دستورالعمل

اجرای بتن پاشیده در مقاوم سازی مدارس

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور

شماره: ۳۱۵۶-۲ /۸۹ ۱۰۲
تاریخ: ۸۹/۰۳/۲۶
پیوست: دارد

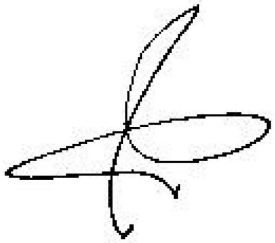
بسمه تعالی

جناب آقای مهندس . . .
مدیر کل محترم نوسازی مدارس استان . . .

سلام علیکم

احتراماً ، بدینوسیله دستورالعمل اجرای بتن پاشیده در مقاوم سازی مدارس کشور ابلاغ می گردد. رعایت کلیه ضوابط این دستورالعمل توسط ناظرین و پیمانکاران لازم الجرا می باشد. مقتضی است لزوم رعایت ضوابط این دستورالعمل در پروژه‌های سال جاری ، به پیمانکاران طرف قرارداد ابلاغ گردد.

محمدحسین ترابی زاده
معاون فنی و نظارت



خیابان دکتر علی شریعتی، خیابان قیطریه (بلوار صبا)، کوچه شهید سید عباس حسینی (نجم سابق) سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور
صندوق‌پستی: ۱۹۳۹۵/۳۶۴۱ کد پستی : ۱۹۳۳۸۸۴۸۸۳ تلفن : ۲۲۲۴۷۹۷۹ نمابر : ۲۲۲۱۱۸۳۵
وب سایت : www.nosazimadares.ir پست الکترونیکی: info@nosazimadares.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پروش
سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور

دستورالعمل اجرای بتن پاشیده در مقاوم سازی مدارس

دستورالعمل شماره ۳۱۵۶-۲/۱۰۲۸۹

معاونت فنی ونظارت
دفتر مقاوم سازی مدارس کشور
www.nosazimadares.ir/behsazi/

بهار ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار

سابقه استفاده از بتن پاشیده یا شاتکریت به سال ۱۹۱۰ میلادی باز می‌گردد. در آن سالها ابزاری به جامعه مهندسین معرفی شد که توسط آن ملات های ریز دانه توسط فشار هوا به سمت سطوح پاشیده می‌شدند. از آن سال تا کنون تغییرات عمده ای در ایده اولیه طرح شده ایجاد نشده است و تنها قدرت و شکل دستگاه ها در سالهای متمادی تغییراتی داشته است.

در ایران بتن پاشیده عمدتا در پایداری شیروانی ها و دیواره تونلها به کار گرفته می شد. با ورود پانل های سبک سه بعدی به صنعت ساختمان ایران، روش بتن پاشیده و دستگاه های شاتکریت جایگاهی در صنعت ساختمان پیدا نمودند. اما با توجه به استفاده عمده پانل های سبک سه بعدی به منظور تیغه بندی، روش‌ها و ملحوظات استفاده از بتن پاشیده آنچنان مورد توجه واقع نگردید.

با آغاز طرح مقاوم سازی مدارس کشور در سال ۱۳۸۵ روش شاتکریت بار دیگر در صنعتی نوپا به نام مقاوم سازی ساختمان های فرسوده به صورت جدی مطرح گردید و امروز با گذشت ۴ سال از آغاز این طرح، بتن پاشیده به عنوان مهم ترین روش به منظور ترمیم ساختما نهای فرسوده مورد توجه مهندسان می باشد. البته این مسئله تنها به مزایای ذاتی بتن پاشیده باز نمی گردد، بلکه کثرت نوع خاصی از ساختمانها در کشور که همانا ساختما نهای مصالح بنایی می باشد، ذی مدخل این اقبال بوده است.

نظر به کثرت استفاده از بتن پاشیده در پروژه های مقاوم سازی مدارس، سازمان نوسازی مدارس کشور به منظور ارتقا کیفیت پروژه های اجرایی بر خود لازم دید تا دستورالعملی در خصوص بتن پاشیده با سبقه اجرایی منتشر نماید. مخاطب این دستورالعمل بیش از آنکه مهندسان طراح باشد، ناظرین پروژه های اجرایی و پیمانکاران خواهد بود.

هرچند که در تدوین این مجموعه تلاش زیادی به منظور استفاده از تجربیات ۴ سال گذشته در مقاوم سازی مدارس شده است، اما بدون تردید این اثر مصون از ایرادات و ابهامات فنی و موضوعی نخواهد بود، لذا از کلیه کارشناسان م متخصصان دعوت می گردد تا با ارسال نقطه نظرات خود در خصوص این دستورالعمل ما را در بهبود آن یاری نمایند.

علیرضا مهدیزاده

مسئول واحد مقاوم سازی سازمان

کارگروه تدوین

جمال الدین برزویی
آرش مردانی
علیرضا مهدیزاده

کمیته بازنگری و تصویب

علیرضا آقابابائی
علی اکبر آقاکوچک
محمد حسین ترابی زاده
عبدالرضا سروقدمقدم
حمزه شکیب
ابوالقاسم صانعی نژاد
غلام رضا قدرتی
عبدالله حسینی
علیرضا مهدیزاده
محمد میرهاشمی
تیمور هنربخش

فهرست عناوین

دستورالعمل اجرای بتن پاشیده در پروژه های مقاوم سازی مدارس ۱

۱ کلیات..... ۲

۱.۱ شاتکریت (بتن پاشیده) :..... ۲

1.2 شبکه میلگرد..... ۲

1.3 دستگاه شاتکریت..... ۲

۴.۱ مقایسه روش شاتکریت خشک و تر ۴

۵.۱ دستگاه واترجت (آب پرفشار) ۶

۲ روش اجرا..... ۸

۱.۲ برداشت اندود ۸

2.2 سوراخکاری..... ۹

۱.۲.۲ شاتکریت یک طرفه ۹

۲.۲.۲ شاتکریت دو طرفه..... ۱۱

۳.۲ نصب شبکه میلگرد..... ۱۲

۴.۲ بتن پاشی ۱۴

۵.۲ تسطیح نهایی رویه بتنی..... ۱۶

۶.۲ عملآوری..... ۱۶

۳ بتن شاتکریت (بتن پاشیده)..... ۱۸

۱.۳ مشخصات شاتکریت..... ۱۸

۱.۱.۳ مقاومت..... ۱۸

3.1.2 جمع شدگی شاتکریت ۱۸

۳.۱.۳ مقاومت در برابر ذوب شدن و یخ زدن ۱۸

۴.۱.۳ برگشت مصالح (Rebound)..... ۱۸

۲.۳ آزمایشها مصالح ۱۹

۱.۲.۳ سیمان..... ۱۹

۲.۲.۳ سنگدانه ۱۹

۳.۲.۳ آب ۲۱

۴.۲.۳ مبانی تعیین نسبتهای اختلاط بتن پاشیده..... ۲۱

پیوست الف ۲۳

فصل اول

کلیات

۱ کلیات

۱.۱ شاتکریت (بتن پاشیده) :

شاتکریت روشی است که در آن بتن با فشار مشخصی به سوی سطوح پرتاب می شود.

در سال۱۸۹۵ در موزه علوم طبیعی در شیکاگو آمریکا دکتر کارلتون آکلی به دنبال ساخت مدل‌هایی از حیوانات ماقبل تاریخ بود. بدنه و پیکره اصلی این مدل‌ها توسط ملات‌های رایج قابل تولید نبوده‌اند. برای این منظور از یک محفظه محتوای ماسه و سیمان که با هوای فشرده به سمت یک لوله خروجی قرار دارد و در قسمت خروجی با آب تحت فشار ترکیب می‌شود، استفاده نمود. تجهیزات "تفنگ سیمانی" (Cement gun) و مصالح "گونیت (Gunite) نام گرفت. این روش در سال ۱۹۱۱ به ثبت رسید. این روش از سال ۱۹۷۰ روش True gun که به معنای ترکیب سیمان و ماسه و آب از ابتدا و سپس پمپ شدن به سمت لوله خروجی می‌باشد نامیده شد و امروزه به نام روش شاتکریت تر شناخته می شود.

