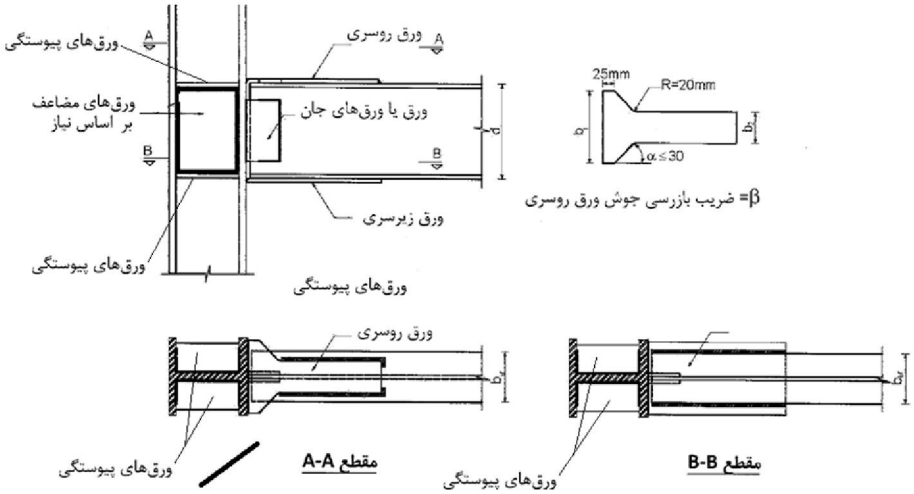


نمونه ای از عدم اجرای صحیح سخت کننده در زیر پروفایل ها

اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

- به منظور فراهم آوردن امکان جوشکاری در حالت تخت در کارگاه، عرض ورق روسری کوچکتر از عرض ورق فوقانی بال تیر و ورق زیر سری را بزرگتر از عرض ورق بال تحتانی انتخاب می کنند.
- نوع جوش بکار رفته در این نوع اتصال از نوع جوش نفوذی کامل می باشد.

اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری



اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

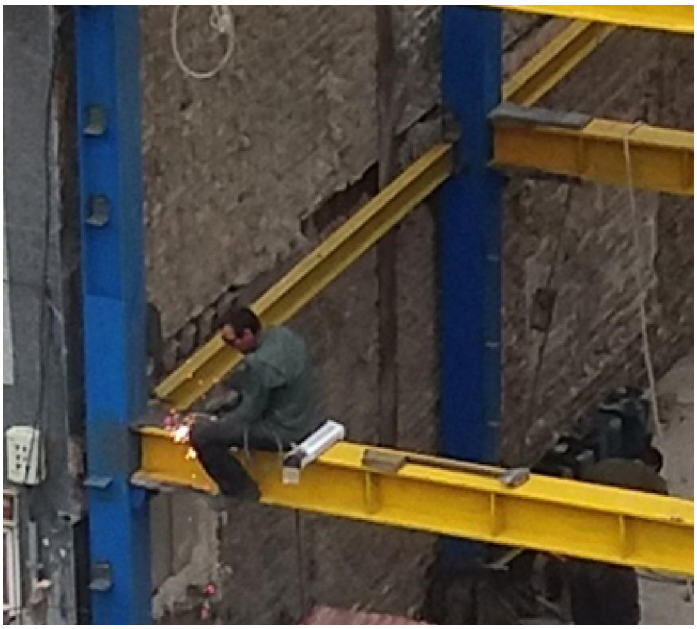
اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

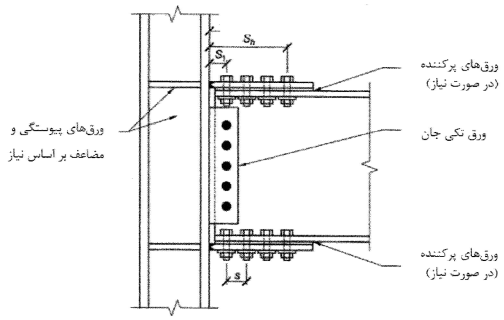
اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری

اتصال صلب جوشی با ورق زیر سری و رو سری



اتصال صلب با ورق زیر سری و روسری با اتصال پیچی طبق بند 6-4 نشریه 264

- ورق های زیرسری و روسری در کارخانه با استفاده از جوش شیاری تمام نفوذی به ستون جوش می شوند، و در کارگاه در موقع نصب، تیر در حد فاصل ورق های زیر سری و روسری قرار گرفته و پیچ های اتصالی بسته می شوند.
- استفاده از ورق های پرکننده به ضخامت مجموعا 6 میلیمتر بین ورق های اتصال و بال تیر مجاز است.
- اتصال ورق های روسری و زیر سری به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل و به بالهای تیر از نوع پیچی با قطر پیچ حداکثر برابر 27 میلیمتر باشد.
- اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید از نوع نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد

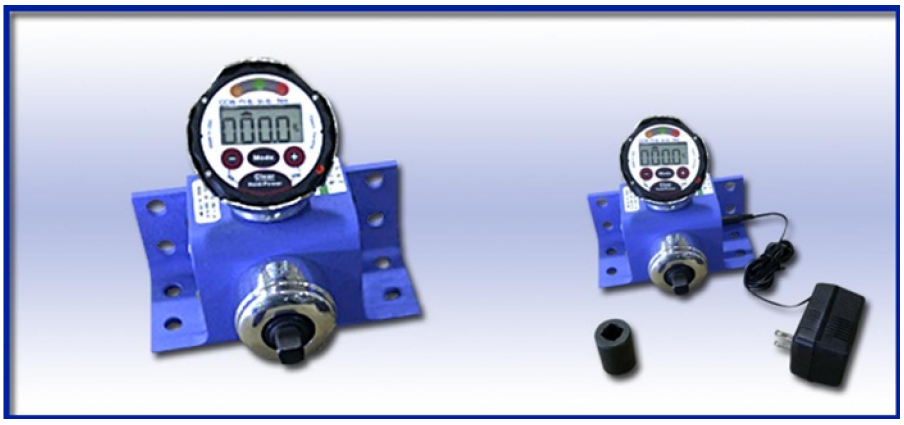


اتصال صلب با ورق زیرسری وروسری با اتصال پیچی

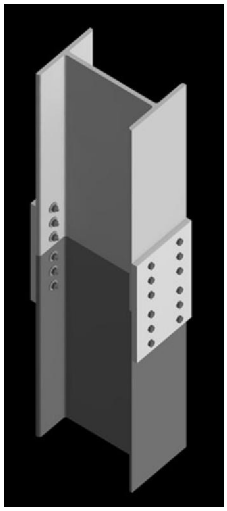
اتصال صلب مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته

اتصال فلنجی

دستگاه های تنظیم دقت ترکمتر



وصله ستون ها

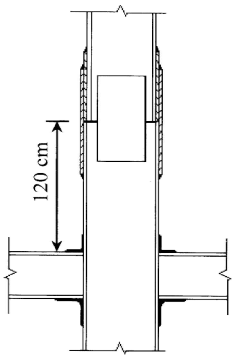


- وصله ستون ها به دو دلیل صورت می گیرد:
- 1- طویل نمودن ستون ها
- 2- کاهش مقطع ستون ها

به دو دلیل طبق بند 11-7-2 راهنمای جوش و اتصالات جوشی محل درز وصله ستون ها نباید از 1200 میلیمتر به بال متصل به ستون نزدیکتر باشد، زیرا:

1- در زمان اجرای عملیات جوشکاری، ارتفاع مناسبی را در اختیار داشته باشیم.

2- در اثر بارهای جانبی، نیرو های لنگر خمشی کوچکتری در محل وصله وجود داشته باشد.



شکل (۷-۱۰۶) جزییات محل درز وصله از روی تیر

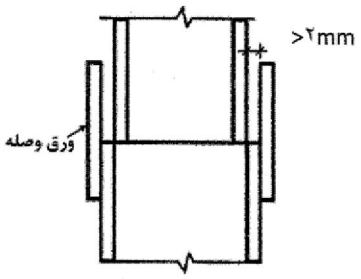
وصله ستون ها

بند ۱۰-۲-۹-۵- ورق های پر کننده در وصله ستون ها

۱۰-۲-۹-۵ ورق‌های پرکننده (لقمه‌ها)

الزامات عمومی ورق‌های پرکننده در محل وصلهٔ اعضا به شرح زیر می‌باشد.

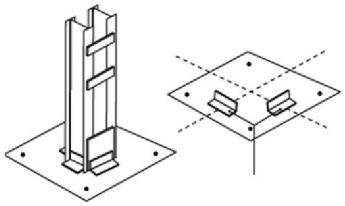
الف) در اتصالات جوشی، در صورتی‌که فاصلهٔ بین وجه داخلی ورق وصله و وجه خارجی قطعه با ابعاد کوچکتر، مساوی یا کمتر از ۲ میلی‌متر باشد، نیازی به تعبیه ورق‌های پرکننده نمی‌باشد.



نیاز به ورق پرکننده در اتصالات جوشی می‌باشد

نصب ستون بر روی کف ستون به روش سنتی

آماده‌سازی و تمیزکاری صفحه ستون قبل از نصب ستون (تراز کردن صفحه ستون، هواگیری و گروت ریزی، خاکشی و تعیین خط آکس، موشکاری نبشی‌های نصب و تمیزکاری صفحه ستون)



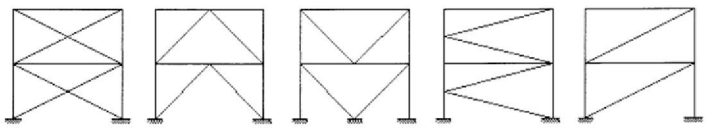
٤-٧-٣- رواداری نصب ستون

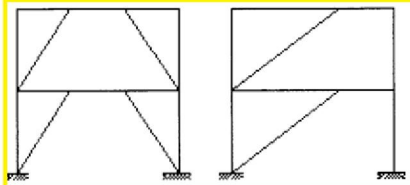
حداکثر میزان جابجایی مجاز محور ستون از محل فرضی، مساوی ٦ میلیمتر می‌باشد.

حداکثر ناشاقولی مجاز ستون‌ها، به ازای هر طبقه مساوی $\frac{1}{500}$ ارتفاع و حداکثر ۲۵ میلیمتر به سمت نما و ۵۰ میلیمتر به سمت داخل ساختمان می‌باشد.

- انواع بادبند:

1- مهاربند همگرا یا همرکز (Concentrically Braced Frame)



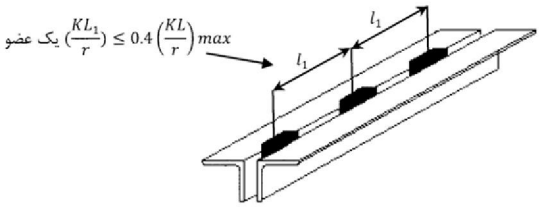


2- مهاربند واگرا یا خارج از مرکز (Eccentrically Braced Frame)

۴- فواصل لقمه ها باید طوری باشد که ضریب لاغری حداکثر هر عضو مابین لقمه ها از ۰.۴ ضریب لاغری کل عضو بیشتر نشود

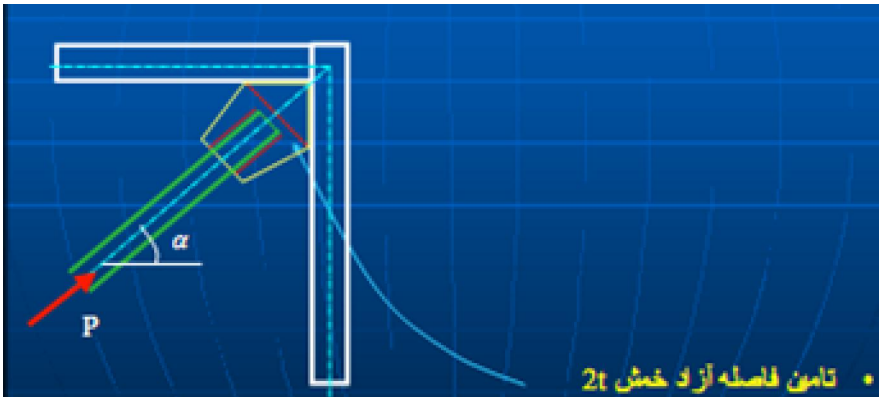
۵- تعداد لقمه ها در طول عضو حداقل دو عدد باشد.

۶-تحداقل ضخامت ورق های انتهایی و لقمه ها ۱۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.



جزییات اعضای فشاری مرکب با لقمه

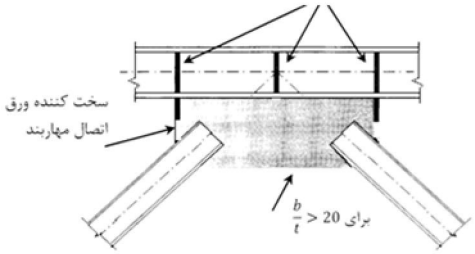
بادبند همگرا ویژه



اجرای سخت کننده در ورق اتصالی بادبندهای همگرا ۷ و ۸

طبق بند ۱۰-۳-۱۰-۲ و بند ۱۰-۳-۱۱-۱
مبحث دهم:

- اجرای سخت کننده در یک طرف ورق بادبندی الزامی می باشد.
- پهنای هریک از این سخت کننده ها نباید از $\frac{b_f}{2} - t_w$ کمتر اختیار شود.
- ضخامت آنها نباید از ۰.۷۵ ضخامت جان تیر یا ۱۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.



جزییات اجرای سخت کننده

محدودیت های تیر پیوند (طبق بند 10-3-12-1-مبحث دهم

الف) مقطع تیر پیوند باید از نوع I شکل (نورد شده یا ساخته‌شده از ورق) یا از نوع قوطی شکل ساخته شده از ورق باشد.

ب) جان (یا جان‌ها) باید از یک ورق تک بدون هر گونه ورق مضاعف در نظر گرفته شود و در آن هیچ‌گونه بازشویی نباید ایجاد شود.

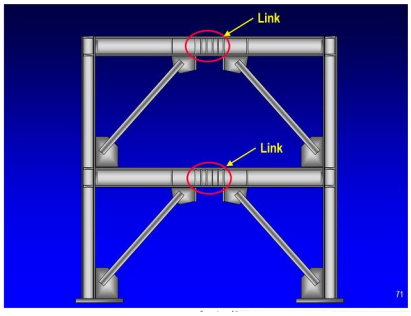
پ) در تیرهای پیوند ساخته‌شده از ورق، اتصال جان (یا جان‌ها) به بال تیر باید از نوع جوش گوشهٔ دو طرفه یا جوش شیاری با نفوذ کامل باشد.

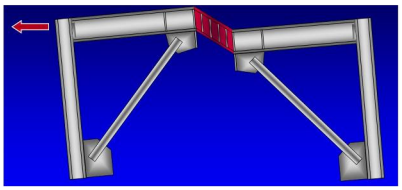
ناحیه تیر پیوند:

به ناحیه‌ای اطلاق می‌شود که بین نقاط تلاقی محورهای دو عضو قطری مهاربند روی تیر و یا بین نقطه تلاقی محور عضو قطری مهاربند روی تیر و بر ستون یا ماهیچه قرار دارد.

تذکر :

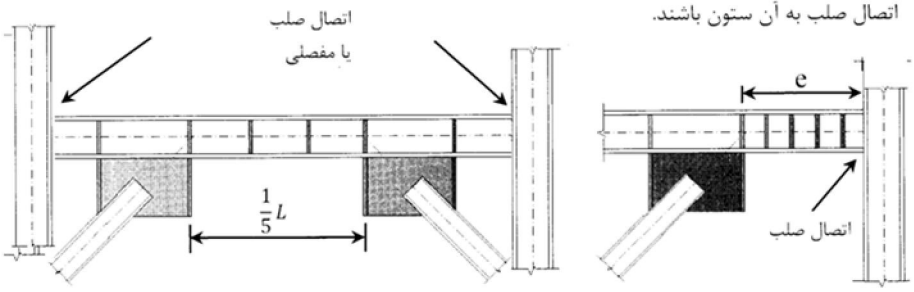
رفتار بادبندهای واگرا به طول تیر پیوند آنها بستگی دارد. اصولا بادبندهای واگرا با طول پیوند کوتاه، رفتاری برشی و با طول پیوند بلند، رفتاری خمشی دارند. هرچقدر طول پیوند کوتاهتر باشد سختی قاب بیشتر است.





اتصالات تیرهای پیوند (طبق بند ۱۰-۳-۱۲-۸ -مبحث دهم)

تیرهای دهانه مهاربندی شده در این قاب‌ها، در مواردی که تیر پیوند در ناحیه میانی تیر و دور از ستون‌ها واقع است می‌توانند ساده یا گیردار باشند، ولی در مواردی که تیر پیوند در مجاورت ستون واقع است باید دارای اتصال صلب به آن ستون باشند.



جزییات تیر پیوند کناری و میانی

سخت کننده های تیرهای پیوند I شکل(طبق بند ۱۰-۳-۱۲-۱۰-۱-۱- مقررات ملی مبحث دهم)

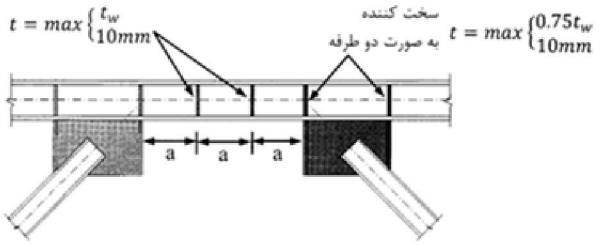
الف – سخت کننده‌های انتهایی

سخت کننده‌های انتهایی، در محل اتصال دو انتهای مهاربند به تیر پیوند باید به صورت یک جفت در دو طرف جان و در تمام ارتفاع آن تعبیه گردند.

- پهنای هریک از این سخت کننده‌ها نباید از $\frac{b_f}{2} - t_w$ کمتر اختیار شود.

b_f = عرض بال تیر پیوند

t_w = ضخامت جان



جزییات تیر پیوند کناری و میانی

ب – سخت کننده‌های میانی

سخت کننده‌های میانی در حد فاصل دو سخت کننده انتهایی پیش بینی می‌شوند. این سخت کننده‌ها در تیرهای با ارتفاع ۶۰۰ میلی متر و بیشتر باید به صورت یک جفت در دو سمت جان تعبیه گردند. در تیرهای با ارتفاع کمتر از ۶۰۰ میلی متر می‌توان این سخت کننده‌ها را به صورت تکی در یک سمت جان تعبیه کرد.

پ – اتصال سخت کننده‌های میانی و انتهایی

اتصال سخت کننده ها به جان و بال ها تیر پیوند باید توسط جوش گوشه برقرار گردد.

مهار بندی موقت

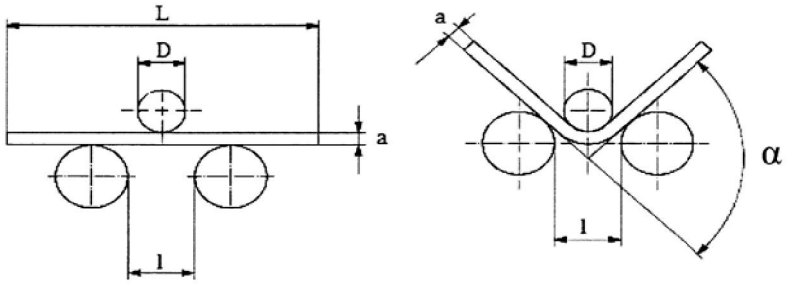
- قابهای سازه فولادی درطی ساخت وقبل ازاجرای مهاربندی اصلی به مهارجانبی موقت نیاز دارند تا پایداری رادراین فاصله زمانی موقتا تامین کند.
- مهاربندی موقت نهایتا توسط مجری برداشته می شود.