استفاده از این روش به دلیل سهولت استفاده و کارایی بالایی که در ایجاد سطوح بتنی عمودی و پیچیده داشت به سرعت گسترش یافت و از آن زمان تا کنون تغییرات گسترده ای در تجهیزات و روش‌های شاتکریت به وجود آمده است. تا کنون از روش شاتکریت یا پاشش بتن به منظور ایجاد پایداری در شیروانی های خاک، پایدار سازی تونل-ها، تولید حجم های معماری پیچیده، ساخت ساختمان‌های سبک و مقاوم به صورت گسترده‌ای استفاده شده است و با مطرح شدن موضوع مقاوم سازی ساختمان‌ها در ایران، به دلیل کثرت نوع ساختمانهای مصالح بنایی غیر مسلح در کشور ایران، به روش شاتکریت توجه ویژه ای شد. شاتکریت یا بتن پاشی در ساختمانهای مصالح بنایی روشی است که برای افزایش مقاومت برشی و ایجاد انسجام در دیوارهای آجری استفاده می گردد. در این روش باتعبیه یک شبکه میلگرد و اجرای عملیات بتن پاشی ضمن افزایش ظرفیت باربری دیوار مصالح بنایی، عیوب متداول در این گونه دیوارها مرتفع می گردد.

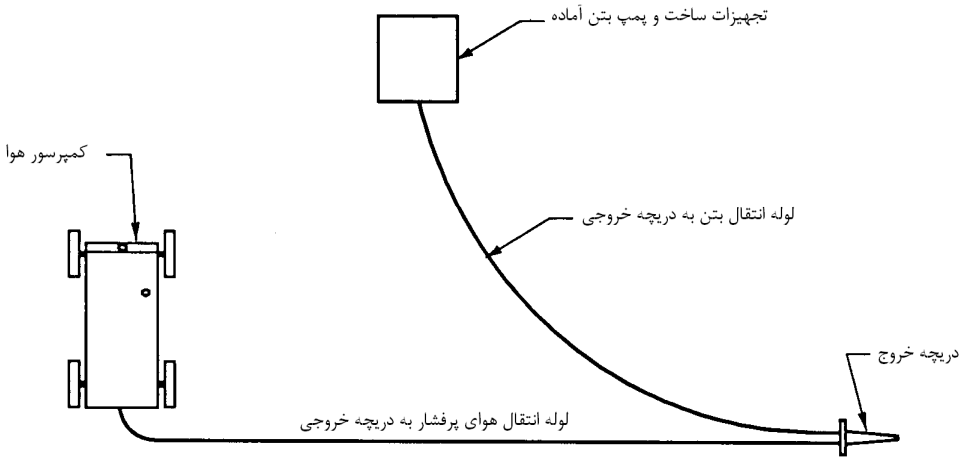
۲.۱ شبکه میلگرد

مقاومت فشاری مطلوب و کششی نامطلوب از خصوصیات شناخته شده بتن می‌باشد و قدمت آن به قدمت خود بتن است. همچنین استفاده از میلگرد های فلزی جهت تسلیح مقاطع بتنی و رفع ضعف کششی مقاطع بتنی، روشی متداول است که سال ها مورد استفاده مهندسین بوده است. در روش شاتکریت این میلگرد ها باید به صورت شبکه ای در هم تنیده استفاده گردد.

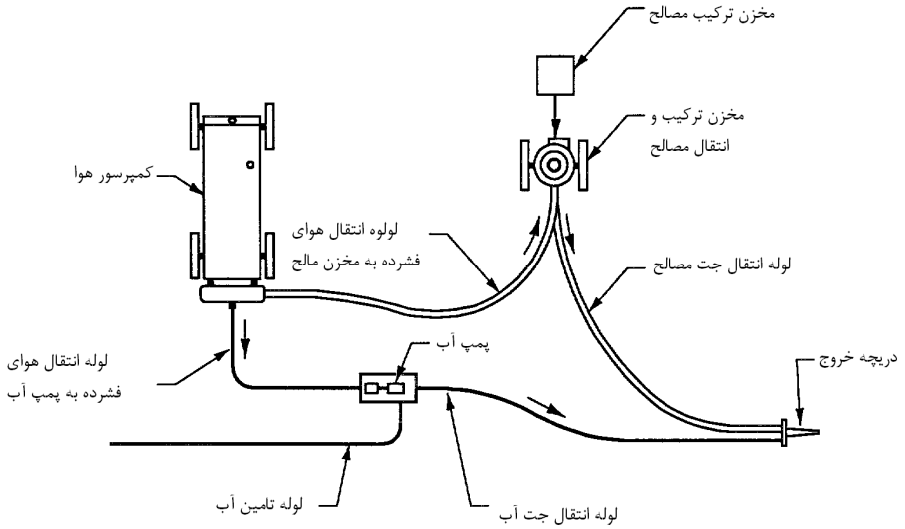
۳.۱ دستگاه شاتکریت

دستگاه های شاتکریت در یک تقسیم بندی کلی به دستگاه های ترپاش و خشک پاش تقسیم بندی می گردند. در روش پاشش تر بتن تازه توسط لوله‌های انتقال به محل شاتکریت منتقل می گردد و در محل دریچه خروجی (نازل)

با هوای فشرده مخلوط شده و با فشار معینی به سطح پاشیده می‌شود. در روش پاشش خشک مخلوط سنگدانه‌ها و سیمان پس از ترکیب همراه با فشار هوا به محل شاتکریت منتقل می‌گردد، از طرف دیگر آب و هوای فشرده (جت آب)به محل مورد نظر منتقل می شود، و این دو لوله انتقال در دریچه خروجی (نازل) با هم ترکیب شده و سپس به دیوار پاشیده می‌شود. در اشکال زیر مکانیزم عملکرد هر یک از آنها به صورت شماتیک نشان داده شده است.

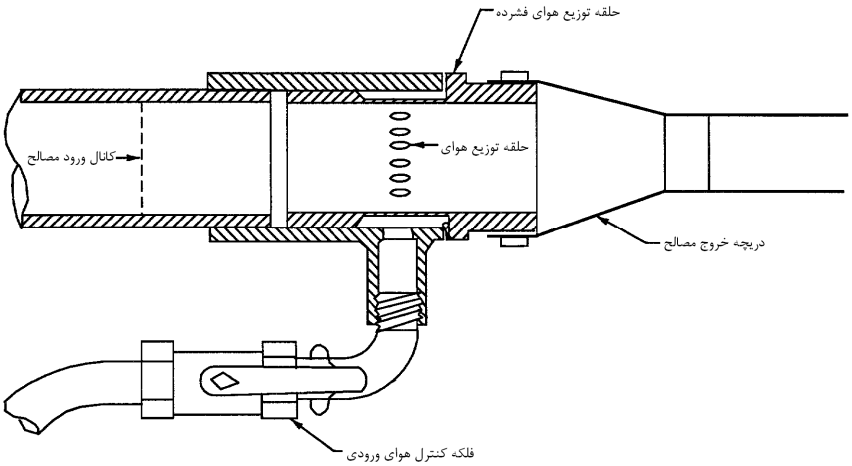


شکل ۱: مکانیزم انتقال مصالح در پاشش تر

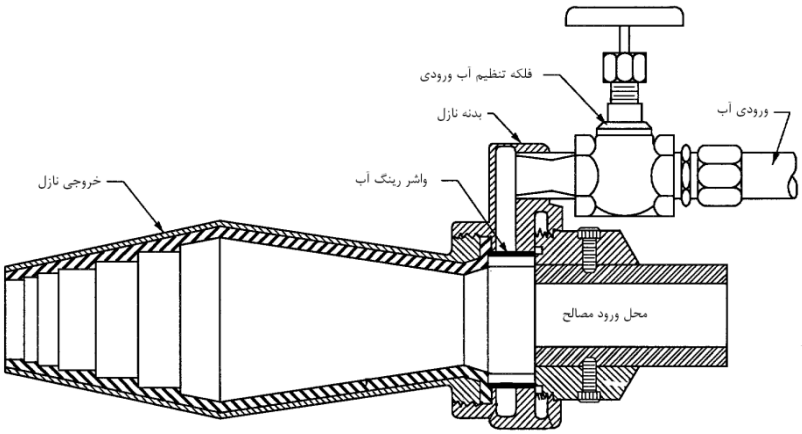


شکل ۲: مکانیزم انتقال مصالح در پاشش خشک

باید دقت داشت که دریچه ترکیب و خروج مصالح که در دستگاه های پاشش تر و پاشش خشک مورد استفاده قرار می گیرد، با توجه به تفاوت های موجود در مکانیزم عملکرد آنها متفاوت است. در اشکال زیر نحـوه عملکـرد ایـن دریچه ها به صورت شماتیک نمایانده شده است.



شکل ۳: دریچه خروج مصالح در پاشش تر



شکل ٤: دریچه خروج مصالح در پاشش خشک

۴.۱ مقایسه روش شاتکریت خشک و تر

انتخاب مناسب دستگاه شاتکریت مسئله اساسی در عملیات شاتکریت می باشد. تفاوت در قیمت تمام شده تهیه و نگهداری تجهیزات، مشخصات عملیات اجرایی و محل مورد نظر جهت عملیات شاتکریت، کیفیت نهایی مورد نظر در سطح شاتکریت و میزان اهمیت پیوستگی لایه شاتکریت با سطوح موجود می تواند منجر به برتری یک روش بر روش دیگر گردد. در ادامه به مقایسه بعضی از این مشخصه ها می پردازیم.

۱. پیوستگی لایه شاتکریت با سطوح موجود، در هر دو روش بتن پاشی خشک و تر به میزان قابل توجهی بالا می باشد و این پیوستگی زیاد از مزایای ذاتی روش شاتکریت است، اما این پیوستگی در روش شاتکریت خشک در مقایسه با شاتکریت تر بیشتر است. این مسئله به دلیل انجام واکنشهای شیمیایی بتن بر روی سطح در روش شاتکریت خشک می‌باشد.
۲. در شرایط یکسان، در صورت انتخاب دستگاه و تجهیزات مناسب، سرعت بتن پاشی در شاتکریت تر ۳ الی ۴ برابر شاتکریت خشک می باشد.

۳. به دلیل سرعت بالای برخورد مصالح با سطح، مقداری برگشت مصالح در حین شاتکریت خواهیم داشت. این برگشت در روش پاشش خشک در مقایسه با پاشش تر به مراتب بیشتر است. در روش پاشش خشک در بهترین شرایط، حداقل به میزان ۲۰٪ برگشت مصالح از سطح را داریم.
مقدار برگشت مصالح در روش پاشش تر بین ۱۰٪-۵٪ وزن کل می‌باشد.
٤. انتقال مصالح خشک به مسافت های طولانی در روش پاشش خشک امکان پذیر است در حالی که در روش پاشش تر به دلیلی خطر گرفتگی لوله، انتقال بتن با محدودیت مسافت روبرو می‌باشد.
٥. روش شاتکریت تر در مقایسه با شاتکریت خشک مقاومت بتن کمتری را حاصل خواهد نمود.
٦. تجهیزات لازم برای شاتکریت خشک اقتصادی‌تر از روش شاتکریت تر می‌باشد.
۷. در شاتکریت تر امکان استفاده از افزودنی‌های بتن می‌باشد در حالی‌که در روش خشک تنها افزودنی مجاز زودگیرکننده می‌باشد.
۸. مقاومت در برابر یخ و ذوب شدن متوالی در شاتکریت خشک به دلیل عدم امکان استفاده از مواد هوازا کمتر از روش تر می‌باشد.

شکل ٥: تصویر سمت راست دستگاه خشک پاش و تصویر سمت چپ دستگاه تر پاش می باشد

دستگاه های شاتکریت تر از منظر روش پمپاژ بتن به دو دسته ماردونی و پیستونی تقسیم بندی می‌گردند. نیروی پمپاژ بتن در دستگا ههای ماردونی از چرخش محور مارپیچی حاصل می شود در حالی که در دستگاه های پیسونی این نیرو حاصل حرکت دو پیستون که به وسیله موتور الکتریکی یا دیزل به حرکت در می‌آیند خواهد بود. دستگاه های شاتکریت ماردونی اغلب با محدودیت دانه بندی بتن روبرو می باشند، علاوه بر آن این دستگاه ها توان لازم جهت تامین فشار مورد نیاز به منظور تولید بتن با مقاومت مشخصه مورد نظر در فعالیت های بهسازی لرزه ای ندارند. همچنین سرعت اجرای عملیات شاتکریت توسط دستگاه های پیستونی به مراتب بیشتر از دستگاه های ماردونی می باشد.

از دیگر مواردی که در هنگام استفاده از دستگاه های شاتکریت تر باید مورد توجه قرار گیرد آن است که ساخت بتن پاشیده باید توسط بتونیر انجام شود و استفاده از روش‌های دستی در ساخت بتن پاشیده مجاز نیست. مصالح برگشتی بتن پاشیده نیز نباید مورد استفاده مجدد قرار گیرند.

۵.۱ دستگاه واترجت (آب پرفشار)

دستگاه واتر جت دستگاه سبکی است که به منظور ایجاد آب پرفشار و مخلوط نمودن آب و هوا از آن استفاده مـی گردد. عملکرد این دستگاه در حالت کلی مانند دستگاه شاتکریت می باشد. از این دستگاه به منظور شست و شوی، و رفع گرد و غبار از روی سطوح استفاده می گردد. در شکل زیر یک نمونه از دستگاه واتر جت به نمـایش درآمـده است.

شکل ٦: نمایی از دستگاه واترجت (آب پرفشار)

فصل دوم

روش اجرا

۲ روش اجرا

۱.۲ برداشت اندود

بتن حاصل از عملیات شاتکریت ضخامت کمی را دارد، لذا به منظور جلوگیری از کمانش این لایه در هنگام زلزله، چسبندگی لایه شاتکریت به دیوار آجری باید تامین گردد، از این رو باید اندود روی دیوارهای آجری بصورت کامل با دستگاههای مناسب تراشیده شود. همچنین باید دقت گردد تا در هنگام برداشت اندود روی دیوارها آسیبی به دیوار آجری موجود نرسد. استفاده از مته نامناسب و چکش های الکتریکی سنگین می تواند خسارات جبران ناپذیری به دیوارهای مصالح بنایی وارد نماید. در صورتی که مشاهده گردد که برداشت اندود، همراه با خسارت به آجرهای دیوار مصالح بنایی می باشد باید در چند مرحله سطح اندودها مرطوب گردد سپس اقدام به برداشت مصالح شود. لازم به ذکر است درمواردی در هنگام شاتکریت با سطوح آجری رنگ آمیزی شده روبرو می‌گردیم، در این موارد نیز سطح مربوطه پیش از اجرای عملیات شاتکریت باید به نحو مناسبی عاری از رنگ گردد.

شکل ۷: نمونه ای از دستگاه مناسب جهت برداشت نازک کاری سطح دیوار

در اغلب موارد سطح دیوار آجری پس از برداشت اندودها، مملو از گرد و غبار است. همچنین به دلیل تماس آجرها با اندود گچ و خاک دیوار، این آجرها به شدت خشک می باشند و در صورت تماس با بتن، رطوبت موجود در بتن را گرفته و منجر به ضعف و پوسته نمودن بتن می گردند. لذا با توجه به اهمیت پیوستگی بین لایه شاتکریت و دیوار آجری، قبل از اجرای عملیات بتن پاشی سطح دیوار باید با آب پر فشار (Water Jet) شسته شود.

شکل ۸: نمایی از اجرای صحیح برداشت نازک کاری

در صورتی که چسبندگی مناسبی بین آجر و ملات وجود داشته باشد به گونه ای که در هنگام برداشت اندود ملات ماسه و سیمان، به آجر دیوارها خسارات جدی وارد گردد، مضرس نمودن اندود ملات ماسه سیمان کفایت می‌نماید. تشخیص این موضوع بر عهده مهندس ناظر پروژه می‌باشد.