جدول ۹-۱۰-۲۲ زاویه خمش و نسبت قطر خمش به قطر اسمی میلگردها در آزمایش خمش میلگردهای فولادی

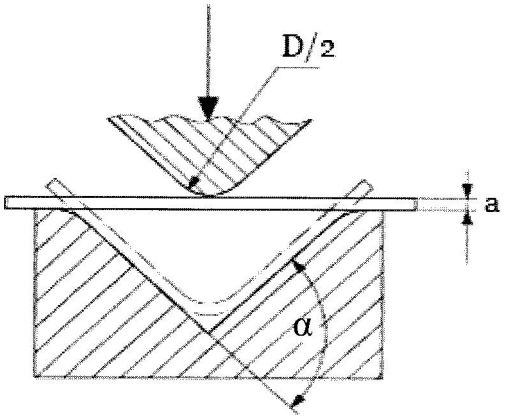
رده	زاویه خمش (درجه)		نسبت قطر فک خمش D به قطر اسمی میلگرد
	خمش سرد	خمش مجدد	
S ۲۴۰	۱۸۰	۹۰	۲
S ۳۴۰	۱۸۰	۹۰	۳
S ۴۰۰	۱۸۰	۹۰	۵
S ۵۰۰	۹۰	۹۰	۵

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد.

آزمون خمش سرد: برروی نمونه‌هایی با طول حداقل ۲۵۰ میلیمتر که مستقیماً از خط تولید به دست آمده و هیچگونه عملیات مکانیکی (از جمله تراشکاری) بر روی آن اعمال نشده است انجام می‌گیرد. روش آزمون خمش سرد مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۱۶ صورت می‌گیرد. شکل (۵- ۶ و ۵-۷)



شکل (۵- ۶) دستگاه خمش شامل دونگه دارنده ویک خم کننده



شکل (۵- ۷) دستگاه خمش شامل تکیه گاه V شکل و یک خم کننده

آزمون خمش مجدد:

نمونه‌های آزمون را که مشابه نمونه‌های خمش سرد است، به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم و سپس نمونه به مدت حداقل نیم ساعت تا دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت، به میزان ۲۰ درجه برمی‌گردانند.

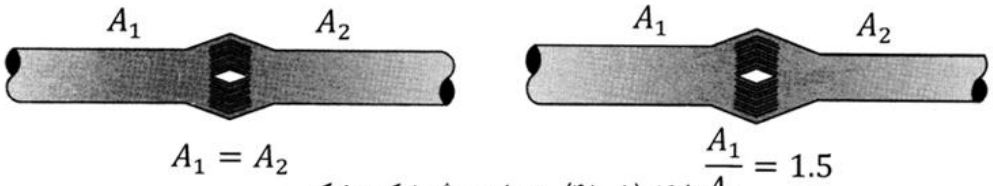
میلگرد زمانی از نظر هر یک از آزمون‌های خمش قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خمش، هیچگونه ترک، شکستگی یا سایر عیوب در آن ایجاد نگردد و مشاهده نشود.

طبق بند ۹-۲۱-۴-۱-۶ مقررات ملی مبحث نهم

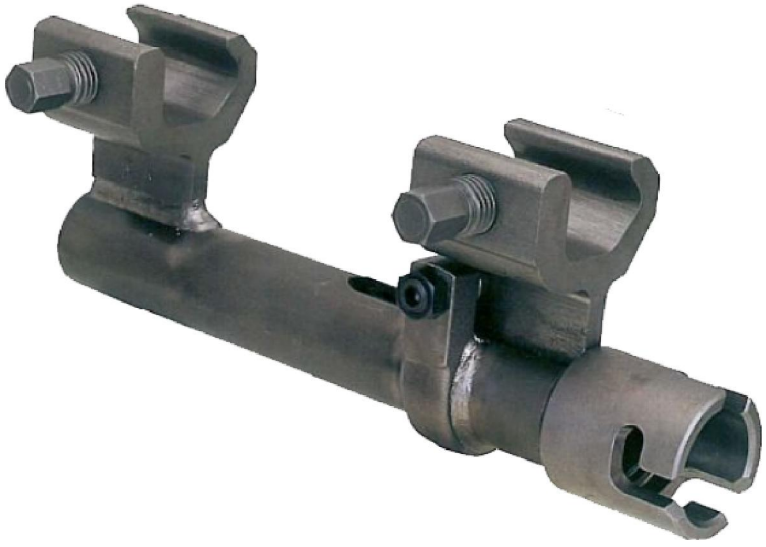
وصله جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می‌شود.

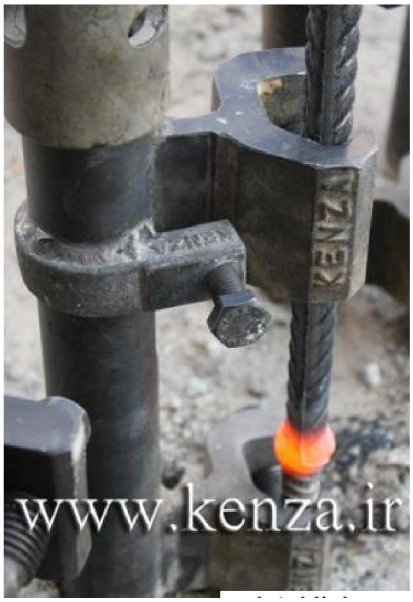
الف - اتصال بوسیله جوش نوک به نوک خمیری بدون الکترود (جوش الکتریکی تماسی):

نسبت سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از ۱.۵ تجاوز نکند. شکل (۵- ۴۸)

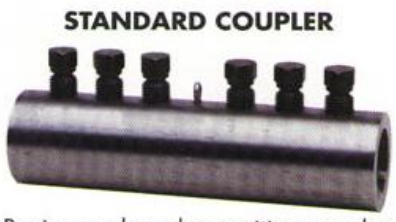


شکل (۵- ۴۸) جزییات جوش نوک به نوک

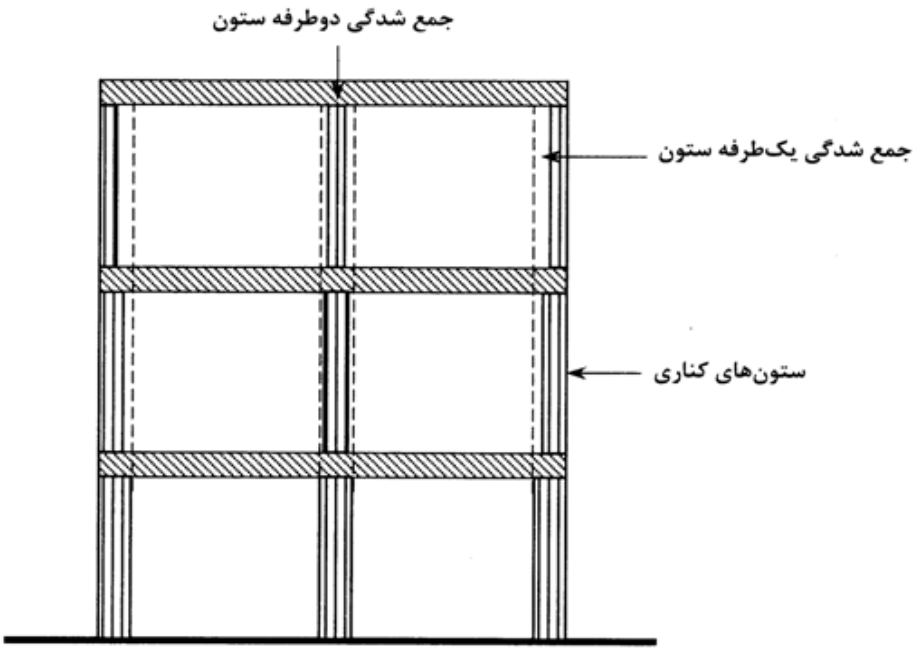




د- وصله مکانیکی:



۱-۷-۱-۳ میلگرد طولی و تغییر ابعاد ستون

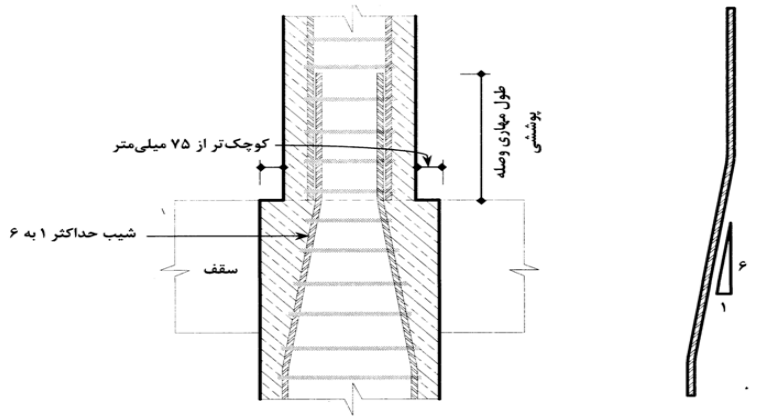


کاهش ابعاد ستون‌ها کناری و وسطی در طبقات ساختمان

رعایت جزییات اجرایی اتصال در این تغییر مقطع؛ براساس ضوابط زیر الزامی است [۱- بند ۹-۱۱-۱۱-۳]:

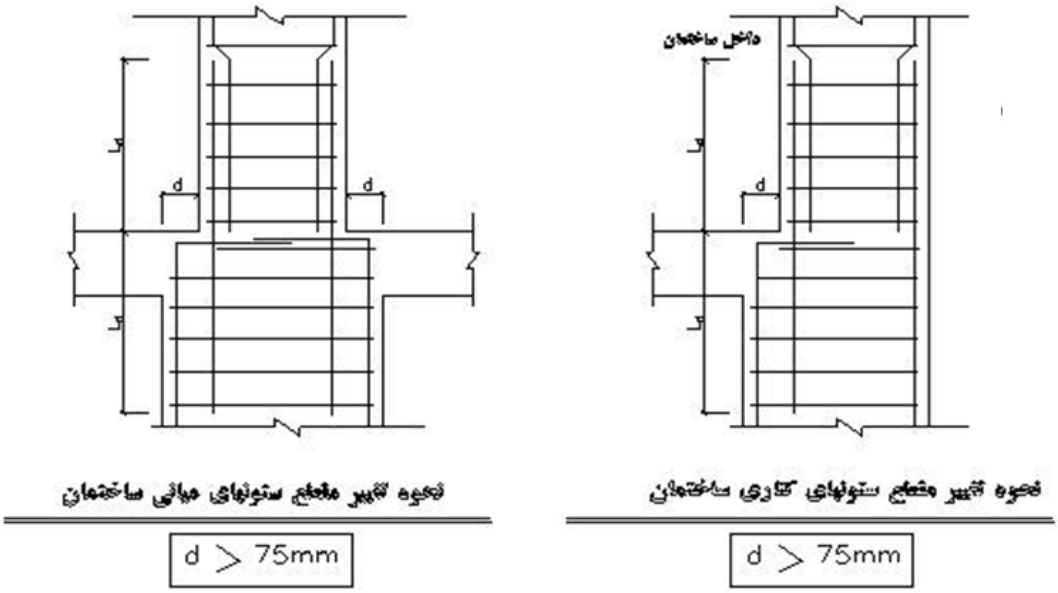
الف) اگر میزان کوچک‌تر شدن ستون بالایی نسبت به پایینی در هر وجه کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر باشد، می‌توان از میلگردهای انتظار خم شده استفاده نمود (شکل ۱-۳۴). در این حالت باید محدودیت‌های زیر اعمال شود:

- شیب قسمت مایل میلگردهای خم شده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ تجاوز کند.
- قسمت‌های فوقانی و تحتانی قسمت مایل باید موازی با محور ستون باشند.



شکل (۱-۳۴): جزییات اجرایی اتصال کاهش ابعاد ستون کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر در طبقات

ب) در مواردی که وجه ستون یا دیوار بیش‌تر از ۷۵ میلی‌متر عقب نشستگی



جزییات اجرایی اتصال کاهش ابعاد ستون بیش از ۷۵ میلی‌متر در طبقات

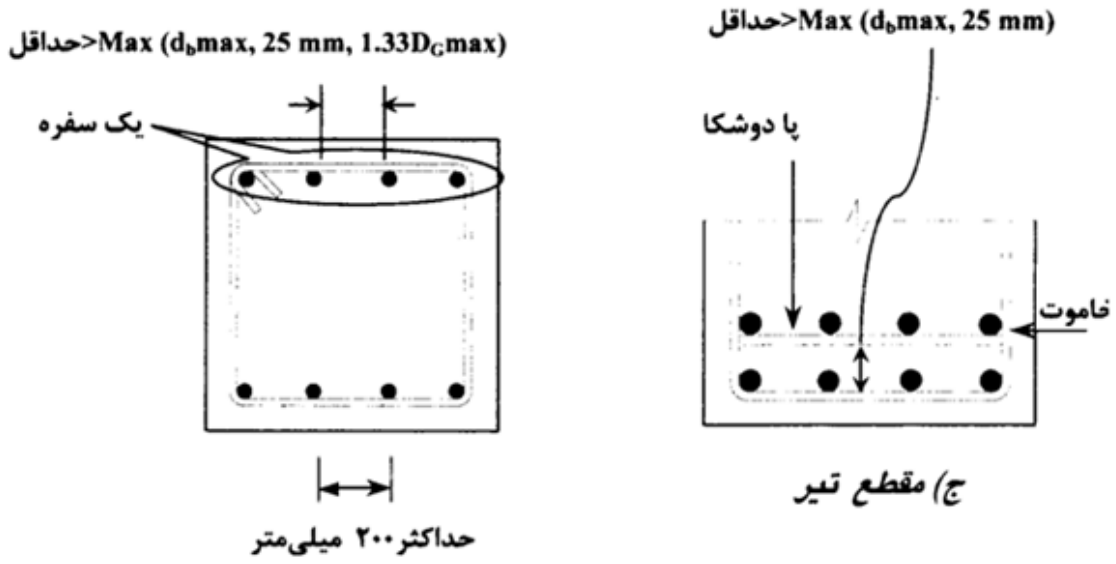
۱- فواصل میلگردهای طولی

جدول (۱-۲): ضوابط فواصل میلگردهای طولی [۱- بند ۹-۱۱-۱۱-۱]

ردیف	موضوع	مقدار		
۱	فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچ یک از مقادیر مقابل کم‌تر باشد (شکل ۱-۲۹-الف).	قطر میلگرد بزرگ‌تر	۲۵ میلی‌متر	۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگدانه بتن
۲	در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیش‌تر از مقدار مقابل باشد (شکل ۱-۲۹-الف).	۲۰۰ میلی‌متر		
۳	در اعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از مقادیر مقابل کم‌تر باشد (شکل ۱-۲۹-ب).	۱/۵ برابر قطر بزرگ‌ترین میلگرد		۴۰ میلی‌متر
۴	در صورتی‌که میلگردهای موازی در چند سفره قرار گیرند، میلگردهای سفره فوقانی باید طوری بالای میلگردهای سفره تحتانی واقع شوند که معبر بتن تنگ نشود. فاصله آزاد بین هر دو سفره نباید از مقادیر مقابل کم‌تر باشد (شکل ۱-۲۹-ج).	قطر بزرگ‌ترین میلگرد		۲۵ میلی‌متر

توضیح:

- محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.



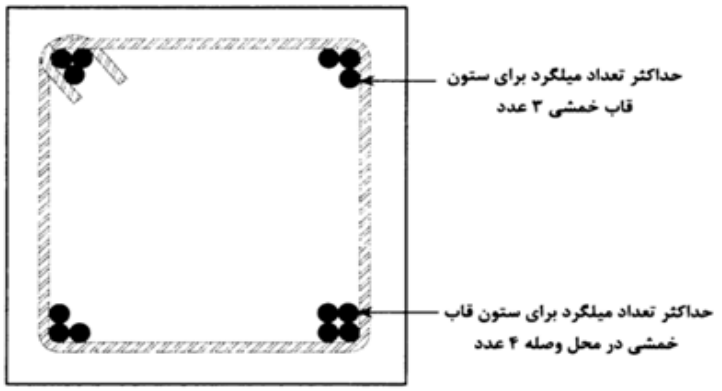
الف)مقطع تیر و مقطع فشاری (ستون)

اشکال (۱-۲۹): فواصل آزاد میلگردهای طولی

۱-۷-۱-۲ گروه میلگرد

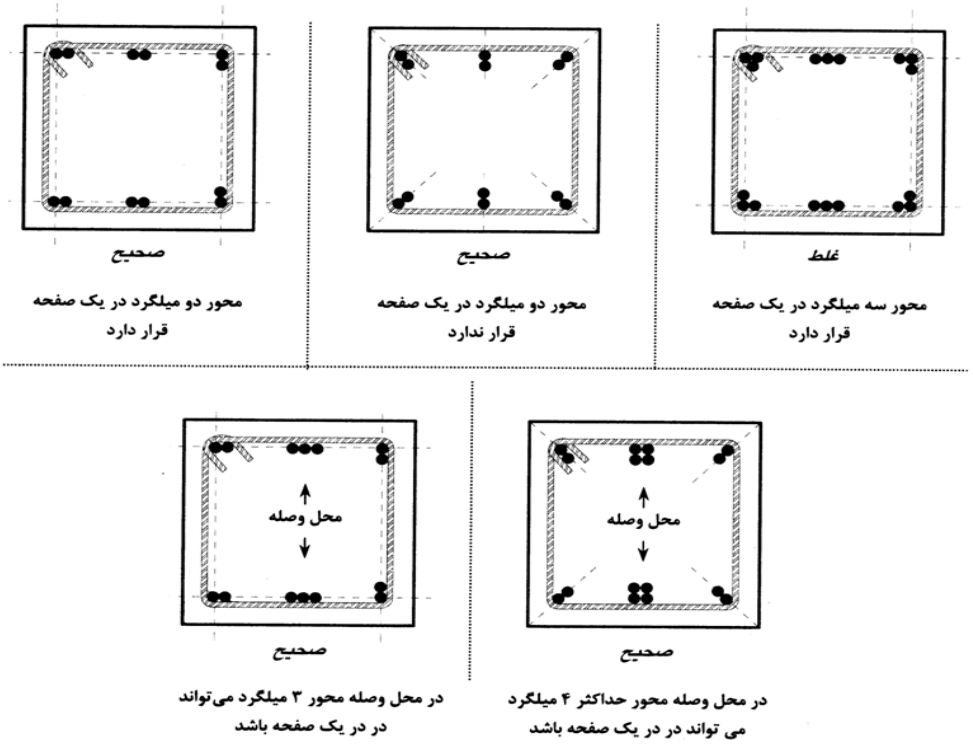
در استفاده از گروه میلگردهای موازی که در آن‌ها میلگردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به‌صورت واحد عمل کنند، ضوابط زیر باید رعایت شوند [۱- بند ۹-۱۱-۱۱-۲]:

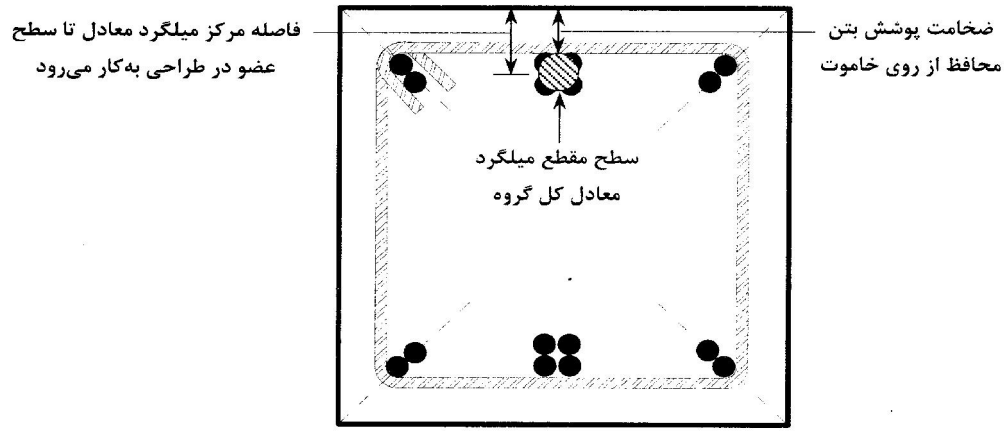
الف) تعداد میلگردهای هر گروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ۴ عدد و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند (شکل ۱-۳۰).