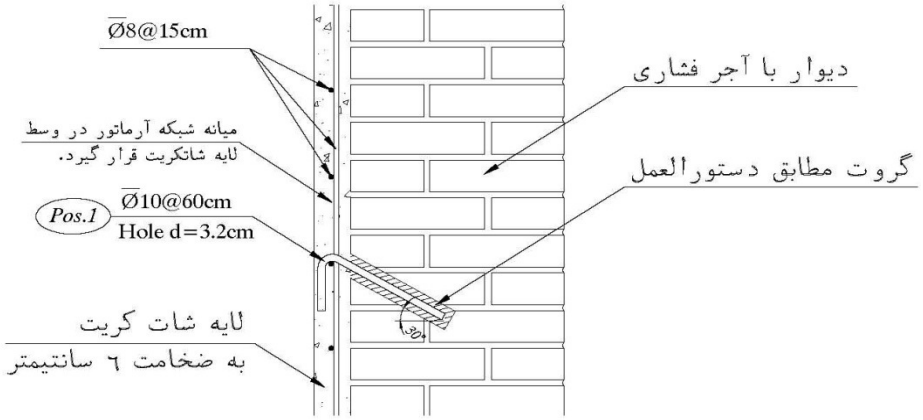
شکل ۹: نمایی از مضرس نمودن دیوارهای با پوشش سیمانی

۲.۲ سوراخکاری

جهت تامین اتصال و مهار شبکه میلگرد به دیوار و اطمینان از پیوستگی پوشش بتن حاصل از عملیات شاتکریت و دیوارآجری، از آرماتورهایی که در دیوارها کاشته می شود استفاده می گردد. نحوه کاشت این آرماتورها، با توجه بـه آنکه دیوار به صورت یک طرفه یا دو طرفه شاتکریت شده باشد از جزئیات متفاوتی برخوردار است.

۱.۲.۲ شاتکریت یک طرفه

در صورتی که دیوار به صورت یک طرفه بتن پاشی شود اتصال شبکه به دیوار، بوسیله میلگردهایی بصورت مورب و با زاویه ۳۰ درجه انجام می گردد. مورب بودن سوراخها به دلیل اجرایی بودن عملیات تزریق گروت در سـوراخ هـا می‌باشد.



شکل ۱۰: جزئیات اجرائی کاشت میلگرد مهار عصایی (شاتکریت یکطرفه)

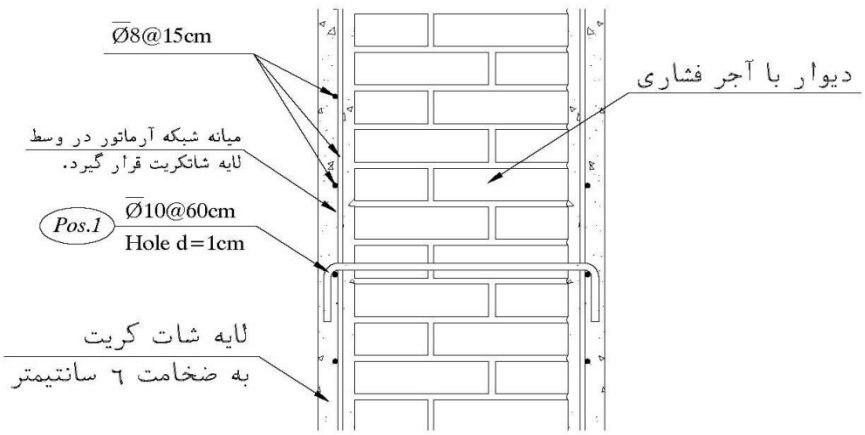
در هنگام کاشت این آرماتور نکات ذیل باید رعایت گردد.

۱. به منظور اطمینان از پر شدن حفره کاشت و پیوستگی کامل میلگرد کاشت و گروت، باید ابتدا تزریق گروت صورت پذیرد سپس کاشت میلگرد انجام شود.
۲. سوراخهای ایجاد شده باید کاملا تمیز گردند و عاری از گرد و خاک باشند.
۳. جهت تامین چسبندگی بین مهار عصایی با دیوار، استفاده از گروت کفایت می نماید و استفاده از هر گونه رزین به منظور کاشت آرماتور در دیوارهای آجری ممنوع است.
٤. قطر سوراخ کاشت باید ۳ برابر ضخامت آرماتور کاشت باشد،با استفاده از آرماتور ۱۰ جهت کاشت، قطر حفره کاشت باید معادل ۳۰ میلیمتر باشد.
٥. محل کاشت آرماتورها در دیوار، باید منطبق بر محل تقاطع میلگرد ها افقی و عمودی شبکه آرماتور باشد.
٦. برای ایجاد سوراخ در دیوار باید از دستگاه‌های مناسب استفاده شود. در هنگام سوراخ نمودن دیوار دستگاه نباید در حالت ضربه‌ای باشد. در مواردی انحراف مته دستگاه می تواند منجر به خسارات جدی در دیوارهای مصالح بنایی گردد. این انحراف می‌تواند ناشی از انحراف مته و یا قطعات داخلی دستگاه سوراخکاری باشد. که در حالت اول با تعویض مته مشکل دستگاه مرتفع می‌گردد و در حالت دوم نیاز به تعویض دستگاه و یا قطعات داخلی آن داریم.

شکل ۱۱: نمونه ای از دستگاه سوراخکاری

۲.۲.۲ شاتکریت دو طرفه

در صورتی که دیوار به صورت دو طرفه بتن پاشی شده باشد، جزئیات اتصال شبکه میلگرد به دیوار آجری با حالت قبل متفاوت است. در این حال سوراخی در ضخامت دیوار و به طور عمودی ایجاد می گردد. و سپس میلگردی که پیش از این به صورت L شکل خم شده است در این سوراخ قرار می گیرد. و پس از عبور از ضخامت دیوار توسط آچار مناسب بر روی دیوار خم می گردد و به شکل U در می آید. در این حالت بر خلاف حالت قبل قطر سوراخ باید هم اندازه نمره میلگرد مورد استفاده باشد. یعنی در صورت استفاده از آرماتور ۱۰ جهت اتصال شبکه، سوراخ ایجاد شده در دیوار نباید بیش از ۱۰ میلیمتر باشد.



شکل ۱۲: جزئیات اجرائی کاشت میلگرد مهار عصایی (شاتکریت دو طرفه)

کلیه مواردی که در خصوص عملیات سورخکاری در بند ۵ و ۶ حالت قبل توضیح داده شد در این حالت نیز باید رعایت گردد. در شکل زیر جزئیات اتصال شبکه میلگرد به دیوار آجری نشان داده شده است.

شکل ۱۳: نمایی از سوراخکاری دیوار تحت زاویه ۳۰ درجه

شکل ١٤: تزریق گروت در سوراخ دیوار برای اتصال مهار

لازم به ذکر است دتایل هایی که جهت کاشت شبکه به دیوار مصالح بنایی در این دستور العمل ارائه شده است، در کلیه کارهای مقاوم سازی مدارس کشور الزامی می باشد.

۳.۲ نصب شبکه میلگرد

استفاده از میلگرد های فلزی جهت تسلیح مقاطع بتنی، روشی متداول می باشد. در روش شاتکریت این میلگرد ها باید به صورت شبکه ای در هم تنیده استفاده می گردد. در این روش می توان از شبکه مفتول ساده و یا میلگرد آجدار به منظور برپایی شبکه استفاده نمود.[۱]

این شبکه در صورتی که از مفتول ساده استفاده شود باید از نوع پیش ساخته (جوش شده در کارخانه) باشد. در برپایی شبکه میلگرد باید به نکات ذیل توجه گردد.

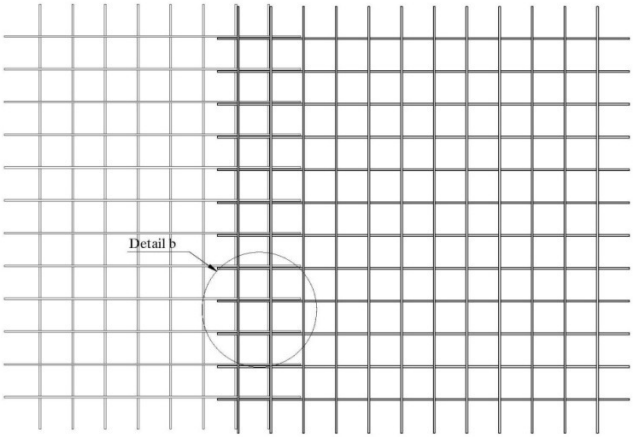
۱. شبکه میلگرد باید در هنگام بتن پاشی در بتن مغروق گردد، لذا این شبکه در هنگام نصب باید فاصله مناسب از دیوار آجری را داشته باشد. همچنین در هنگام نصب باید از ادوات مناسب جهت حفظ شبکه در محل خود استفاده گردد تا شبکه با فشار ناشی از عملیات بتن پاشی از محل خود به سمت دیوار آجری حرکت نکند. این ادوات باید قبل از جاگذاری و نصب شبکه بر روی دیوارها پیش بینی گردند. این ادوات می توانند از مقاطع کوچک سنگی یا سیمانی و یا فاصله گذارهای متداول در کارهای بتنی که توسط میخ به دیوار کوبیده شده اند استفاده گردد.

۲. در صورتی که به منظور تسلیح بتن شاتکریت از شبکه مفتول ساده استفاده می‌گردد همپوشانی شبکه میلگرد مجاز نمی باشد و صرفا اتصال شبکه ها توسط جوش مورد تایید است.۲

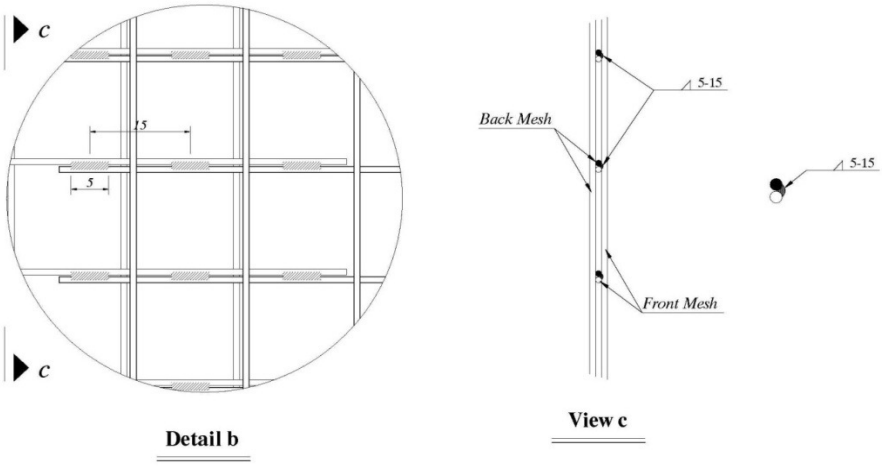
---

[۱] مطابق بخشنامه شماره ۱۵۰۵-۱۰۲۸۸/۲۳ مورخ ۱۳۸۸/۱۲/۲٤ سازمان نوسازي مدارس کشور شبکه میلگرد در روش شاتکریت مي‌تواند از نوع آجدار یا بدون آج (ساده) باشد (در صورتي که قطر مفتول کوچکتر از ٦ میلیمتر باشد مفتول ساده و در صورتي که بزرگتر از ٦ میلیمتر باشد میلگرد آجدار مورد تایید مي باشد)،

[۲] مطابق بند ۱۱ بخشنامه شماره ۱۵۰۵-۱۰۲۸۸/۲۳ مورخ ۱۳۸۸/۱۲/۲٤ هر گونه برپایي شبکه مفتول در کارگاه ممنوع بوده و این شبکه باید به صورت پیش ساخته وارد کارگاه گردد.



شکل ۱۵: نمایی از نحوه همپوشانی شبکه میلگردها



شکل ۱٦: نمایی از نحوه همپوشانی شبکه میلگردها

شکل ۱۷: نمایی از شبکه میلگرد مطلوب(جوش شده کارخانه ای)

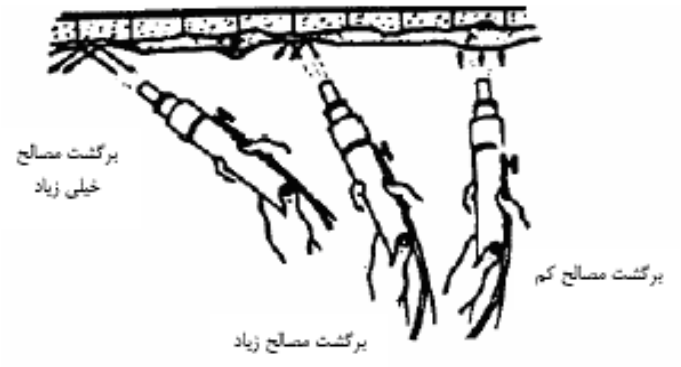
۳. تغییر در شبکه میلگرد موجود در نقشه ها با حفظ مساحت سطح مقطع میلگرد در واحد سطح و با رعایت ضوابط مندرج در آئین نامه بتن ایران بلا مانع است.

٤. در معادل سازی شبکه میلگرد باید توجه داشت که به هر ترتیب تقلیل آرماتور یا مفتول به قطر کوچکتر از ۳ میلیمتر و ابعاد چشمه های شبکه به کوچکتر از ۵۰ میلیمتر و افزایش قطر آرماتور به قطر بزرگتر از ۱۰ میلیمتر و ابعاد چشمه ها به بزرگتر از ۲۵ میلیمتر ممنوع می‌باشد.

۴.۲ بتن پاشی

در روش بتن پاشی با پمپ مکانیکی به منظور توزیع یکنواخت بتن پاشیده و جلوگیری از گلوله‌شدگی و انباشتگی مصالح، لازم است موارد ذیل رعایت گردد.

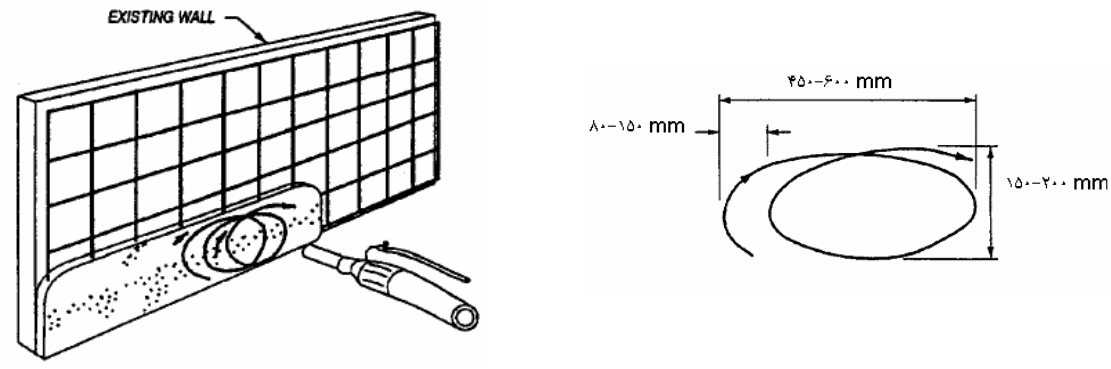
۱. دهانه نازل باید عمود برسطح قرار گیرد تنها مورد استثنا در کنج‌ها و هنگام پوشش آرماتورها می‌باشد. در موقعیت‌هایی که به لحاظ شرایط معماری یا اجرایی این موضوع میسر نباشد، دهانه نازل نباید بیش از ۴۵ درجه از سطح کار زاویه بگیرد، زیرا بتن پاشیده چین خورده و یک سطح ناهموار با بافت موجی ایجاد می‌گردد. به شکل ۱۸ رجوع شود.



شکل ۱۸: تاثیرات زاویه نازل با دیوار در بازگشت مصالح

۲. از حرکت نازل به صورت جلو به عقب که زاویه برخورد را عوض کرده و باعث اتلاف مصالح می‌شود، باید پرهیز نمود.