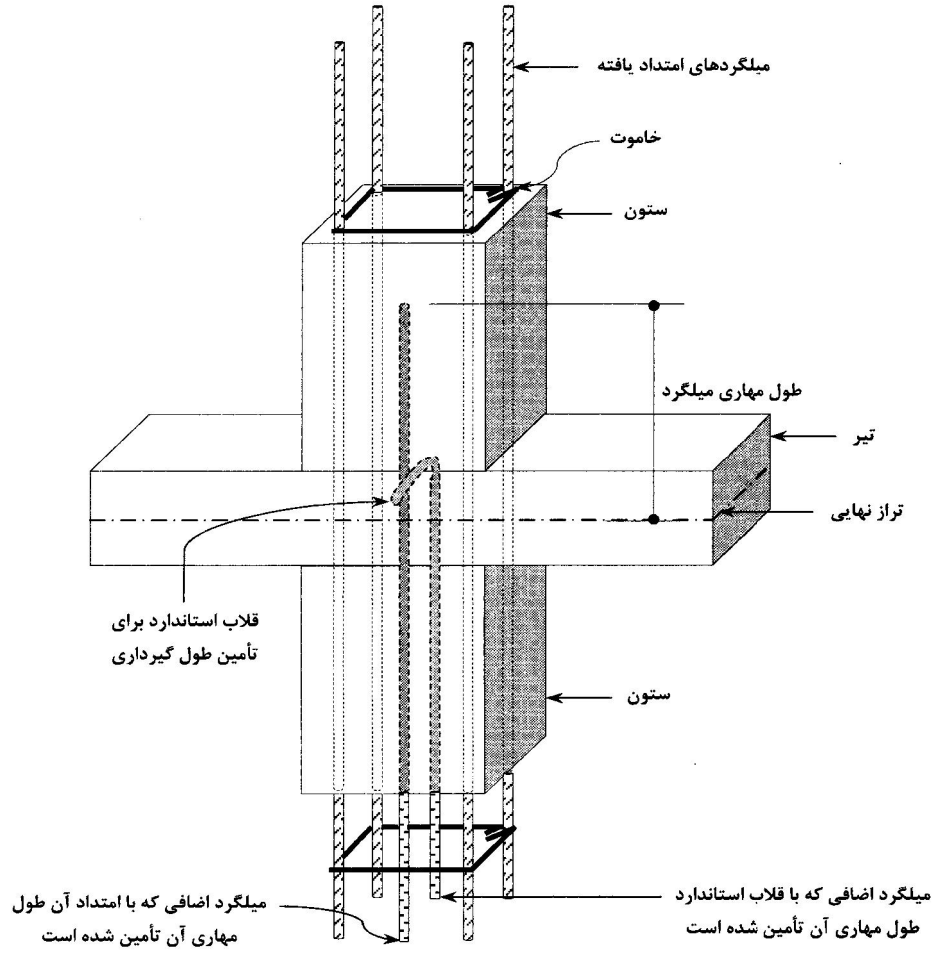
شکل (۱-۳۰): تعداد میلگردهای یک گروه (مقطع ستون قاب خمشی)

ب) در تمامی موارد تعداد میلگردهای هر گروه در محل وصله‌ها نباید بیش‌تر از ۴ باشد.





شکل (۱-۳۲): نحوه سنجش فواصل مورد نیاز در گروه میلگرد

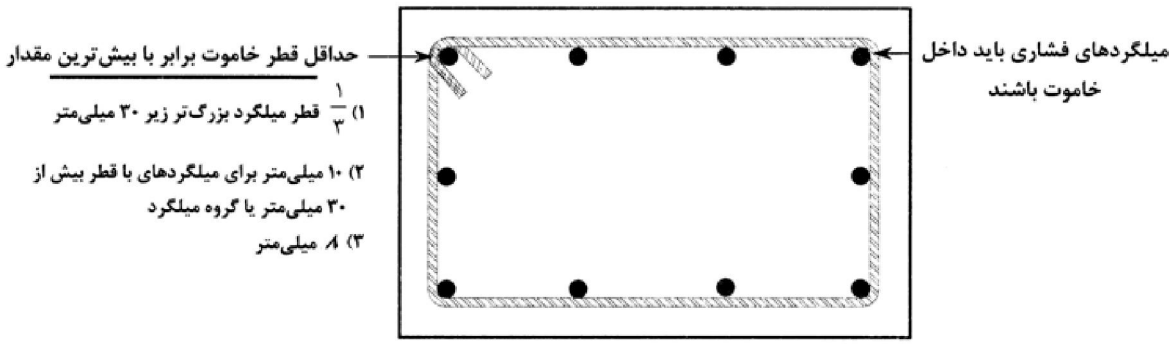


شکل (۱-۳۸): کاهش تعداد میلگردها و رعایت طول مهاری در دو حالت با قلاب یا صاف

۲-۱ خاموت و تنگ

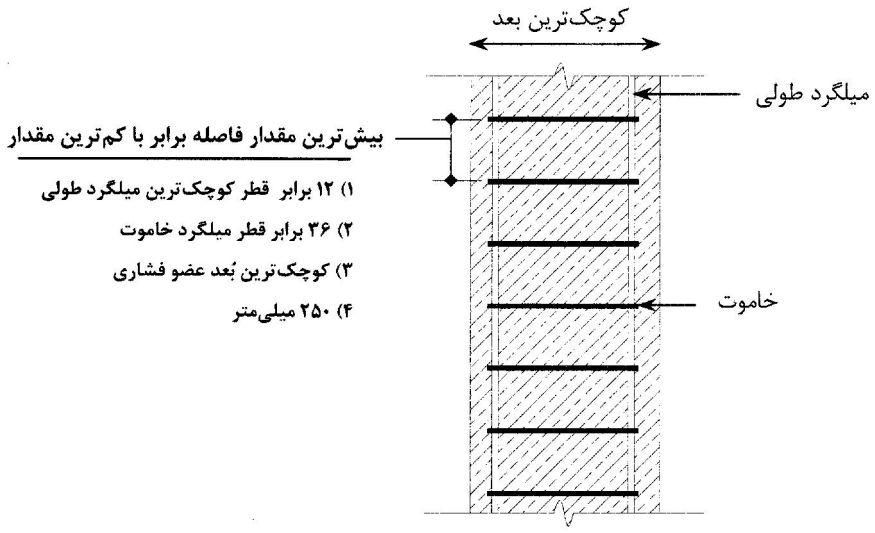
عملکرد مناسب میلگردهای عرضی منوط به کاربرد آن‌ها طبق ضوابط ذیل است [۱- بند ۹-۱۵-۱۲]:

الف) تمامی میلگردهای اعضای فشاری باید با خاموت‌ها در بر گرفته شوند (شکل ۱-۴۰).



شکل (۱-۴۰): حداقل قطر خاموت و موقعیت آن

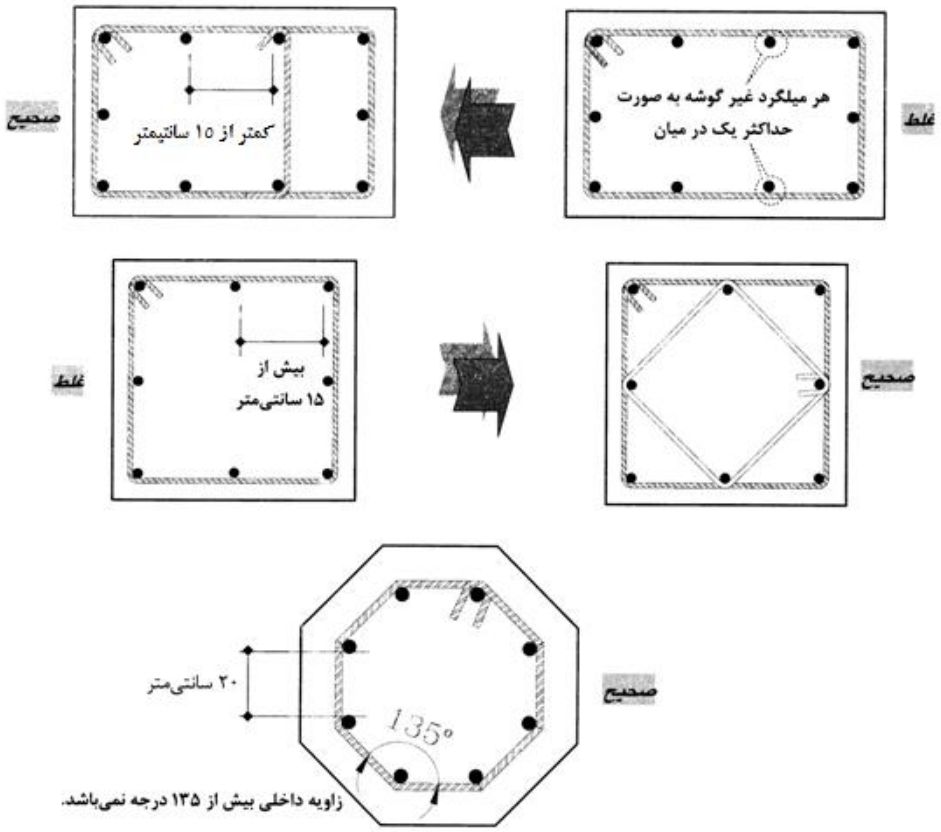
پ) فاصله هر دو خاموت متوالی از هم نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیش‌تر باشد (شکل ۱-۴۱):



شکل (۱-۴۱): حداکثر فواصل خاموت‌ها

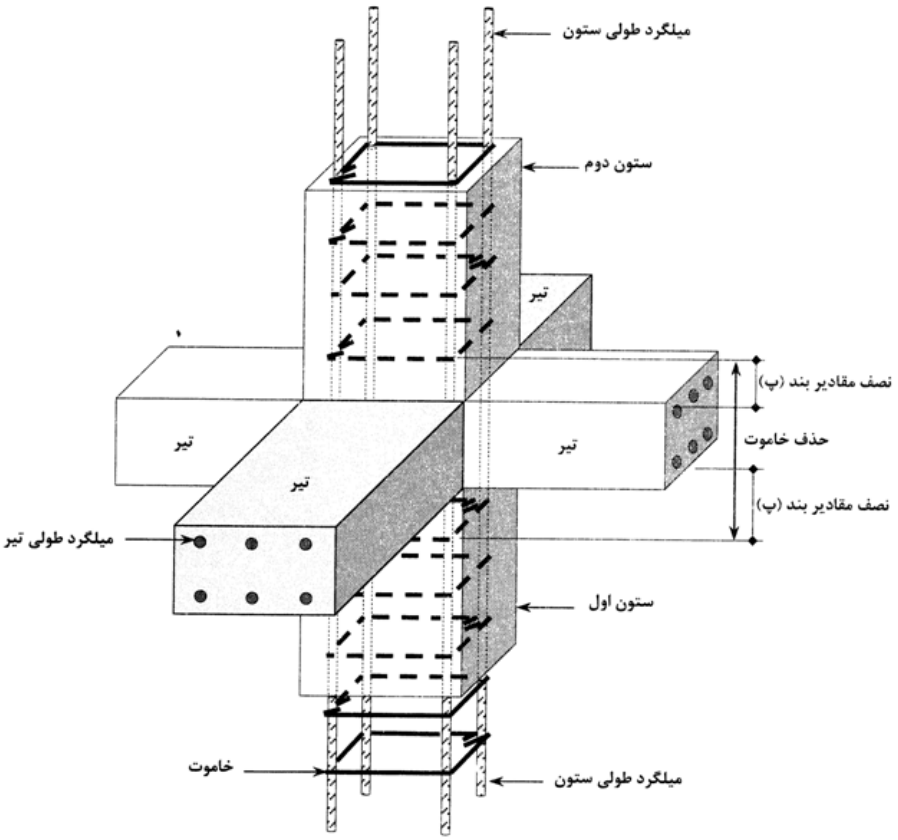
ت) در هر مقطع تعداد خاموت‌ها باید طوری باشد که هر یک از میلگردهای زیر در گوشه یک خاموت با زاویه داخلی حداکثر ۱۳۵ درجه قرار گیرد و به‌طور جانبی نگه داشته شود (اشکال ۱-۴۲):

- هر میلگردی که در گوشه‌های عضو واقع شود.
- هر میلگرد غیر گوشه به صورت حداکثر یک در میان
- هر میلگرد که فاصله آزاد آن تا میلگرد نگهداری شده مجاور بیش‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.



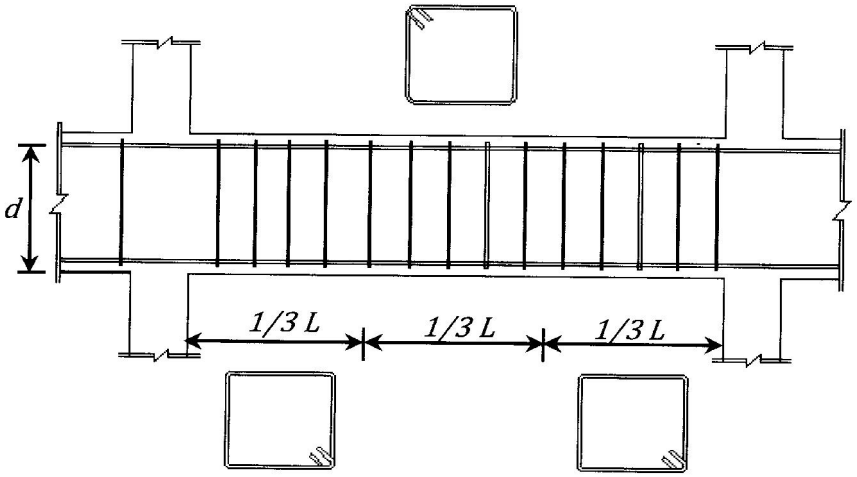
اشکال (۱-۴۲): موقعیت میلگردهای طولی در خاموت

ث) خاموت‌ها باید با فواصل تعیین شده در تمام طول عضو قرار داده شوند. فاصله اولین خاموت از سطح فوقانی شالوده یا دال طبقه تحتانی و آخرین خاموت از زیر پایین‌ترین میلگردهای دال یا کتیبه سرستون طبقه فوقانی نباید از نصف فواصل تعیین شده در بند **(پ)** بیش‌تر باشد (شکل ۱-۴۳).



شکل (۱-۴۳): اتصال چهار طرفه تیر به ستون و حذف خاموت در حد فاصل ارتفاع تیر

توصیه می‌شود: محل قرار گیری و چیدمان قلاب‌ها در طول تیر بتنی به گونه‌ای باشد، تا در هنگام تحت فشار بودن عضو، از باز شدن قلاب‌ها، بتوان جلوگیری بعمل آید، بدین ترتیب همانگونه که در شکل (۵-۶۸) مشاهده می‌گردد،قلاب‌ها در یک سوم نزدیک تکیه‌گاه، در پایین عضو و در یک سوم میانی در بالای عضو، و به صورت چرخشی آرایش یافته‌اند.

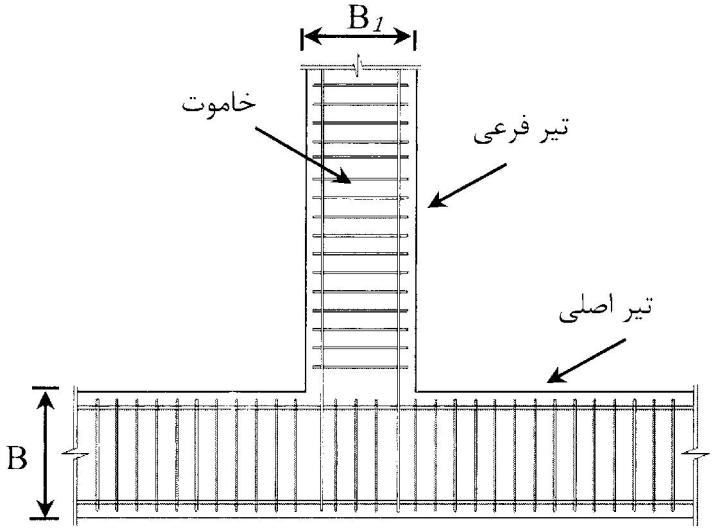


شکل (۵- ۶۸) جزییات آرایش خاموت گذاری ویژه

خاموت گذاری صحیح تیر اصلی به تیر فرعی:

طبق بند ۹ -۱۵-۱۲- ۱۰ در اعضای خمشی قابها که در معرض پیچش یا تغییرات جهت تنش در تکیه گاه‌ها قرار می‌گیرند باید از خاموتهای بسته یا مارپیچی که دور همه میلگردهای اصلی می‌پیچد استفاده شود.

بدین معنی است که: ممان انتهای تیر فرعی به کوپل نیروی فشاری و کششی تبدیل شده ودر تیر اصلی ایجاد برش می‌نماید لذا لازم است خاموت در محدوده اتصال، خاموت در امتداد تیر اصلی ادامه داشته باشد. ممان انتهای تیر فرعی توسط میلگرد طولی تیر فرعی، مهار می‌گردد. شکل (۵- ۸۶ و ۵- ۸۷)



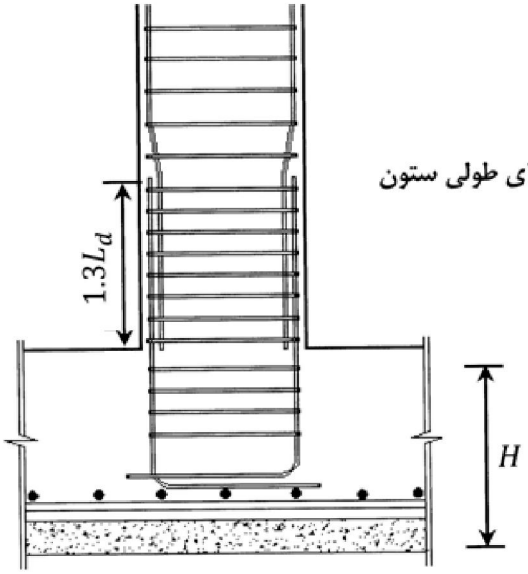
شکل (۵- ۸۶) خاموت گذای در تیر اصلی ادامه‌دار می‌باشد.

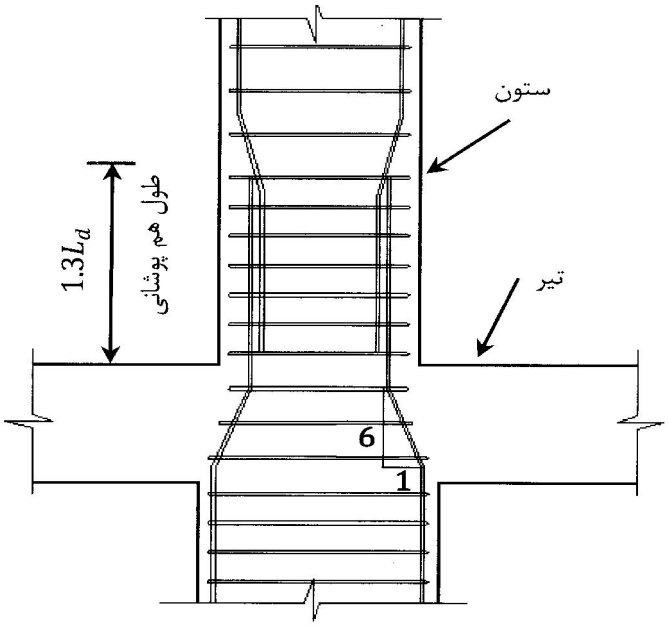
۹-۲۱-۴-۴- ضوابط خاص وصله آرماتورها در ستون‌ها:

۹-۲۱-۴-۴-۱ در ستون‌ها وصله آرماتورها می‌تواند از نوع پوششی، جوشی، مکانیکی و یا اتکایی باشد. وصله آرماتورها باید برای تمامی ترکیبات بارگذاری مناسب باشد.

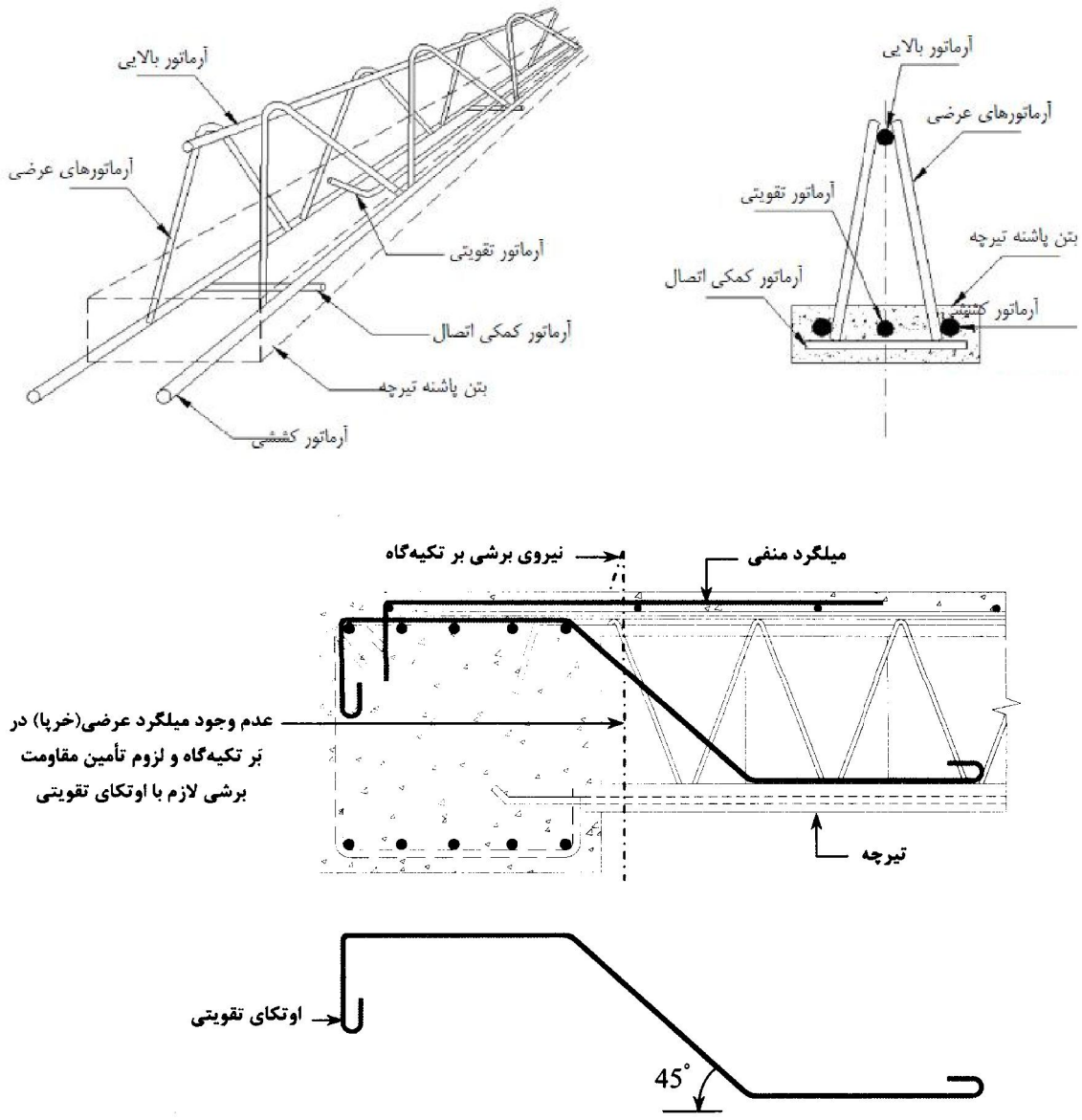
۹-۲۱-۴-۴-۲- وصله پوششی میلگردهایی که در فشار قرار دارند مشمول ضوابط وصله‌ها در فشار و میلگردهایی که در کشش قرار دارند مشمول ضوابط این نوع میلگردها در کشش می‌شوند. در میلگردهای کششی چنانچه تنش موجود در آنها کمتر از $0.56f_{yd}$ و تعداد میلگردهایی که در طول ناحیه پوشش وصله شوند، کمتر از نصف میلگردهای کششی باشد طول پوشش باید حداقل برابر با Ld و در غیر این صورت بایدحداقل برابر با 1. 3Ld در نظر گرفته شود.

ضوابط طول وصله (طول همپوشانی) آرماتورهای طولی ستون

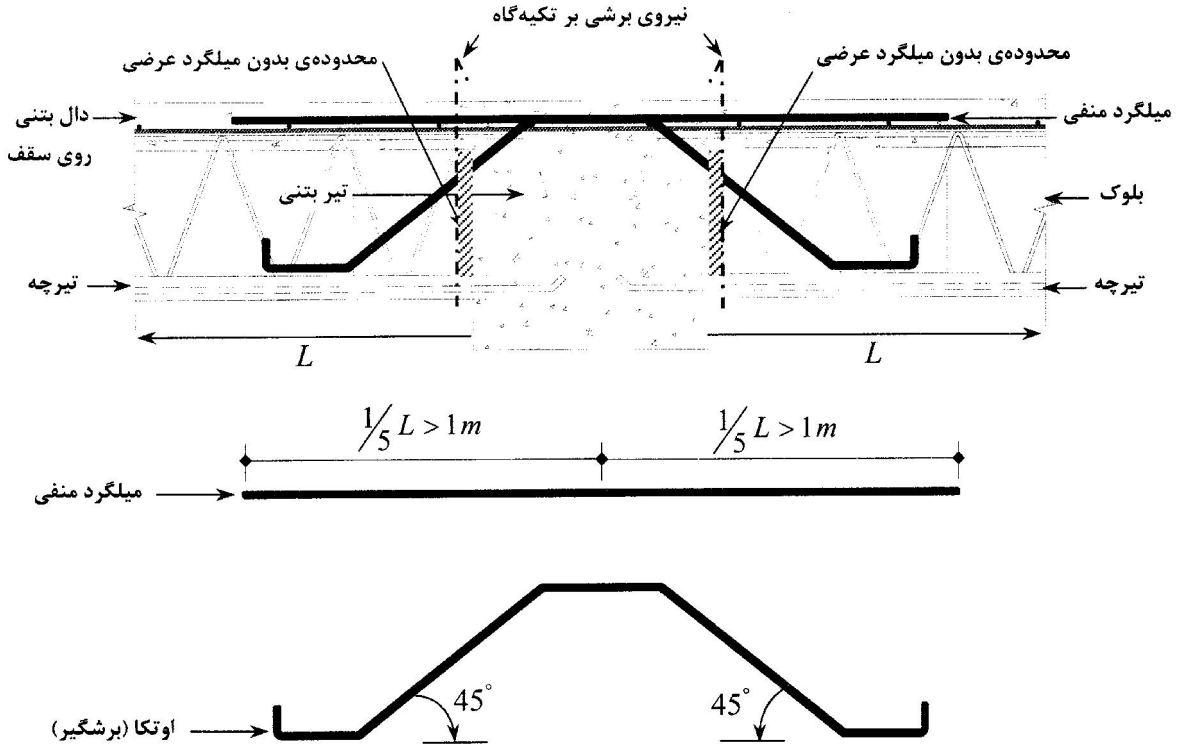




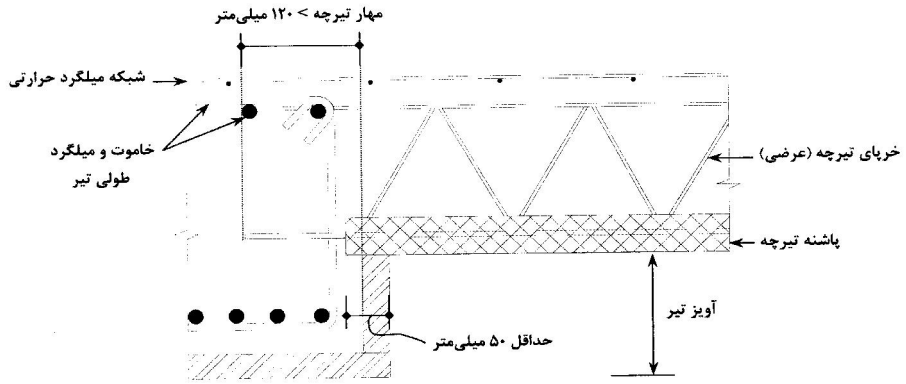
شکل (۵- ۱۰۲) ضوابط طول وصله (طول همپوشانی) آرماتورهای طولی ستون



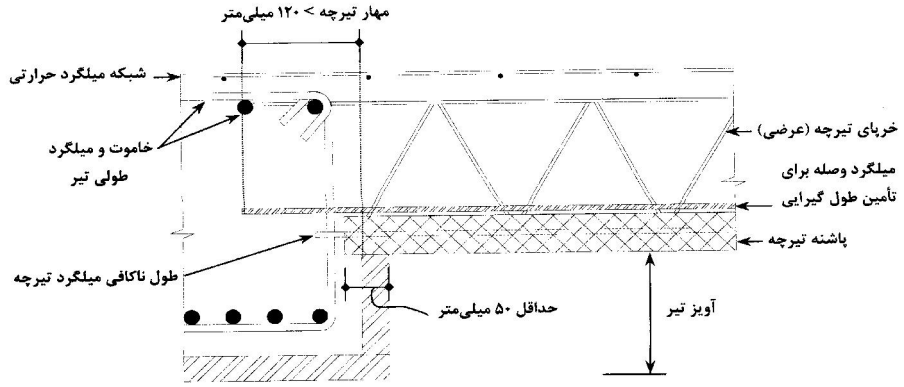
شکل (۶-۷۰): تقویت فولاد عرضی تیرچه در تکیه گاه یک‌طرفه



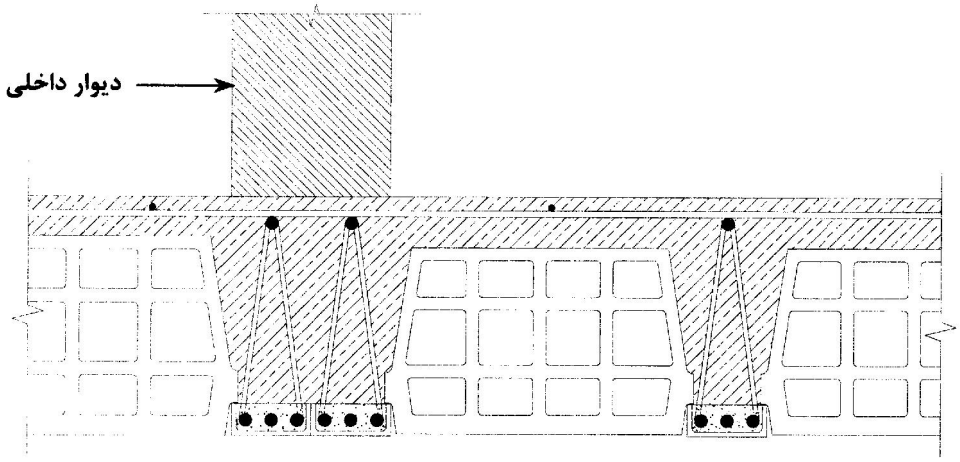
شکل (۶-۶۹): جزییات میلگردگذاری اتصال تیرچه به تیر بتنی دو طرفه



شکل (۶-۴۶): میزان نشیمن و گیرایی آن به تیر بتنی



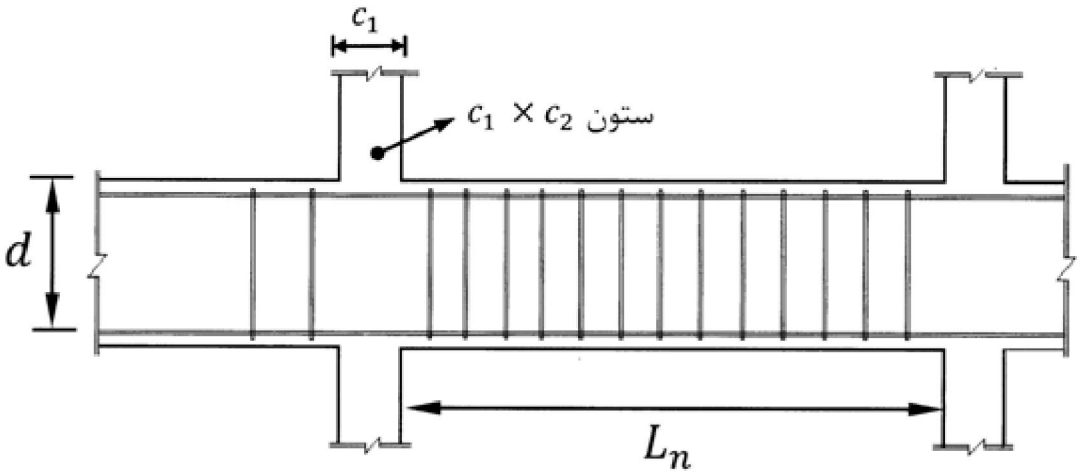
شکل (۶-۴۷): نحوه استقرار تیرچه روی قالب و اتصال مناسب تیرچه به تیر بتنی

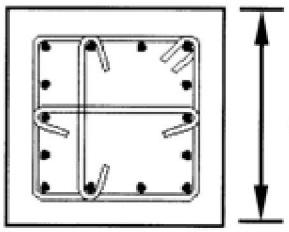


شکل (۱-۶۵): لزوم تقویت تیرچه در محل‌های بارگذاری دیوارهای داخلی

۹-۲۳-۳- ضوابط سازه های بتنی در شکل پذیری متوسط

در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند.





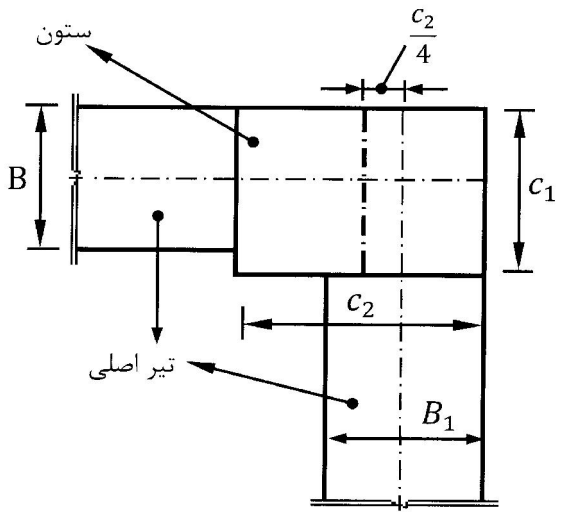
$$h \begin{cases} \leq \frac{L_n}{4} \\ \geq 30cm \end{cases}$$

(شکل ۶۰) عرض عضو تکیه گاهی

$$b_w \begin{cases} \geq max \begin{cases} \frac{h}{4} \\ 250\ cm \end{cases} \\ \leq min \begin{cases} c_2 + \frac{3}{4}h \\ c_2 + \frac{c_1}{4} \end{cases} \end{cases}$$

۹-۲۳-۳-۱-۱-۲ برون محوری درقاب شکل‌پذیر متوسط

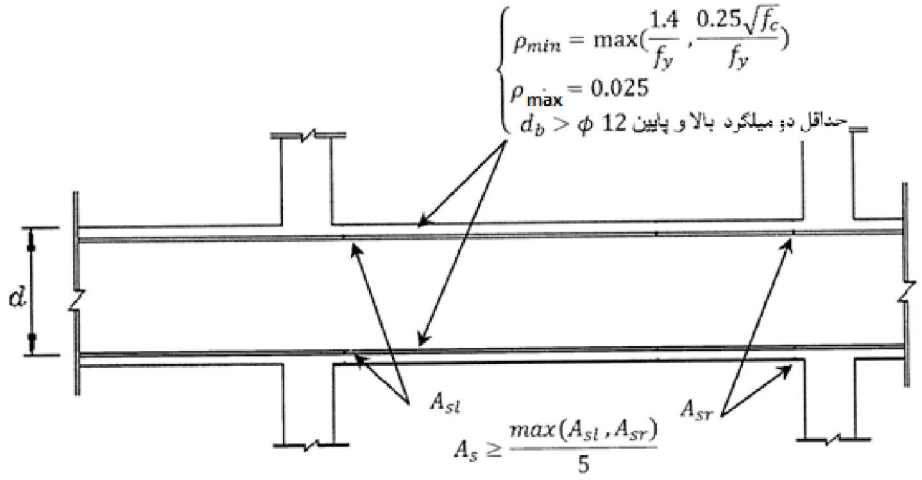
برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک چهارم عرض مقطع ستون باشد شکل (۵- ۶۲ و ۵-۶۳)



شکل (۵- ۶۲) جزییات اتصال تیر به ستون دارای برون محور

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۳ در هر عضو خمشی حداقل یک پنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه گاه‌ها، هر انتها که آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند. شکل (۵- ۶۴)



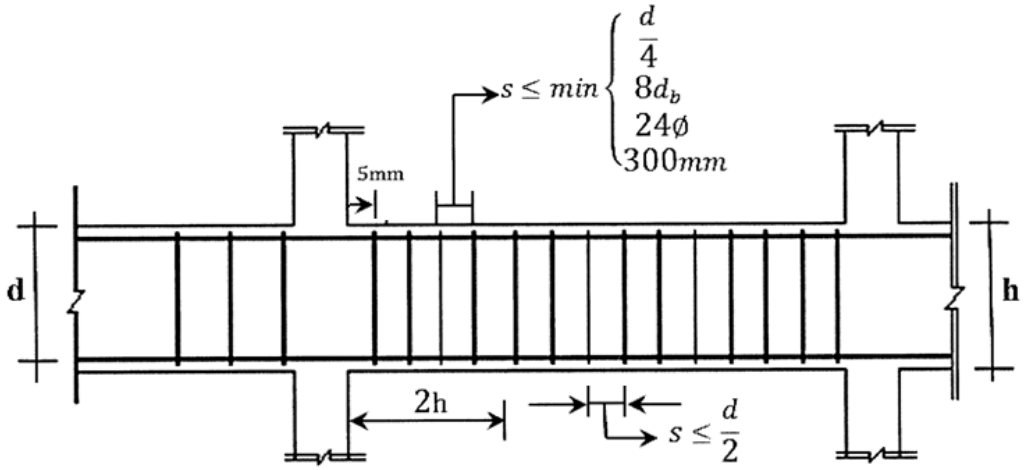
شکل (۵- ۶۴) ضوابط آرماتور گذاری طولی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۴- دراعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت مطابق ضوابط بند۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- درطولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه گاه به سمت وسط دهانه شکل (۵- ۶۶)

ب - در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۵- خاموت‌ها و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط زیر باشند.