۳. حرکت نازل به صورت یکنواخت با الگوهای تخم‌مرغی شکل یا مدور کوچک حول محور نازل گردانده شود(شکل ۱۹).

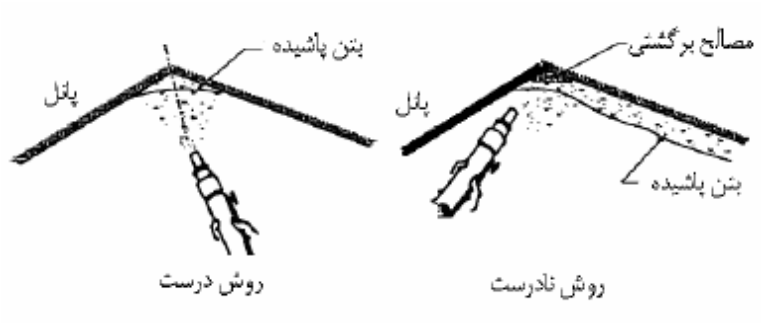


شکل ۱۹: نمایش حرکت نازل در هنگام بتن پاشی

٤. بتن‌پاشی باید از کنج‌ها آغاز شود و در دیوارها از پایین به سمت بالای دیوار صورت گیرد.

٥. عملیات بتن پاشی در شرایط بسیار خاص، با زاویه بیش از ۴۵ درجه، فقط با کسب مجوز از دستگاه نظارت امکان‌پذیر می‌باشد. بتن پاشی نباید به کنج ختم شود.

٦. برای عملیات بتن‌پاشی داخل کنج‌ها، پاشش در راستای نیمساز کنج انجام می‌شود تا پرت مصالح و تخلخل به حداقل برسد. به شکل ۲۰رجوع شود.



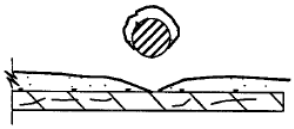
شکل ۲۰: نحوه نگهداری نازل در بتن پاشیده کنج دیوار

۷. فاصله مناسب نازل از سطح پاشش بتن با توجه به فشار خروجی بتن پاشیده، متفاوت می باشد. این فاصله باید به گونه‌ای تنظیم گردد که کمترین برگشت مصالح در حین اجرای عملیات را داشته باشیم. همچنین مصالح با فشار مناسب (حد اقل ۳ اتمسفر) با سطح برخورد نمایند.

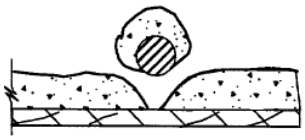
۸. برای جلوگیری از تشکیل حفره‌های خالی در پشت آرماتورها هنگام پوشش آرماتورها توسط شاتکریت نازل باید در نزدیکی آرماتورها با زاویه بسیار کم نسبت به دو محور قرار بگیرد. در این حالت مخلوط بتن باید مرطوب‌تر از حالت نرمال باشد. (شکل ۲۱)

روش غلط

نازل در فاصله دور از سطح



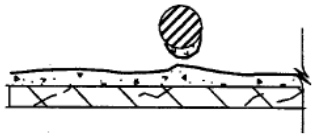
۱. برخورد نرم باعث می شود لایه شاتکریت جلوی آرماتور تشکیل شود.



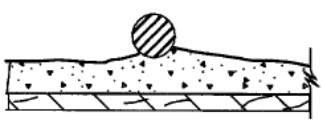
۲. تجمع شاتکریت روی آرماتور

روش صحیح

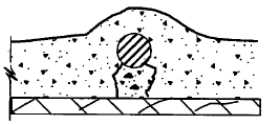
نازل نزدیک سطح



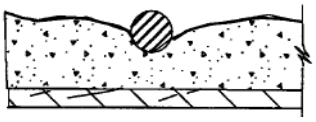
۱. به دلیل سرعت بالای شاتکریت پشت آرماتورها شاتکریت قرار می گیرد.



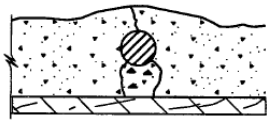
۲. شاتکریت کاملا پشت آرماتور را پوشش می‌دهد.



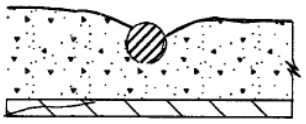
۳. تشکیل قسمت ضعیف در پشت آرماتور



۳. سطح آرماتور کماکان عاری از شاتکریت می‌باشد.



۴. وقوع ترک‌های حاصل از جمع‌شدگی در قسمت ضعیف



۴.آرماتور به صورت کامل غرق در بتن می‌شود.

شکل ۲۱: روش صحیح و نادرست پوشش میلگرد به وسیله شاتکریت

۴. اجرای عملیات شاتکریت در هوای بارانی و یا برفی در صورتی که باران بر روی سطوح جاری گردد ممنوع می باشد. همچنین بتن پاشی در معرض باد شدید به نحوی که منجر به انحراف مسیر مصالح از دریچه خروج تا سطح مورد نظر گردد ممنوع خواهد بود.

۵. زمان مجاز از زمان اختلاط تا پاشش نهایی در هوای گرم (بالای ۲۵ درجه سلیسیوس) برابر ۴۵ دقیقه و در دمای کمتر از ۲۵ درجه سلسیوس تا ۹۰ دقیقه مجاز است.

۵.۲ تسطیح نهایی رویه بتنی

لازم است قبل از گیرش نهایی بتن پاشیده سطح آن با وسیله مناسب پرداخت و هموار شود. شمشه‌کشی باید به صورتی انجام شود که موجب تغییر در بافت بتن پاشیده نشود و شاقولی اجرا گردد ضمنا باید شمشه به گونه‌ای کار گذاشته شود تا پس از برداشتن شمشه ضخامت مورد نظر تامین شود. برداشتن شمشه موقت باید پس از گیرش اولیه و قبل از گیرش نهایی صورت گیرد. باید بلافاصله پس از برداشتن شمشه، سطوح خالی با طرح اختلاط مشابه بتن دیوارها بتن پاشی شود.

همچنین می توان به جای شمشه از کرم بندی سطح دیوار توسط ملات پر سیمان استفاده گردد. در این حالت سطح نهایی شاتکریت از پیوستگی بیشتری برخوردار خواهد بود.

۶.۲ عمل‌آوری

عمل‌آوری بتن پاشیده نظیر سازه‌های بتن آرمه براساس آیین‌نامه بتن ایران صورت می‌گیرد. با توجه به نسبت زیاد سطح به حجم بتن ، لازم است تمهیدات ویژه برای جلوگیری از خشک شدن سطحی بتن صورت پذیرد. سطح حداقل باید ۷ روز مرطوب نگه داشته شود.

فصل سوم

بتن پاشیده
(شاتکرت)

۳ بتن شاتکریت (بتن پاشیده)

بخش اول این فصل به انتخاب ، تایید مصالح مصرفی در ساخت و طرح اختلاط بتن پاشیده و آزمایش های استاندارد اختصاص یافته است. در بخش دو مشخصات شاتکریت از قبیل مقاومت، جمع شدگی، مقاومت در برابر ذوب شدن و یخ زدن و برگشت مصالح مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱.۳ مشخصات شاتکریت

۱.۱.۳ مقاومت

در مقایسه با بتن رایج مشخصات شاتکریت شدیداً وابسته به نسبت آب به سیمان، کیفیت و اندازه دانه‌بندی، سیمان مورد استفاده و روش‌های اجرا می‌باشد.

الف- نسبت بین مقاومت فشاری و خمشی در شاتکریت مشابه بتن های رایج می‌باشد.

ج- با افزایش نسبت آب به سیمان مقدار مقاومت کاهش می‌یابد.

د- مقاومت اولیه شاتکریت بسیار بالا می‌باشد و در ۵ ساعت اول به مقاومت $۷۰\ Kg/cm^2$ می‌رسد.

۲.۱.۳ جمع شدگی شاتکریت

جمع شدگی از مقدار آب موجود در مخلوط بتن تاثیر می‌گیرد. جمع شدگی در شاتکریت‌هایی با سنگدانه‌های درشت کاهش می‌یابد.

۳.۱.۳ مقاومت در برابر ذوب شدن و یخ زدن

در صورتی که سطح شاتکریت در معرض شرایط جوی قرار دارد که باعث ذوب شدن و یخ زدن متناوب می‌شود در این صورت در شاتکریت تر می‌توان از مواد هوازا استفاده کرد. سطوح حاصل از شاتکریت خشک به دلیل عدم امکان استفاده از مواد هوازا آسیب دیدگی بیشتری را از این نظر تجربه می‌کنند.

۴.۱.۳ برگشت مصالح (Rebound)

برگشت مصالح، برگشت سیمان و سنگدانه‌ها در حین عملیات شاتکریت به دلیل برخورد با سطح سخت و آرماتور یا سنگدانه‌ها می‌باشد. مقدار برگشت مصالح وابسته به محل انجام شاتکریت، نوع شاتکریت، فاصله قرارگیری نازل از سطح پاشش بتن، فشار هوا، مقدار سیمان، مقدار آب، اندازه بیشترین سنگدانه، مقدار آرماتور موجود و ضخامت لایه می‌باشد.

- با افزایش سختی بستر شاتکریت مقدار برگشت مصالح افزایش می‌یابد.
- مقدار برگشت مصالح با افزایش ضخامت لایه شاتکریت کاهش می‌یابد. برای جلوگیری از برگشت مصالح در لایه‌های نازک باید مصالح درشت‌دانه به حداقل برسد.

- در ابتدای عملیات شاتکریت مقدار برگشت مصالح زیاد می‌باشد و بعد از قرارگیری لایه اول شاتکریت برگشت مصالح کاهش می‌یابد. درصد سیمان بر روی سطح شاتکریت شده به دلیل برگشت سنگدانه‌ها بیشتر از مقدار طرح اختلاط می‌باشد.
- درصد وزنی برگشت مصالح در دیوارها در روش شاتکریت خشک ۵ تا ۲۵ درصد و در روش شاتکریت تر بین ۵ تا ۱۰ درصد می‌باشد.
- مصرف دوباره مصالح بازگشتی مجاز نمی‌باشد. دلیل آن آلودگی این مصالح و عدم آگاهی از دانه‌بندی و سیمان و مرحله هیدراتاسیون می‌باشد.

۲.۳ آزمایش‌ها مصالح

آزمایش‌های مصالح بتن پاشیده باید منطبق با استانداردهای مشخصات و آزمایش‌های مندرج در آیین‌نامه بتن ایران باشد. آزمایش‌های ویژه بتن پاشیده در پیوست پ نشریه ۳۸۵ معاونت برنامه ارائه شده است. در صورت عدم استفاده از این نشریه به منظور آزمایش ها باید به ترتیب زیر عمل شود.

حداقل یک نمونه‌برداری از هر ۱۵۰ مترمربع سطح دیوار لازم است. تعداد کل نمونه‌برداری از سازه نباید کمتر از ۸ نمونه باشد. این نمونه برداری را می توان در حین اجرای عملیات شاتکریت بر روی سطح دیوار انجام داد. به این ترتیب که بر روی سطح تازه شاتکریت شده، یک عدد لوله پولیکا با قطری برابر ضخامت لایه شاتکریت وارد می گردد. این لوله باعث جدا شدن مقطعی استوانه ای از سطح شاتکریت می شود. پس از گیرش اولیه (حداقل ۸ روز) این مقطع استوانه ای از سطح جدا شده و به آزمایشگاه جهت انجام تست های فشاری منتقل می شود. به این ترتیب می توان مقاومت حقیقی بتن به کار رفته در سطح شاتکریت را به دست آورد. مقاومت به دست آمده در این نمونه ها به هر ترتیب نباید کمتر از عدد ۲۰۰ ک‌گ بر س‌م باشد.

در استفاده از لوله های پولیکا جهت نمونه برداری باید دقت شود که لوله ها بر روی آرماتور قرار نگیرد. همچنین بعد از برداشت نمونه ها سطوح خالی شده با ید توسط بتن مجددا ترمیم گردد.

۱.۲.۳ سیمان

سیمان مصرفی در ساخت بتن پاشیده باید با انواع سیمان‌های مندرج در آیین‌نامه بتن ایران یا استاندارد دیگری که قبلاً به تأیید دستگاه نظارت رسیده مطابقت داشته باشد.

سیمان مصرفی در کارگاه باید دارای مشخصات سیمانی باشد که در تعیین نسبت‌های اختلاط به کار رفته است، مگر آنکه بعد از انجام آزمایش‌های لازم به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۲.۲.۳ سنگدانه

سنگدانه‌های مصرفی در بتن پاشیده باید دارای چنان کیفیتی باشند که بتوان با آنها بتنی مقاوم و پایا ساخت. سنگدانه مصرفی باید با شکل زیر مطابقت داشته باشد.

سنگدانه‌هایی که منطبق بر دانه‌بندی‌های مشخص شده در جدول زیرنباشد، به شرطی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند که رضایت بخش بودن استفاده از آن‌ها براساس نتایج آزمایش برای دستگاه نظارت به اثبات برسد، یا سوابق

و مستندات معتبری مبنی بر پذیرش به کارگیری آن‌ها موجود باشد. در هر حال انجام آزمایش برای حصول اطمینان از کاربرد آنها ضروری است.

مقدار سنگدانه‌های در بتن اجرا شده دلیل برگشت زیاد سنگدانه‌ها هنگام برخورد به سطح در روش شاتکریت خشک به مراتب کمتر از مقدار موجود در طرح اختلاط می‌باشد. برای کاهش این مقدار از سنگدانه‌های با ابعاد کوچکتر استفاده می‌شود.

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها تابع مقدارجمع شدگی، ابعاد محل قرارگیری بتن، سختی سطح زیرین می‌باشد و نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد.

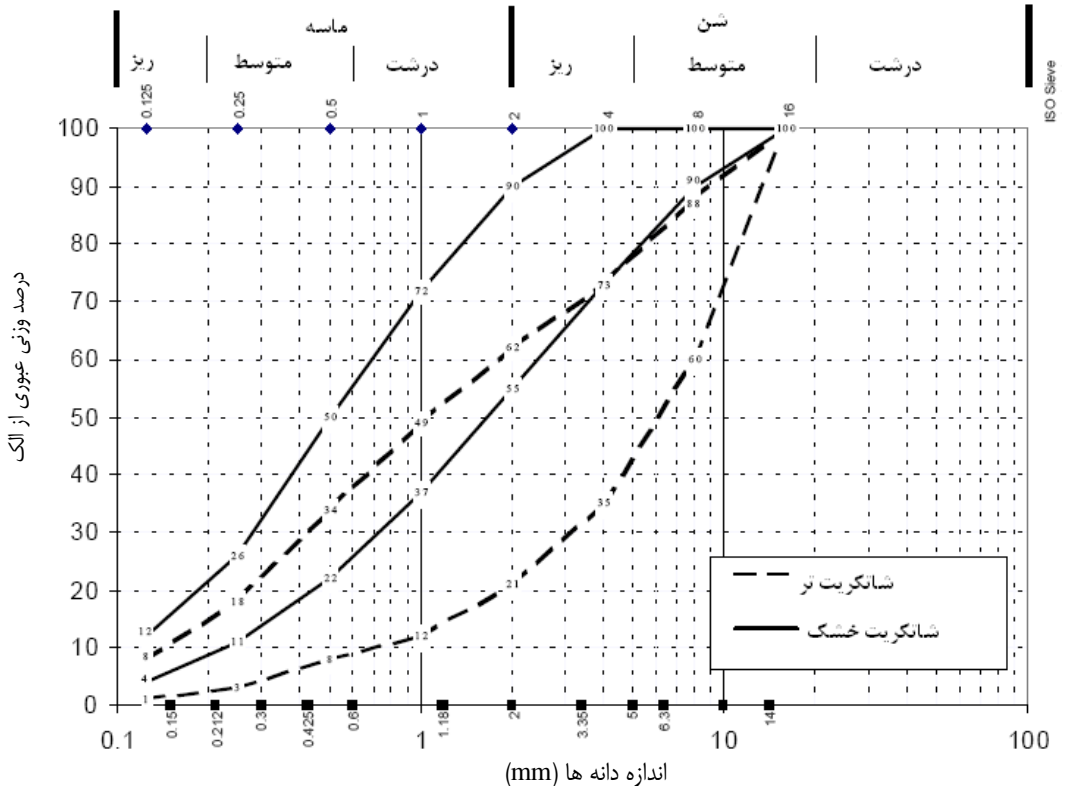
الف- یک پنجم ضخامت بتن پاشیده

ب- سه چهارم بعد چشمه شبکه یا فاصله آزاد بین میلگردها

ج- سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگرد یا مفتول پانل

د- ۰/۷۵ اینچ (۱/۹ سانتی متر)

سنگدانه‌های مصرفی در بتن پاشیده باید سخت و پایا باشند و مواد زیان‌آور موجود در آنها نباید از مقادیر حداکثر مجاز ذکر شده در آیین نامه بتن ایران تجاوز کند.