شکل (۵- ۶۶) ضوابط آرماتور گذاری عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۶- در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۱-۲-۴ خاموت‌گـذاری نمی‌شود، فاصله خاموت‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود. شکل (۵- ۶۶)

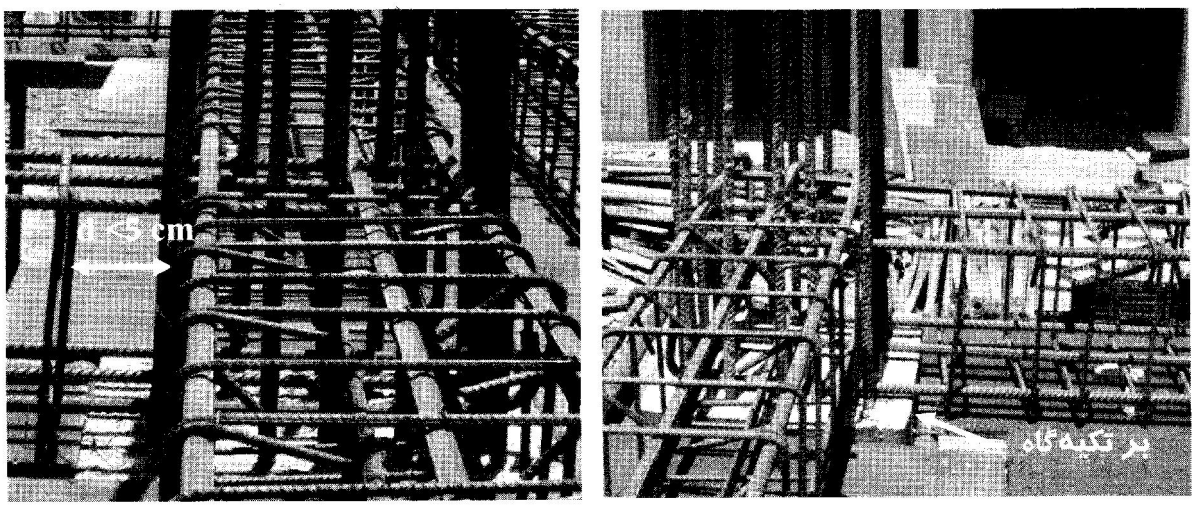
دلایل خاموت گذاری فشرده در نقاط بحرانی (در نزدیک تکیه گاه تیرها) بشرح ذیل می‌باشد. شکل (۵- ۶۷)

الف- ممکن است برش‌های ناشی از زلزله بسیار بیشتر از مقدار محاسبه شده باشد.

ب- در هنگام تشکیل مفصل پلاستیک:

۱- امکان اتلاف انرژی و جلوگیری از کمانش میلگردهای طولی

۲- محصور بودن هر چه بیشتر بتن به دلیل ممانعت از شکست ترد مقطع بتنی



شکل (۵-۶۷) نمونه‌ای از رعایت حداکثر فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه

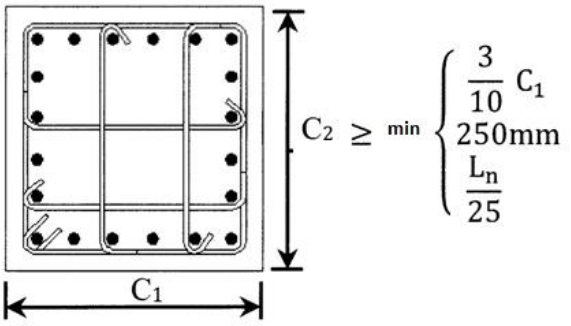
۹-۲۳-۳-۲ اعضای تحت فشار و خمش در قابها(شکل پذیری متوسط) $N_u > 0.15 f_{cd} A_g$

۹-۲۳-۳-۲-۱ محدودیت‌های هندسی ستون:

۹-۲۳-۳-۲-۱-۱ درستون‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند:

الف - عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلیمتر باشد.

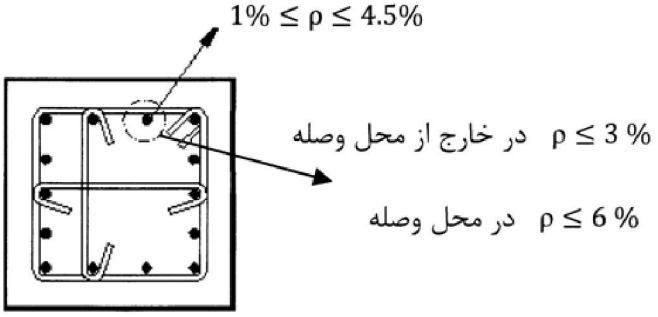
ب - نسبت طول آزاد ستون به عرض مقطع آن نباید از $\frac{۱}{۲۵}$ کمتر باشد. شکل (۵- ۸۹)



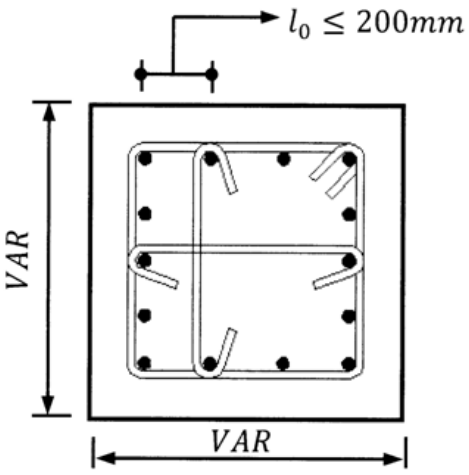
جزییات محدودیت‌های هندسی $C_2 \geq C_1$

۹-۲۳-۳-۲-۲ آرماتورهای طولی وعرضی ستون:

۹-۲۳-۳-۲-۲-۱در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از چهار و نیم درصد در نظر گرفته شود. مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها باید حداکثر برابر شش درصد نظرگرفته شود. شکل (۵- ۹۰) در مواردی که آرماتور طولی از نوع S400 فولاد است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به **حداکثر سه درصد محدود می‌شود.**

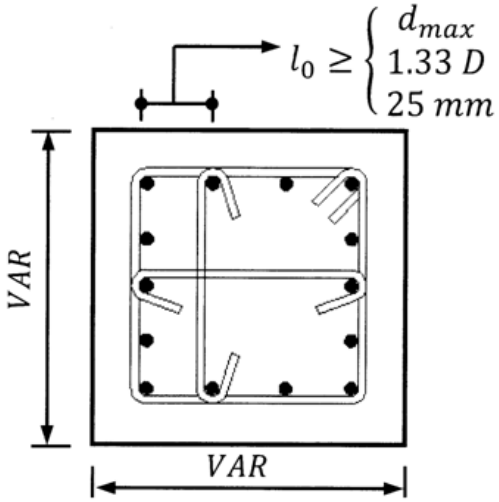


شکل (۵- ۹۰) نسبت آرماتور طولی



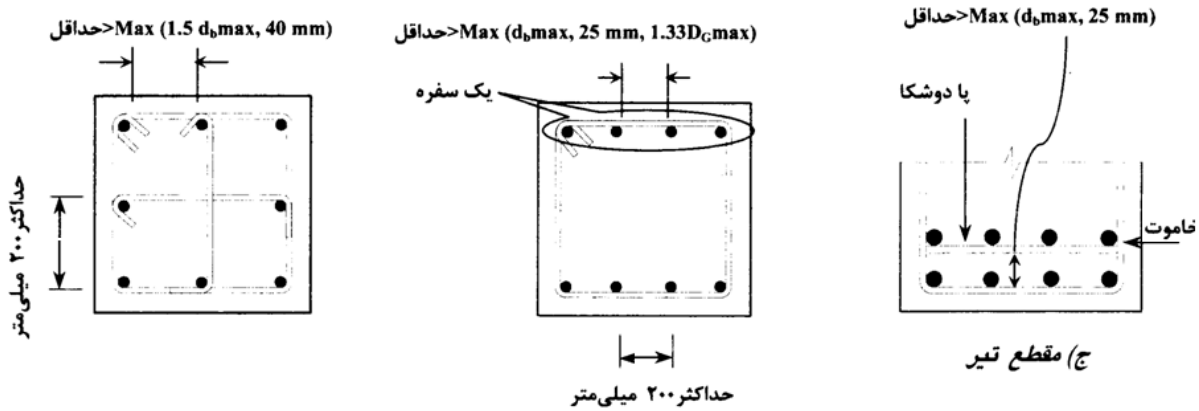
حداکثر فواصل بین میلگردهای طولی ستون

طبق بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۲ و۹-۱۴-۱۱-۱-۲



حداقل فواصل بین میلگردهای طولی ستون

طبق بند ۹-۱۴-۱۱-۱-۱-



ب) مقطع فشاری (ستون)

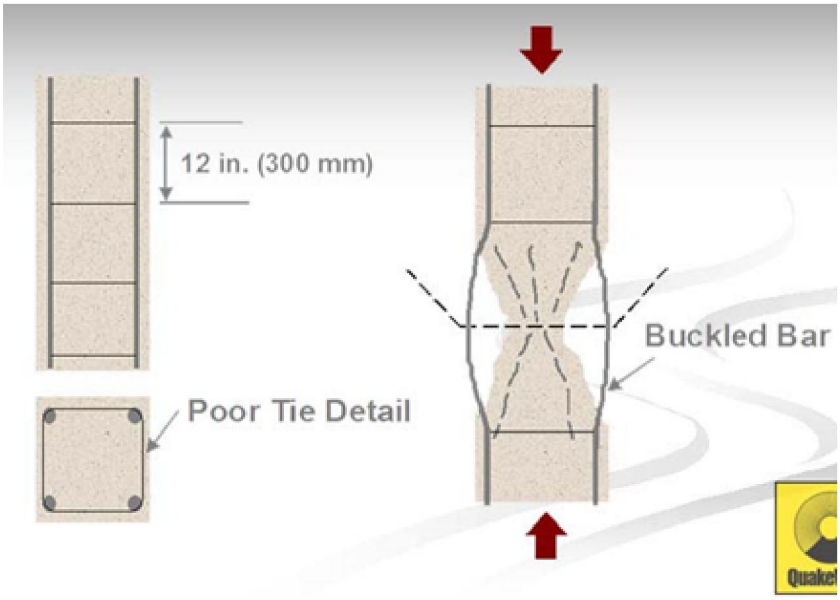
الف)مقطع تیر

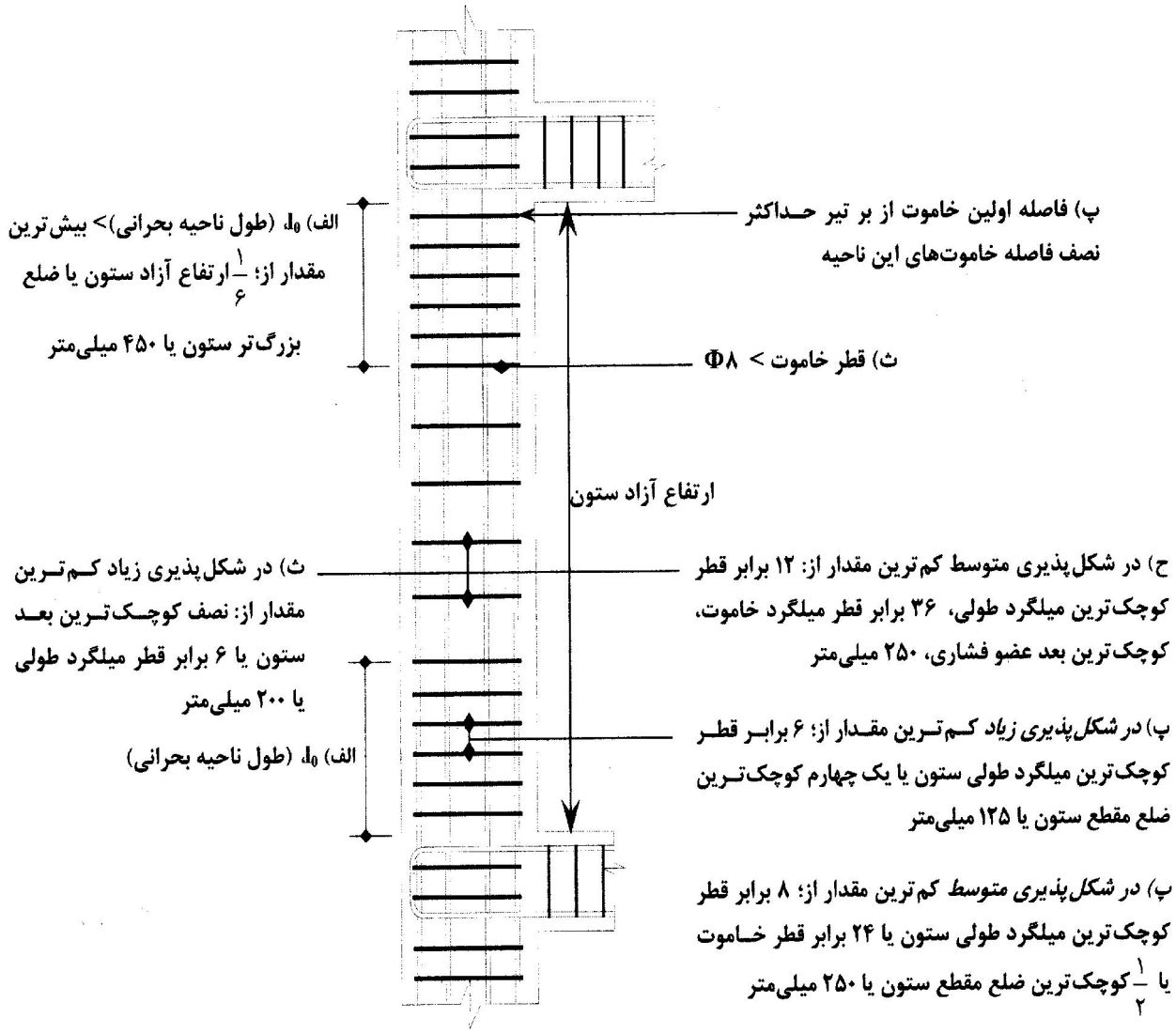
ج) مقطع تیر

اشکال (۱-۲۹): فواصل آزاد میلگردهای طولی

در صورت عدم رعایت حداقل فواصل میلگردهای طولی، پیوستگی بین بتن و میلگـردهـا ضـعیف و عملکرد آنها در مقابل کشش ناشی از نیروی جانبی تضعیف می‌گردد. شکل (۵- ۹۳)

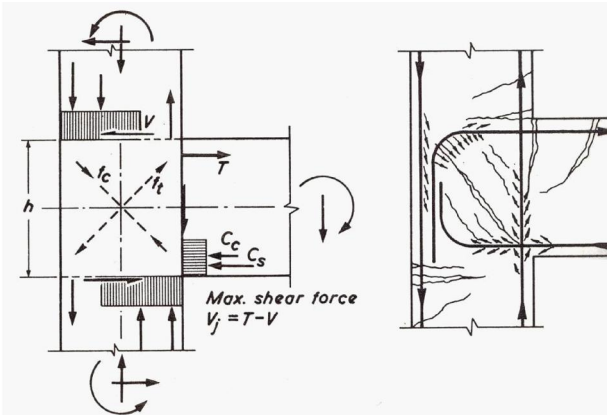
شکل (۵- ۹۳) نمونه‌ای از عدم رعایت حداقل فواصل میلگردهای طولی و خسارت ناشی از نیروی جانبی



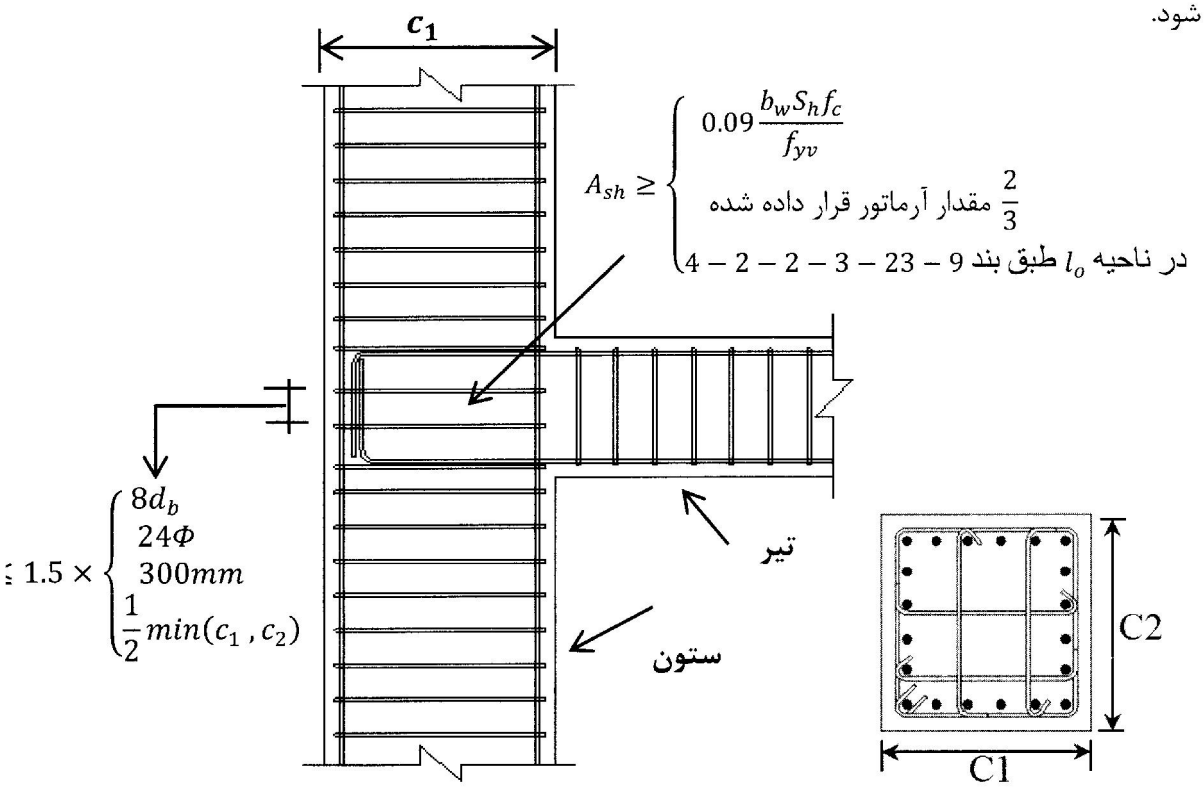


شکل (۴-۲۸): مشخصات میلگردگذاری عرضی (خاموت) در ستون

اتصال تیر به ستون در شکل پذیری معمولی

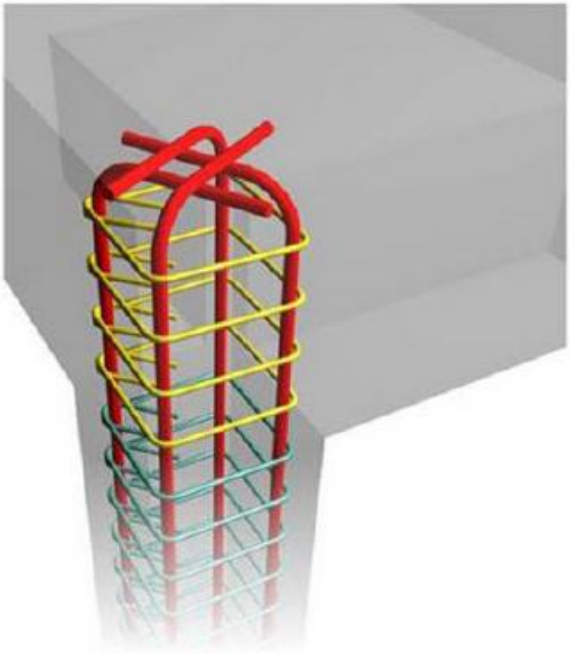


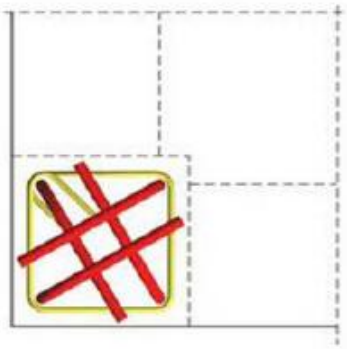
ب- مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی در ناحیه ستون، مطابق بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفرهای نظیر در ناحیه L_0 اختیار شود.



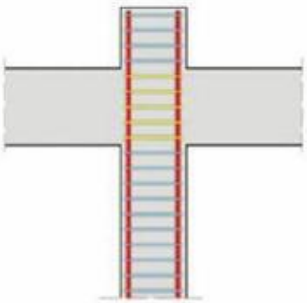
شکل (۵- ۸۲) جزییات اتصال تیر به ستون

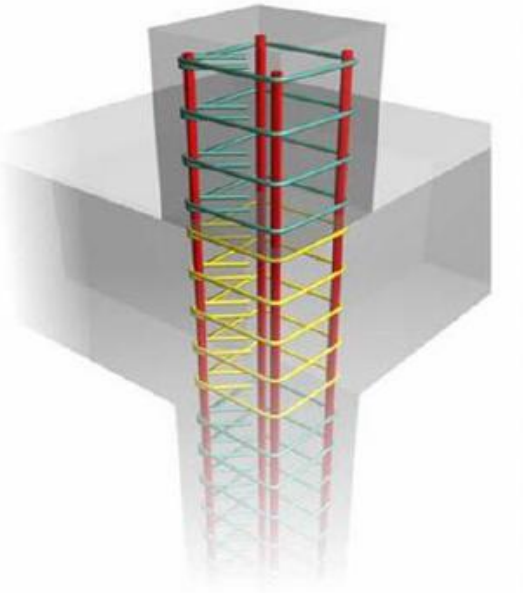
Other cases of anchoring the reinforcement of the upper floor level:
(b) hooks bend at 90° (case A)



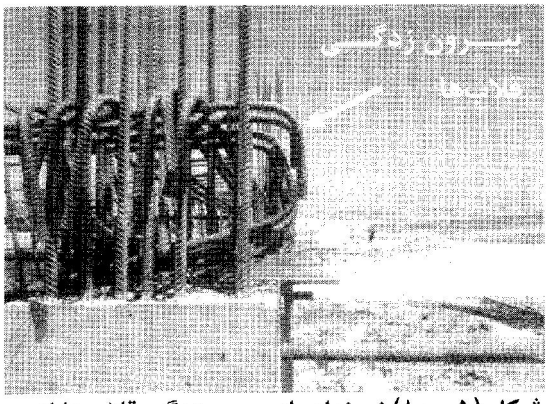


A case of anchoring the reinforcement of the upper floor level

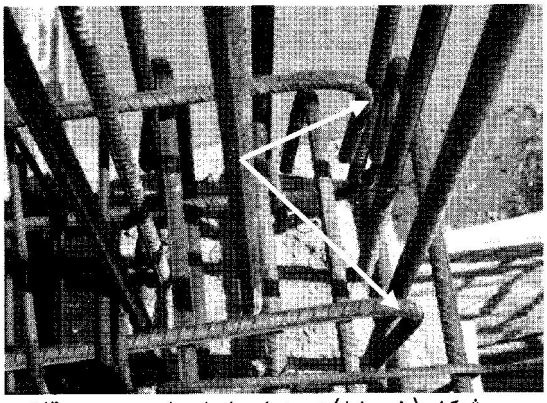




۹-۲۳-۴-۴-۳-۲ قلاب‌ها باید در هستهٔ محصور شده ستونها ویا دراجزای لبه دیوارها مهار شوند.شکل(۵-۸۰ و ۸۱)

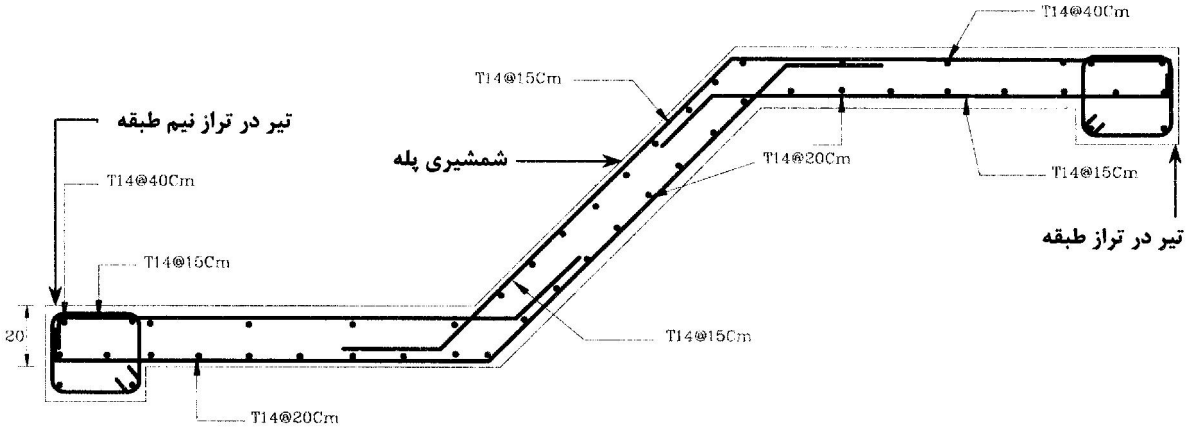


شکل (۵- ۸۰) نمونه‌ای از بیرون زدگی قلاب‌ها از هسته محصور شده

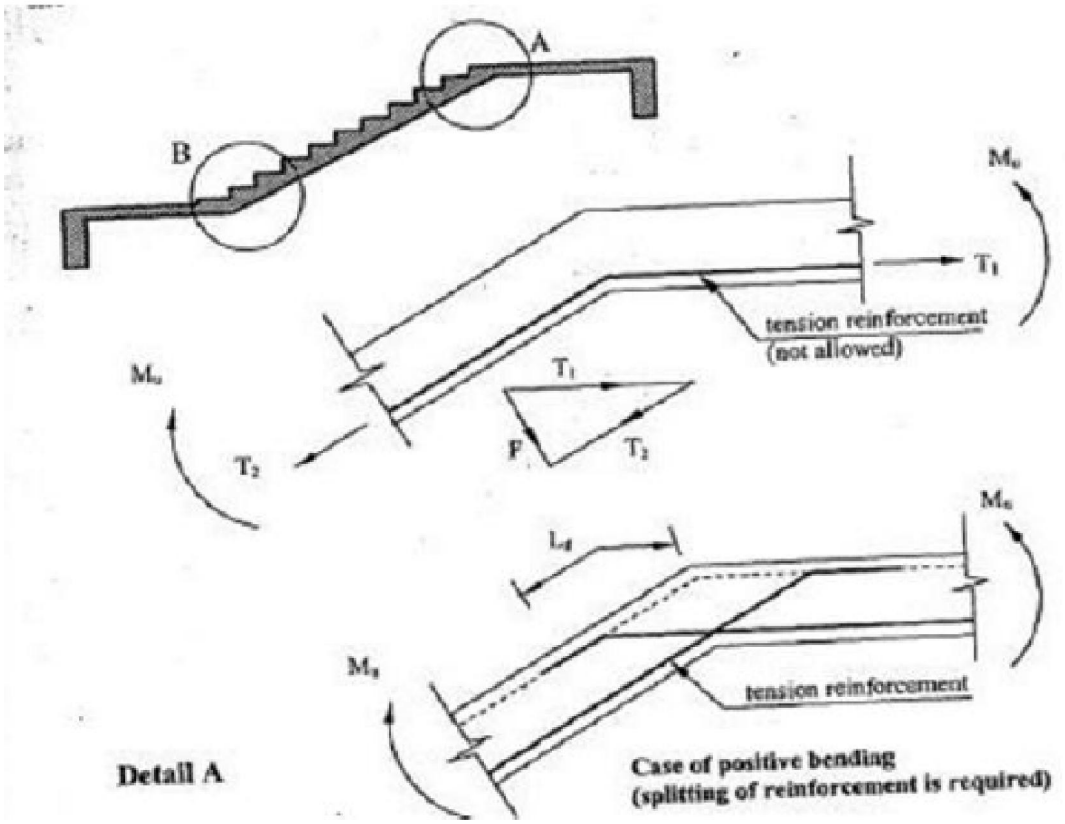


شکل (۵- ۸۱) نمونه‌ای از اجرای صحیح قلاب در هسته محصور شده

اجرای پله بتونی و سطوح شیب دار

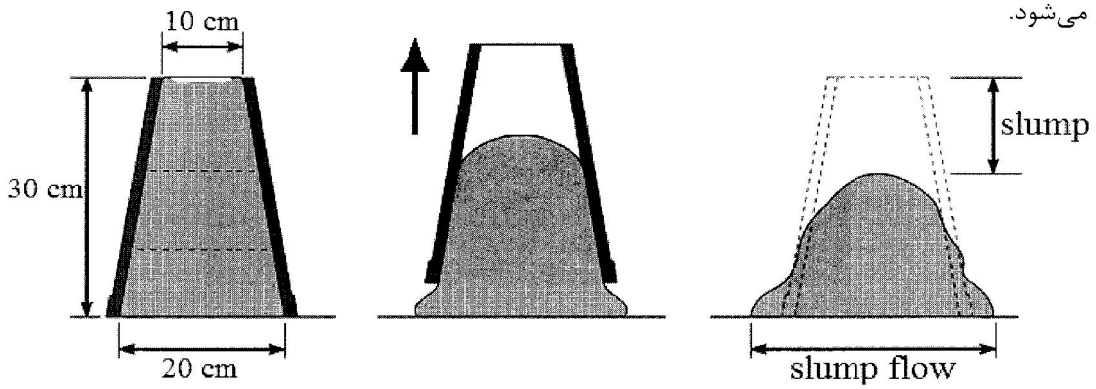


شکل (۱-۶۰): جزییات اتصال دال پله به تیرهای انتهایی



آزمون‌های اسلامپ: طبق بند ۴-۳ نشریه ۳۲۷

این روش آزمون علی رغم محدودیت‌ها و خطاهای ذاتی که دارد، به علت سهولت در اجرا، کم هزینه بودن، سرعت در انجام دادن آزمون، دربسیاری از کارگاه‌های ساختمانی دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این آزمون نشان دهنده میزان روانی و تغییرات یکنواختی در مخلوط‌های بتنی است که با یک نسبت مشخص از مصالح تهیه می‌شود.



شکل (۶-۲۸) مشخص شدن اسلامپ مخلوط بتن

مراحل آزمایش اسلامپ به شرح زیر است:

الف - قالب اسلامپ (مخروط ناقص) باید کاملاً تمیز و مرطوب شده باشد، اما نباید خیس باشد.

ب - قالب اسلامپ باید بر روی یک سطح صاف، افقی، غیر جاذب آب قرار داده شود، اگر چنین سطحی موجود نیست باید قالب را روی یک ورق فولادی قرار داد. شکل (۶-۳۰)

نمونه‌ای از یک قالب اسلامپ

پ - با گذاشتن دو پا بر روی دو گیره قالب اسلامپ، باید قالب محکم در محل خود نگه داشته شود.

در فاصله زمانی مورد نظر، بعد از پایان اختلاط باید بتن در سه لایه داخل مخروط ریخته شود به گونه‌ای که ارتفاع هر لایه پس از تراکم تقریباً مساوی یک سوم ارتفاع مخروط باشد. هر لایه با استفاده از ۲۵ ضربه میله تراکم، متراکم می‌شود. در لایه‌های بعدی باید میله تراکم، اندکی در لایه قبلی نفوذ نماید. شکل (۶-۳۱).

تذکر: میله تراکم از میلگرد نمره ۱۶ می باشد، و انتهای آن نیزگرد شده است.

ث - پس از بیرون کشیدن قالب می‌توان آن را به صورت بر عکس بر روی سطح صاف و کنار مخلـوط بـتن قـرار داد، سپس باید میله تراکم بر روی قالب قرار داده شود و ارتفاع بین زیر میله و بالاترین نقطه مخروط بتن انـدازه گیـری شود. شکل(۶-۳۴)

نحوه اندازه گیری اسلامپ بتن (کارایی)

طبقه بندی روانی و میزان اسلامپ:

طبقه بندی کارایی و روانی بتن بر اساس آزمون اسلامپ (بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۹)، مطابق جدول ۶-۱ می‌باشد.

جدول ۶-۱ طبقه بندی روانی بتن بر اساس آزمایش اسلامپ

طبقه بندی روانی	میزان اسلامپ(mm)
S1	۱۰ تا ۴۰
S2	۵۰ تا ۹۰
S3	۱۰۰ تا ۱۵۰
S4	۱۶۰ به بالا

پس از اتمام آزمایش اسلامپ باید اطلاعات زیر ثبت گردد:

۱. تاریخ (روز) و زمان (ساعت) آزمایش در طول روز
۲. فاصله زمانی اختلاط بتن تا آزمایش
۳. مقدار اسلامپ به میلیمتر
۴. نوع شکست نمونه (معمولی یا واقعی ، - ریزشی)
۵. محل بتن ریزی و موقعیت قطعه

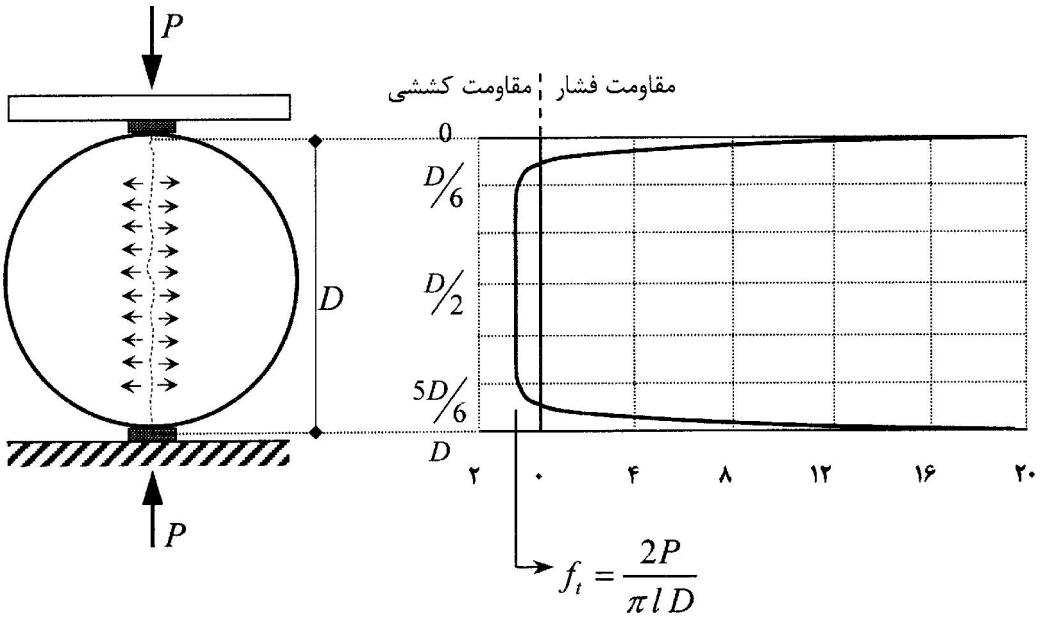
جدول ۵-۳-۲-۱ میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات بتنی

ردیف	نوع عضو یا قطعه بتنی	اسلامپ به میلیمتر	
		حداقل	حداکثر*
۱	شالوده‌ها و پی دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۷۵
۲	شالوده‌های با بتن ساده، صندوقه‌ها و دیوارهای زیر سازه ها	۲۵	۷۵
۳	تیرها و دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۱۰۰
۴	ستونها	۲۵	۱۰۰
۵	دالها و پیاده روهای بتنی	۲۵	۷۵
۶	بتن حجیم	۲۵	۵۰

مقاومت فشاری

این آزمایش روش تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن مانند؛ مغزه‌های (کُرگیری) استوانه‌ای یا نمونه‌های تهیه شده توسط قالب‌های استوانه‌ای را شامل می‌شود. این روش برای بتن‌هایی که وزن مخصوص آن‌ها بیش از ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۳]. نمونه استوانه‌ای به‌صورت استاندارد، قطر ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۳۰۰ میلی‌متر دارد. هم‌چنین بُعد نمونه مکعبی به صورت استاندارد برابر ۱۵۰ میلی‌متر و یا ۲۰۰ میلی‌متر است. هر نمونه در سه لایه و با ۲۵ بار میله‌زدن با میله‌ای به قطر ۱۶ میلی‌متر برای تراکم هر لایه، ریخته شده و به مدت ۲۸ روز در زیر آب و یا در اطاقی با رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد و در دمایی در محدوده ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد مراقبت می‌شود. آن‌گاه نمونه‌ها تحت سرعت بارگذاری، مشخص (۰/۱۵ -۰/۳۴ MPa/sec) بر اساس استاندارد ASTM C39) و تا نقطه شکست بارگذاری می‌شوند (شکل ۵-۳۵) [۹].