شکل ۲۲: حدود دانه‌بندی سنگدانه‌های بتن پاشیده تر و خشک(درصد وزنی عبور از الک)

۳.۲.۳ آب

مشخصات آب مصرفی در بتن پاشیده: حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور و روش‌های آزمایش آن باید مطابق آیین-نامه بتن ایران باشد.

۴.۲.۳ مبانی تعیین نسبت‌های اختلاط بتن پاشیده

الف. شاتکریت تر: در صورت نبود اطلاعات کافی در مورد نوع و مشخصات مصالح مصرفی، می‌توان از طرح اختلاط وزنی با نسبت آب : سیمان : سنگدانه به صورت ۱۷۵۰:۴۰۰:۲۰۰ کیلوگرم استفاده کرد. این مقادیر به‌ازای دانه بندی مندرج در شکل ۲۲ بدست آمده است. در غیر این صورت تعیین نسبت‌های اختلاط مصالح تشکیل دهنده بتن پاشیده باید با شرایط زیر مطابقت داشته باشد:

الف- مقاومت مشخصه بتن پاشیده موردنظر تأمین گردد. (مقاومت مشخصه بتن پاشیده در نمونه های مکعبی ۲۸ روزه حداقل باید ۲۰۰ (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) باشد)

ب- چسبندگی به لایه بستر فراهم گردد. در شاتکریت تر مقدار چسبندگی معمولاً تعیین‌کننده مقدار سیمان می-باشد.

ج- کارآیی و روانی بتن پاشیده باید به اندازه‌ای باشد که بتن پاشیده به سهولت و با تراکم کافی روی سطوح قائم و افقی چسبیده، به خوبی میلگردها و شبکه جوش شده را دربرگیرد و مصالح بازگشتی آن به حداقل برسد این مقدار باید برابر حداقل کارایی که تجهیزات موجود توانایی پمپ کردن آن را دارا می‌باشند انتخاب شود. حداکثر اسلامپ بتن باید برابر ۸۰ میلی‌متر باشد.

د- بتن پاشیده باید از پایایی لازم برخوردار بوده و الزامات ویژه شرایط محیطی را برآورده نماید.

حدود متداول نسبت آب به سیمان مخلوط بتن پاشیده ۰/۳۵ تا ۰/۵ و نسبت متداول سنگدانه به سیمان ۳/۵ تا ۴/۵ می‌باشد.

به منظور حصول کارآیی مطلوب بتن پاشیده توصیه می‌شود از سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک در مخلوط استفاده شود.

الف. شاتکریت خشک: برای طرح اختلاط در روش شاتکریت خشک نیاز به انجام آزمایش در محل می‌باشد و نمی‌توان یک طرح اختلاط را به صورت پیش فرض انتخاب کرد. اما با توجه به محدودیت های موجود به منظور تعیین طرح اختلاط، طرح اختلاط وزنی با نسبت آب : سیمان : سنگدانه به صورت ۱۷۵۰:۴۰۰:۱۵۰ کیلوگرم پیشنهاد می گردد.

با توجه به آنکه میزان آب مصرفی در روش شاتکریت خشک در سر نازل تنظیم می گردد. مهارت اپراتور پاشش بتن در این روش به شدت بر روی کیفیت و مقاومت نهایی بتن تاثیر گذار است. همچنین با تنظیم مناسب فشار خروج مصالح می توان بازگشت مصالح را به حداقل رسانید.

فهرست منابع و مراجع

دستورالعمل طراحی ساخت و اجرای سیستم های پانل پیش ساخته سبک سه بعدی، نشـریه ۳۸۵، معاونـت برنامـه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جهوری، ایران، تهران، ۱۳۸۶

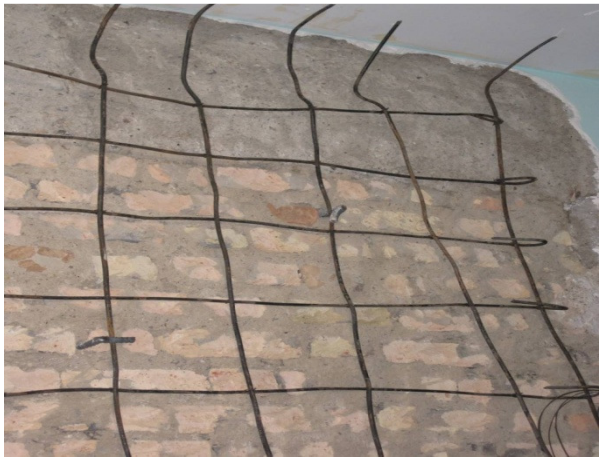
Standard practice for shotcrete, US Army Corps Engineering And Design, Washington DC, USA, 1993

European Specification For Sprayed Concrete, EFANRC, 1996

پیوست الف

تصاویری از ایرادات اجرایی

شکل ۲۳: نمایی از برداشت نادرست نازک کاری

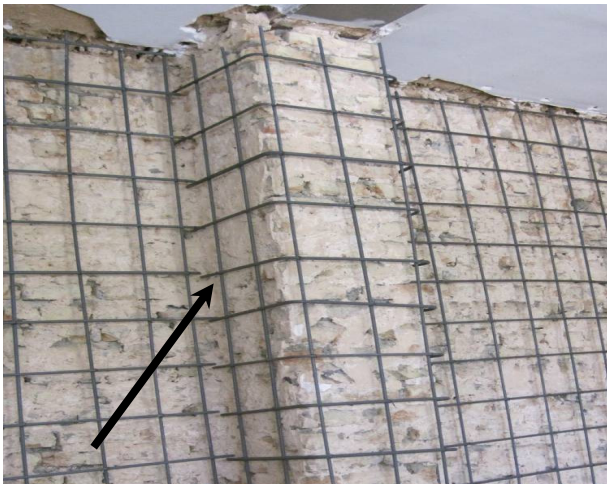


شکل ۲٤: نمایی از شبکه میلگرد آرماتوربندی شده

شکل ۲۵: نمایی از مهار نادرست شبکه میلگرد

شکل ۲۶: نمایی از برداشت نادرست نازک کاری

شکل ۲۷: نمایی از عدم مهار شبکه میلگرد به دیوار



شکل ۲۸: نمایی از عدم اتصال شبکه میلگرد در کنج‌ها

شکل ۲۹: نمایی از عبور حجم زیادی از تاسیسات برقـی و مکانیکی در یک محل

شکل ۳۰: نمایی از اجرای نادرست عملیات شاتکریت

شکل ۳۱: نمایی از پوشش نا کافی بتن شاتکریت

شکل ۳۲: نمـایی از اسـتفاده از بـتن بـا کیفیـت پـایین و همچنین عمود نبودن نازل روی سطح بتن پاشی

I.R.IRAN
Ministry of Education
State Organization of School Renovation Development & Mobilization

Practical Instruction

Shotcrete in Seismic Rehabilitation of Schools

NO. 10289/2-3016

Technical & Supervising Deputy
Seismic Rehabilitation Office
www.nosazimadares.ir/behsazi/

June, 2010