تعیین مقاومت کششی به روش غیر مستقیم(آزمایش برزیلی)

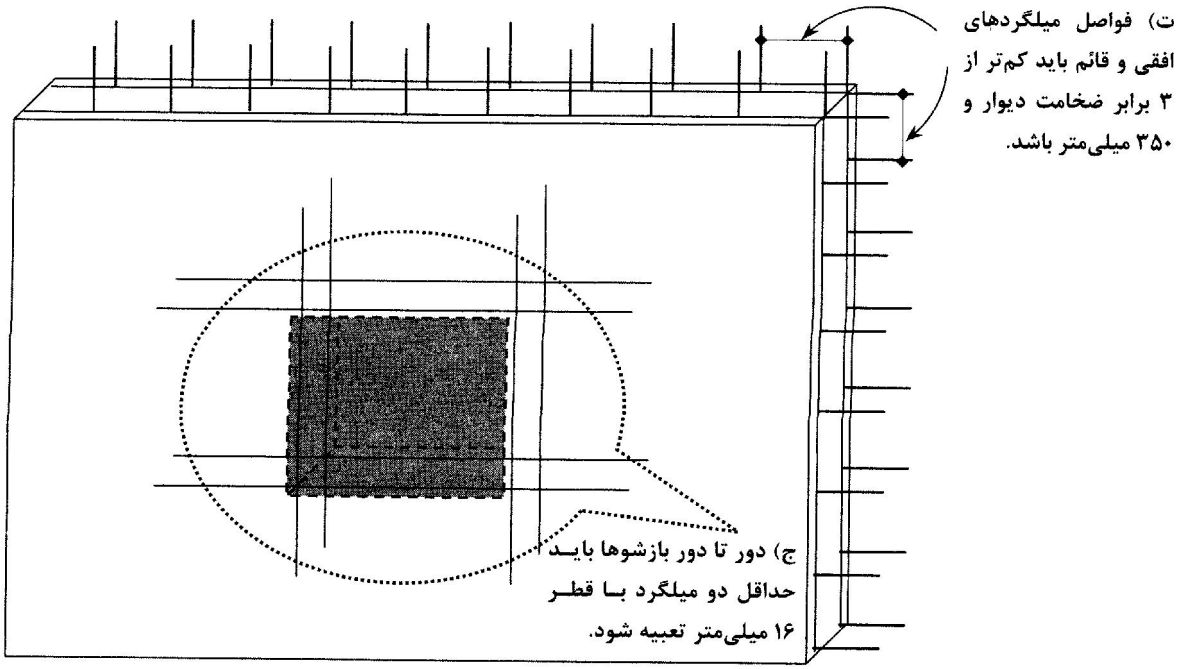


شکل (۵-۴۲): آزمایش شکاف استوانه و توزیع تنش در قطر استوانه

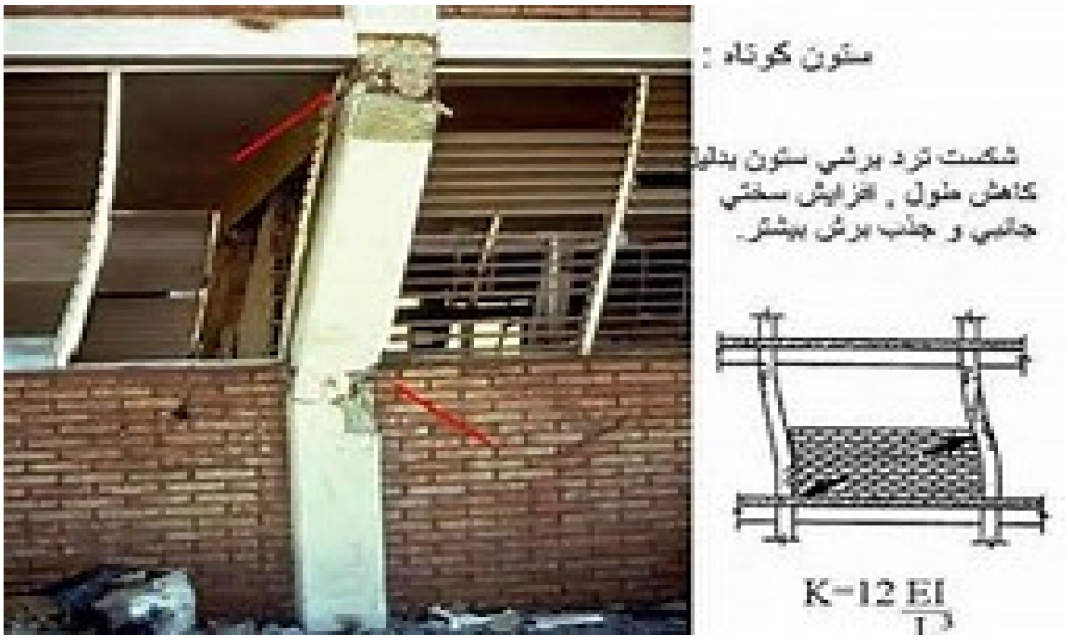
انواع پلان‌های دیوار برشی و المان‌های مرزی

الف) پلان از مقطع دیوار برشی هم عرض با المان‌های مرزی

ب) پلان از مقطع دیوار برشی متصل به ستون بتنی طرفین



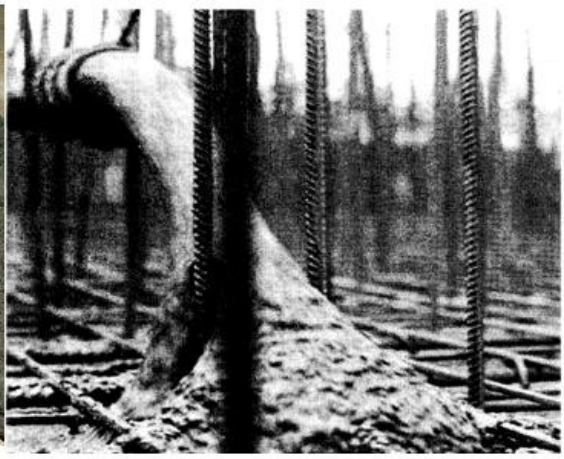
شکل (۴-۳۹): ضوابط میلگردهای قائم و افقی در دیوارهای سازه‌ای



۹-۷-۴ بتن ریزی

۹-۷-۴-۱ بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها در اثر جابجایی مجـدد جلوگیری شود.

۹-۷-۴-۲ روند بتن ریزی باید طوری باشد که بتن هنگام ریختن و جا دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاهای بین میلگردها راه یابد.



نمونه‌ای از حالت خمیری بودن بتن

نمونه‌ای از ریختن بتن در محل نهایی

تمهیدات کلی در بتن ریزی: (طبق بند ۷-۱ نشریه ۳۲۷)

ب - حداکثر ضخامت لایه بتن به ۰/۶ متر و حـداقل ان سـه برابر حداکثر اندازه سنگدانه (هر کدام بزرگتر باشد) محدود می‌گردد. معمولاً دراعضای بتن مسلح، ضخامت ۰/۲ تا ۰/۴ متر پیشنهاد می‌گردد.

پ - بتن ریزی باید به طور مستمر انجام شود و لایه جدید قبل از سخت شدن لایه قبلی ریخته شـود تـا پیوسـتگی بـین لایه‌ها تأمین شود و از بروز صفحات ضعیف که درز سرد نامیده می‌شود، اجتناب گردد.

۹-۷-۴-۳ در صورتی که اسلامپ بتن در موقع تحویل برای مصرف کمتر از میزان مقرر باشد، باید از مصرف آن خودداری شود، با این وجود افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی که هنوز از مخلوط کن تخلیه نشده، فقط با اجازه دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان با یا بدون مواد افزودنی روان کننده میسر می‌باشد مشروط بر اینکه نسبت آب به سیمان از حداکثر مقدار مجاز طرح فراتر نرود.

۹-۷-۴-۴ بتنی که به حالت نیمه سخت درآمده و گیرش آن شروع شده و یا به مواد زیان آور بیرونی آلوده شده نباید در بتن ریزی قطعات سازه‌ای به کار رود.

۹-۷-۴-۵ بتن ریزی باید از آغاز تا پایان، به صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدوده مرزهـا یـا درزهـای از پیش تعیین شده قطعات ادامه یابد.

۹-۷-۴-۹ بتن ریزی دال‌ها و سقف‌ها

الف - بتن ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و بطور متوالی انجام شود نمونه‌های از اجرای نامناسب بتن ریـزی دال

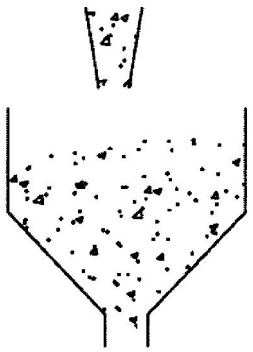
اجرای مناسب **عملیات بتن ریزی دال بطور متوالی و در یک جهت**

ب- بتن باید در نزدیک‌ترین محل نهایی خود ریخته شود، زیرا جابجایی بتن در قالب باعث جداشدگی ذرات می‌شود در صورت نیاز به جابجایی، باید توده بتن به صورت یکجا حرکت داده شود. برای این کار می‌توان از یک وسیله پارویی شکل استفاده نمود و بتن را به صورت توده‌ای حرکت داد. از پرتاب کردن بتن با وسایلی مانند بیل از نقطه‌ای به نقطه دیگر اکیداً خودداری گردد.

نکته:

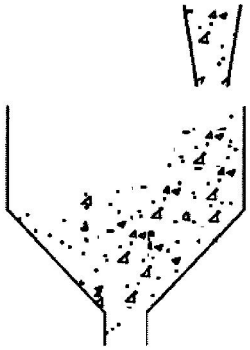
باید سعی شود در ریختن بتن با جام، تا حد امکان آن را به قالب و یا سطح بتن ریزی نزدیک کرد تا موجب جداشدگی نشود، و از اعمال ضربه به قالب و میلگردها جلوگیری گردد.

نمونه‌ای از تخلیه بتن ازجام.



صحیح

ریختن بتن مستقیماً روی دریچه بازشو

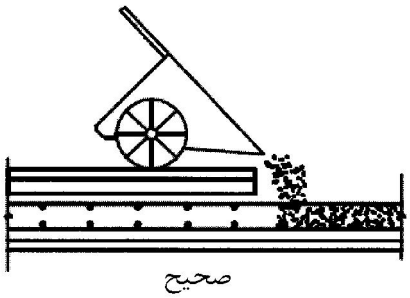


غیر صحیح

ریختن بتن در کناره شیبدار قیف

شکل (۶- ۹۴) روش های صحیح تخلیه بتن

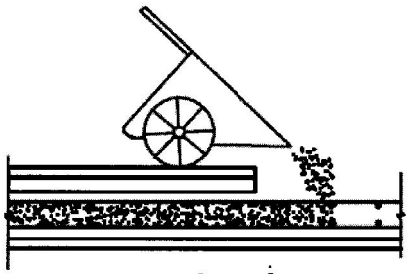
پ - بتن ریزی باید در جلو لایه قبلی بتن انجام شود و نباید در انتهای لایه قبلی بتن ریزی شود در روش صحیح، بتن درون فرغون در جلو بتن قبلی ریخته می‌شود، اما در روش ناصحیح با گذاشتن یک سکو بـر روی بـتن قبلـی، بتن جدید ریخته می‌شود. این عمل باعث جداشدگی اجزای بتن می‌گردد. شکل (۶-۹۳و ۶-۹۴)



صحیح

ریخـتن بـتن از انتهـا و وجـه قالـب

بدون عبور از روی بتن قبلی



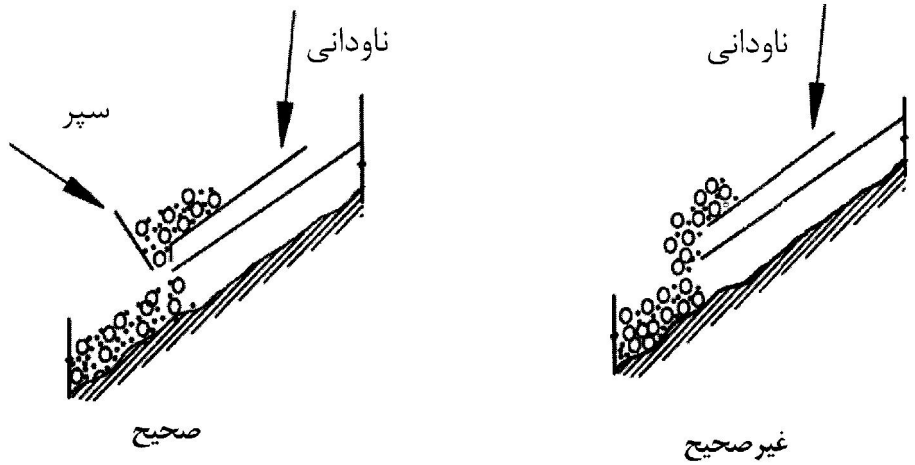
غیر صحیح

ریختن بتن با عبور از

روی بتن ریخته شده

شکل (۶-۹۵) ریختن بتن در قالب های منحنی و باریک و در دال ها

ت - بتن ریزی روی سطوح شیبدار، از پایین شیب شروع می‌شود و به تدریج به سمت بالا رفته و خاتمه می‌یابد. لازم است برای این نوع بتن ریزی، از بتنی با روانی یا اسلامپ کم (حدود ۵۰ میلیمتر) استفاده گردد. همچنین کاهش سرعت بتن ریزی نیز می‌تواند در این خصوص موثر باشد. در شکل زیر، این عملیات به صورت صحیح و ناصحیح نشان داده شده است. شکل (۶-۹۵)



غیرصحیح

برای بتن ریزی یک سطح شیبدار تخلیه بتن از یک ناودانی با انتهای آزاد را نشان می‌دهد. سنگدانه‌های درشت جدا شده و به انتهای سطح شیبدار می‌رود.

صحیح

سپر را در انتهای ناودانی قرار دهید تا جداشدگی پیش نیامده و بتن روی شیب باقی بماند.

شکل (۶-۹۷) ریختن بتن روی یک سطح شیبدار

بتن ریزی سطوح شیبدار طبق بند ۵-۷-۸-۹ نشریه ۵۵

بتن ریزی با بتن غیر مسلح روی سطوح شیبدار، با دست و یا با ماشین مخصوص(قالب لغزنده) انجام می‌شود. چنانچه عملیات روی سطح شیبدار با دست انجام گیرد، با توجه به ضخامت کم سازه، باید بتن در تمام ضخامت دال ریخته شده و لرزاندن، ماله کشی، تسطیح و تنظیم سطح بتن از قسمت تحتانی شیب به سمت بالا انجام شود. برای جلوگیری از جاری شدن بتن روی سطح بهتر است بتن با اسلامپ کم مصرف شود. در این حالت جا انداختن و لرزاندن بتن باید با دقت صورت گیرد، تا بتن کرمو نشود برای سهولت اجرا توصیه می‌شود اسلامپ بتن از ۶/۵ سانتیمتر کمتر اختیار شود. بتن با اسلامپ یاد شده به راحتی روی شیب جا انداخته می‌شود. توصیه می‌شود سطح فوقانی با شیب بیش از ۱/۵ :۱ (۱ قائم ۱/۵ افقی) قالب بندی شوند به هر حال تعبیه قالب برای سطح فوقانی با شیب بیشتر از ۱ :۱ الزامی است توصیه می‌شود در سطوح شیبدار ابتدا بتن کف ریخته و از این بتن به عنوان وادار برای ریختن بتن در شیب استفاده شود.

در کارهای بزرگ ممکن است با تأیید دستگاه نظارت برای پوشش کانالها از قالب لغزنده استفاده شود. در این حالت باید بستر شیب را قبلاً کوبیده و آماده نمود. برای بتن‌های بدون آرماتور با ضخامت حداقل ۵ سانتیمتر، حداکثر قطر مصالح سنگی ۱۹میلیمتر اختیار می‌شود،

۹-۷-۴-۸ بتن ریزی شالوده

درصورت سست بودن محل شالوده، باید عملیات پی کنی تا تراز زمین سخت(با مقاومت مورد نظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد تایید دستگاه نظارت تا تراز زیر شالوده پرشده و تحکیم یابد .بستر شالوده باید با حداقل ۱۰سانتیمتر بتن مگر آماده و رگلاژ شود.

نمونه‌هایی از اجرای بتن مگر

درصورتیکه به علت شرایط زمین شالوده، با دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد، پیمانکار باید با تعبیه پوشش های پلاستیکی و دیگر روش های مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

تعبیه پوشش پلاستیکی جهت قالب آجری

۹-۷-۴-۱۰ بتن ریزی دیوار، ستون و تیرهای اصلی

الف - بتن ریزی در دیوارها باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد.

ب - هر لایه قبل از ریختن لایه بعدی بطور کامل متراکم شود.

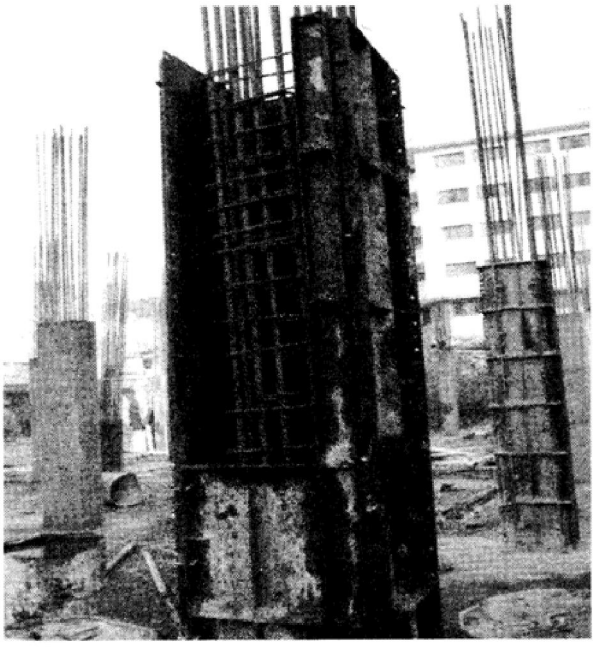
پ - میزان و سرعت بتن ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد اتصال سرد و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد لازم است تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

ت - پیمانه‌های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن ریزی به سوی قسمت مرکزی ساختمان ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود.

ث - در بتن ریزی ستون‌ها و دیواره تا حدامکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه‌ها به ۱/۲ متر محدود می‌شود.

به دلایل زیر توصیه می‌شود: در هنگام قالب بندی، سه وجه ستون به طور کامل قالب بندی شود، و وجه چهارم را تا ارتفاع یک متر قالب بندی نموده، سپس اقدام به بتن ریزی گردد. شکل (۶-۹۸)

۱. ارتفاع بتن ریزی از مقدار خواسته شده حداکثر کمتر می‌گردد.
۲. جلوگیری از جداشدگی سنگدانه‌ها
۳. متراکم نمودن بهتر و مطمئن‌تر بتن ریخته شده



قالب بندی کامل سه وجه ستون بتنی

بتن ریزی ستونها و دیوارها: (طبق بند ۷-۳ نشریه ۳۲۷)

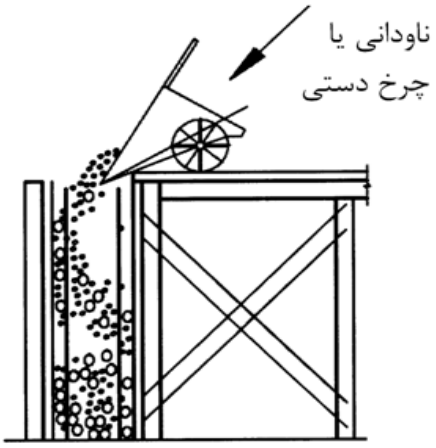
تجربه نشان می‌دهد که در هنگام بتن ریزی از ارتفاع بیش از ۲ متر، چنانچه تمهیدات خاص اعمال نگردد، کیفیت بتن نامطلوب خواهد بود. بتن ریزی در ارتفاع زیاد سبب می‌شود که بتن با قالب و میلگردها برخورد کند و دچار ضربه ناگهانی شود و در نتیجه جداشدگی اجزا در بتن رخ می‌دهد. همچنین در بتن‌های با اسلامپ زیاد باعث جداشدگی به علت سرعت سنگدانه‌ها با قطر و وزن متفاوت می‌شود.

موارد زیر در بتن ریزی از ارتفاع ضروری است:

الف – درمواردی که تراکم میلگرد در ستون و یا دیوار درحد کم باشد و سطح مقطع قالب فضای کافی را ایجاد کند می‌توان از لوله‌های آویز، ناودان و یا قیف‌هادی برای بتن ریزی استفاده کرد. ناودان شامل یک لوله ویک قیف در بالای آن است. لوله ناودان درداخل قالب گذاشته می‌شود و بتن ریزی به صورت تدریجی اما پیوسته انجام می‌گردد. با ریختن بتن، بتدریج لوله ناودان به طرف بالا هدایت می‌شود. این عمل باعث می‌شود که از عارضه جداشدگی ذرات بتن جلوگیری گردد.

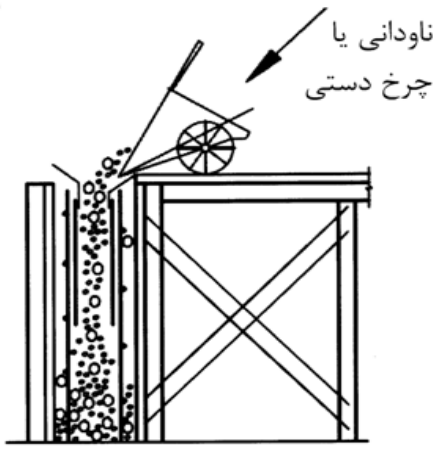
نمونه‌ای از یک لوله و قیف جهت بتن ریزی

ب - قطر لوله باید حداقل ۸ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه باشد، اما در قسمت پایین (بعد از ۲ یـا ۳ متـر ارتفـاع) قطر لوله را می‌توان کاهش داد و ۶ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه در نظر گرفت. لولـه‌هـا مـی‌تواننـد بـه صـورت پلاستیکی و یا پارچه‌ای باشند که در صورت وجود بتن، قطر مورد نظر را می‌توان به دست آورد. این لوله‌ها نسبت به لوله‌های صلب (انعطاف ناپذیر) ارجحیت دارند. چون لوله‌های انعطاف پذیر ازمقدار ضربه و جدا شـدن دانـه‌هـا جلوگیری می‌کند. طریق ریختن بتن در شکل نشان داده شده است.



غیرصحیح

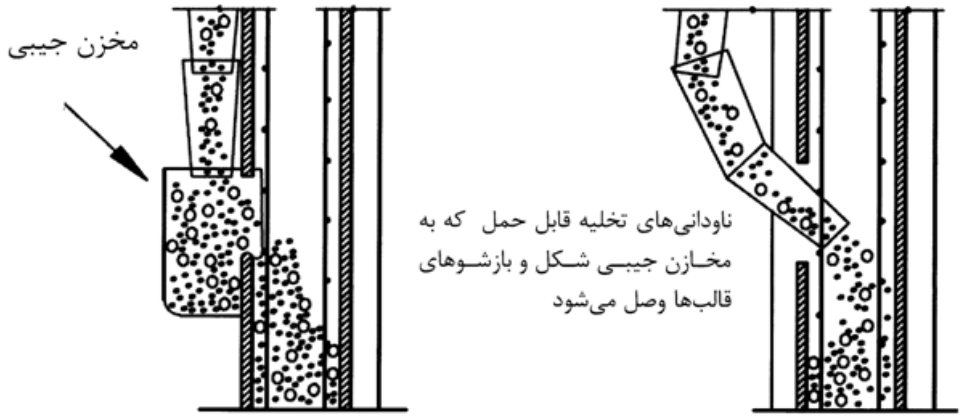
ریختن بتن در ناودانـی و برخورد بتن با دیواره قالب‌ها و نیز میلگردها ضمن جدایی بتن و بتنی کرمـو و متخلخـل در پایـین ایجاد می‌گردد.



صحیح

ریختن بتن به داخل قیق‌های سبک و از آنجاتغذیه ناودانی‌های تخلیه سبک و با انـعطاف باعث می‌شود که در بتن جدایی پیش نیـاید قالب‌ها و میلگردها تا قبل از اینکه بتن آنها را فراگیرد، تمیز باقی می‌مانند.

پ - در مواردی که ستون یا دیوار دارای میلگرد در حد زیاد و متراکم است، امکان دارد کـه اسـتفاده از لولـه‌هـای ناودان برای ریختن بتن عملی نباشد. بنابراین می‌توان با تعبیه دریچه یا باز شو در قالب، بتن ریـزی را انجـام داد



غیر صحیح

برای ریختن سریع بتن داخل قالـب‌ها از سیستم زاویه دار نسبت به قائم استفـاده شده است. این حالت منجر به جدا شدگی می‌شود.

صحیح

ریختن بتن بطور قائم در مخازن جیب مانند بیرونی قالب‌ها در نقـاط مختـلف باعث می‌شـود بتـن به آرامـی و بدون جداگی شدگی داخل قالب شود

متراکم کردن بتن:

خارج کردن هوای بتن و نزدیک کردن فاصله ذرات جامد به هم را تـراکم گوینـد کـه ایـن عمـل را بـا لرزانـدن (ویبره کردن) بتن بوسیله لرزاننده (ویبراتور) انجام می‌دهند. هدف از آن خارج کردن هوای محبوس ناخواسـته تا حدود ۱/۵ درصد و کمتر است تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود.

نمونه‌ای از خارج شدن هوای داخل بتن

۱- ارتعاش درونی (غوطه ور)

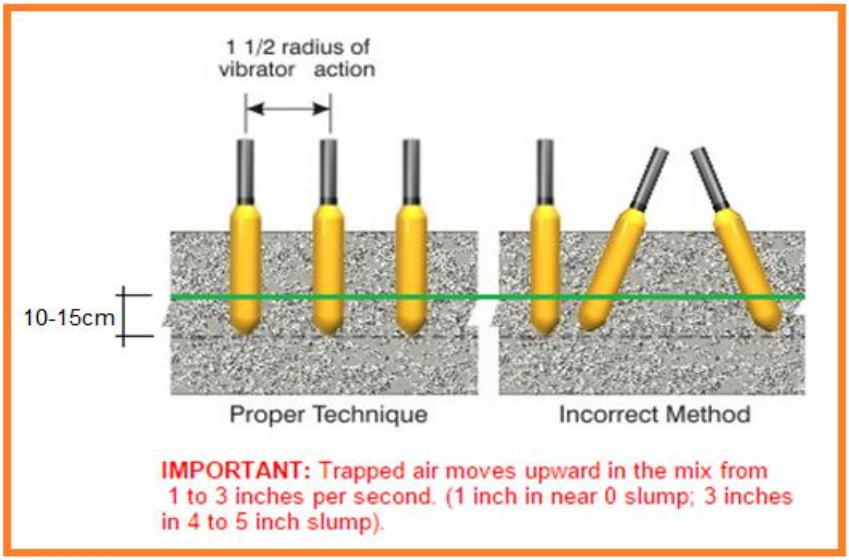
ویبراتورهای درونی یا غوطه ور به صورت ویبراتورهای بیلچه‌ای یا میله‌ای برای متراکم کردن بتن دیوارها، دالها، تیرها، ستونها و اعضای مشابه توصیه می‌شوند. قطر قسمت مرتعش کننده ویبراتور، از ۲۰ میلیمتر به بالاست. دامنه اثر ویبراتور با قطر مرتعش کننده و فرکانس نوسانات آن متغیر است. میزان ارتعاش با قطر ویبراتور، کاهش و دامنه عمل با قطر ویبراتور، افزایش می‌یابد.

نمونه‌هایی از ویبراتورهای درونی

متراکم شدن بتن (طبق بند ۲-۱۰-۲ نشریه ۸۲)

ظاهر شدن دوغاب سیمان در سطح کار و اطراف لوله ویبراتور، نشانه متراکم شدن بتن است. بتن با روانی کمتر، به زمان بیشتری برای متراکم شدن نیاز دارد.

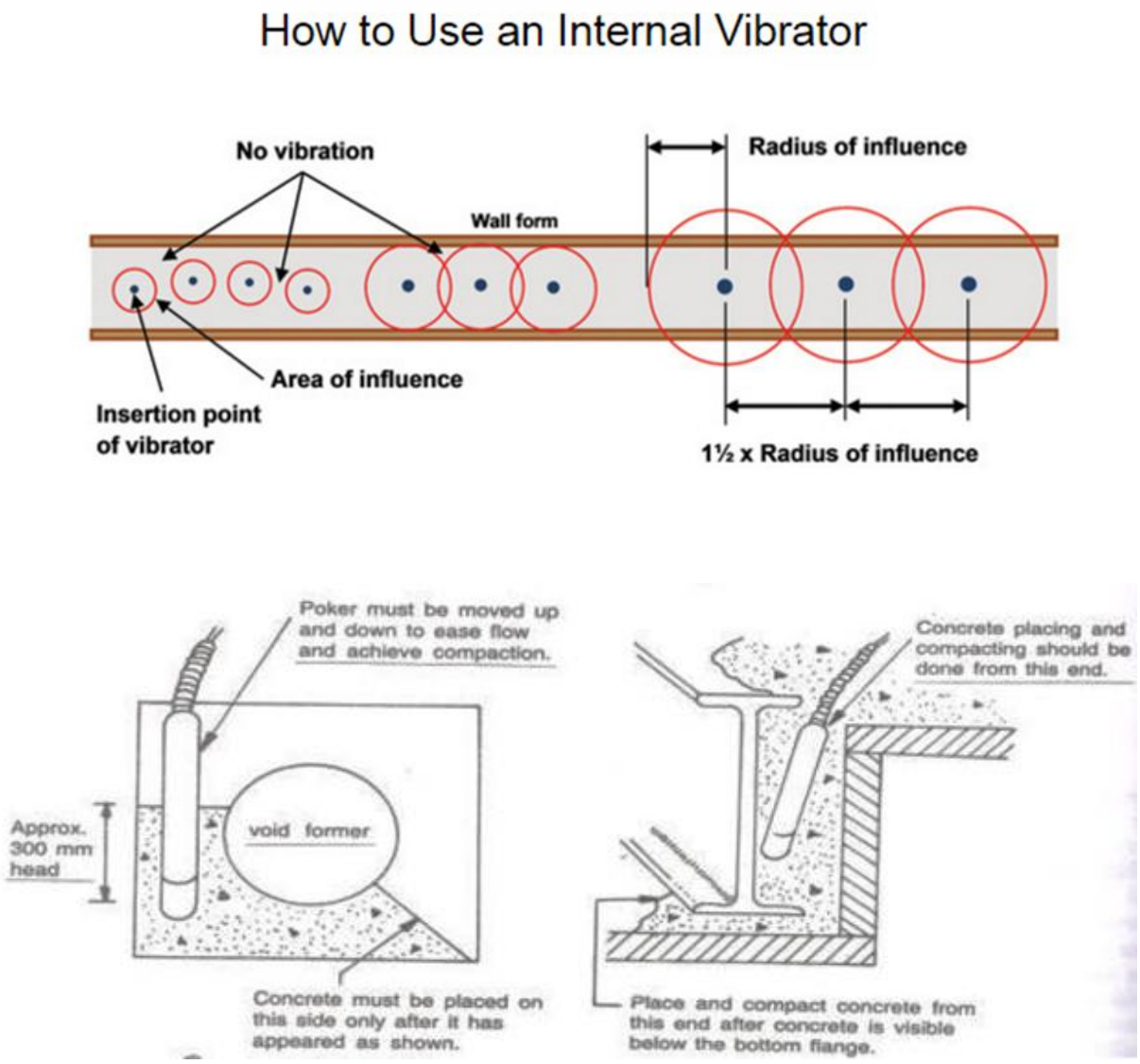
۹-۷-۵-۳- ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا در داخل بتن باقی نماند.



اع عمل مؤثر با توجه به قطر ویبراتور حدودا از اعداد زیر تبعیت می کند:

- برای قطر قسمت مرتعش کننده بین ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر، دامنه مؤثر ۷/۵ تا ۱۵ سانتیمتر
- برای قطر قسمت مرتعش کننده بین ۵۰ تا ۹۰ میلیمتر، دامنه مؤثر ۱۸ تا ۳۶ سانتیمتر.

۹-۷-۵-۲ – ویبراتور در داخل بتن باید بطور منظم و فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده، با هم همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.



الف - ویبراتورها باید توسط کارگران مجرب مورد استفاده قرار گیرند.

ب - حتی الامکان مرتعش کننده به صورت قائم و در اثر وزن طبیعی خود در بتن فرو رود

پ - از اعمال فشار به ویبراتور باید جداً خودداری شود. داخل و خارج کردن ویبراتور در بتن، باید به آرامی و حدوداً با سرعت ۸ سانتیمتر در ثانیه صورت گیرد.

ت - ویبراتور باید به انتهای لایه بتن ریزی رسیده و حداقل ۱۵ سانتیمتر در لایه قبلی نفوذ کند.

ث- در دال‌های نازک و در صورت تأیید دستگاه نظارت و با احتیاط، می‌توان ویبراتور را به صورت مورب یا افقی در بتن قرار داد تا سر آن کاملاً در بتن قرار گیرد.

ج - فاصله نقاطی که ویبراتور در بتن فرو می‌رود، باید حدوداً ۱/۵ برابر دامنه عمل ویبراتور باشد، به نحوی که مناطق مرتعش شده حدوداً چند سانتیمتر یکدیگر را بپوشانند.

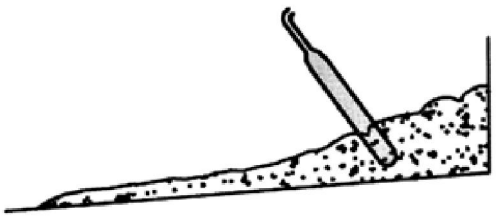
چ - ویبراتور باید حدوداً بین ۵- ۱۵ ثانیه، آرام نگهداشته و سپس به آرامی از بتن خارج شود.

ح - لرزاندن بیش از اندازه بتن خصوصاً برای بتن‌های با اسلامپ زیاد، باعث تفکیک دانه‌ها شده و به هیچ وجه مجاز نیست.

خ - بسته به نوع بتن، زمان لازم برای قرار دادن ویبراتور در بتن را حدوداً می‌توان مطابق جدول ۵-۷-۱۰-۳-ت اختیار کرد.

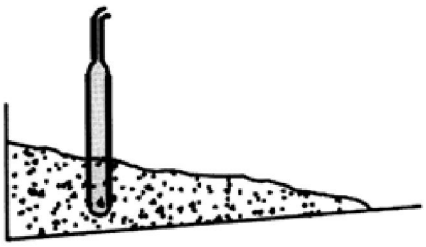
جدول ۵-۷-۱۰-۳-ت زمان لازم برای لرزاندن بتن با توجه به اسلامپ آن

نوع بتن	اسلامپ به میلیمتر	مدت لرزاندن به ثانیه	
فوق العاده خشک	—	۳۲-۱۸	
خیلی سفت	—	۱۸-۱۰	
سفت	۳۰ -۰	۱۰ -۵	
سفت خمیری	۸۰ -۳۰	۵-۳	
خمیری		۱۳۰ -۸۰	۳-۰
روان		۱۸۰ -۱۳۰	—



غیر صحیح

شروع بتن ریزی از بالای سطح شیبدار.
تن قسمت بالا تمایل به جدایی پیدا می‌کند،
ه ویژه وقتی قسمت پایین آن لرزانده می‌شود،



صحیح

شروع بتن ریزی از انتهای سطح شیبدار.
باعث می‌شود، وزن بتن تازه ریخته شده، به تراکم بتن قبلی کمک نماید، و لرزاندن سبب متراکم شدن بتن می‌گردد.

نحوه متراکم نمودن مخلوط بتن در سطح شیبدار

الف- عمل آوری به وسیله آب (طبق بند ۵-۸-۳-۱ نشریه ۵۵ و فصل ۱۲نشریه ۳۲۷)

۱ - عمل آوری به روش آب راکد (نشریه ۵۵)

برای نگهداری و عمل آوردن سطوح تخت سازه‌های بتنی نظیر کفها، پیاده روها، دالها و روسازی جاده‌ها، می‌توان از این روش استفاده نمود.

به استناد بند ۱۲-۱-۱ نشریه ۳۲۷ آب درون حوضچه نباید بیش از ۱۲ درجه سانتی گراد سردتر از بتن باشد.

۲ –آبپاشی (افشاندن آب) به استناد بند ۱۲-۱-۲ نشریه ۳۲۷

افشاندن آب در دمای بیش از ۵+ روش بسیار مناسب برای عمل آوردن بتن است. روند افشاندن آب باید پیوسته باشد، در صورتی که افشاندن با وقفه انجام پذیرد، باعث تروخشک شدن می‌گردد و در نتیجه عارضه پوسته شدن در سطح بتن بروز می‌کند. آب افشانی معمول در برخی از کارگاه‌های کشور ما، علاوه بر ایجادتر و خشک شدن، باعث شوک حرارتی نیزمی گردد، زیرا با خشک شدن سطح در زیر آفتاب، دمای سطح بتن بالارفته و با پاشیدن آب خنک، مشکل ترک خوردگی وجود خواهد داشت.

۳ - پوشش‌های خیس: به استناد بند ۱۲-۱-۳ نشریه ۳۲۷

در صورتی که نتوان به طور مداوم با افشاندن آب، سطح بتن را مرطوب نگه داشت، استفاده از پوشش‌های جاذب آب از قبیل چتایی، گونی، گلیم و حصیر و استفاده از خاک، ماسه، خاک اره، کاه و یوشال خیس مناسب است. ضخامت این نوع پوشش‌ها باید حداقل ۵۰ میلیمتر باشد و ضخامت لایه کاه، ۱۰۰ میلیمتر و پوشال باید حداقل ۱۵۰ میلیمتر باشد

نمونه‌ای از عمل آوری با پارچه چتایی و خیس کردن متوالی آن

۲- ورق پلاستیک یا نایلون (طبق بند ۱۲-۲نشریه ۳۲۷)

ورق پلاستیک وزن بسیار سبکی دارد و در رنگ‌های مختلف، مانند سفید و سیاه موجود است.

ورق پلاستیک باید کاملاً سطح بتن را بپوشاند و لبه بالای آن حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار گیرد تعرق و چکه کردن آب ناشی از تبخیر سطح بتن می‌تواند به ظاهر بتن آسیب رساند.

نمونه‌ای پوشش نایلونی روی سطح بتن