www.IrPDF.com

ایران سازه، وبسایت تخصصی مهندسی عمران www.iransaze.com
مدیر سایت: مهندس احمدرضا جعفری arjafari2004@gmail.com

موسسه آموزش عالی و آبادانی و توسعه روستاها

عنوان:

بتنهای غلطکی در سدسازی

RCC

استا د راهنما: جناب مهندس جعفری

دانشجو: احمد نسیمی

بهار ۸۶

تعريف بتن غلتكي (*RCC*)

از بتن غلتكي (RCC) تعريف صريح و دقيقي ارائه نشده است، اما تعاريف و برداشتهاينادرستي از بتن غلتكي در اين زمينه موجود است. يكي از اين برداشتهاي نادرست، تعريفياست كه بتن غلتكي را مصالحي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

در حد مياني خاكريز و بتن معرفي مي‌كند و اولين چيزي كه‌از اين تعريف در ذهن تداعي مي‌گردد، عبارت «بتن نامرغوب» است.

در واقع بتن غلتكي بتني است كه در اجراي سازه‌هاي حجيم (سدها، شالوده‌هاي بزرگ‌و...) كاربرد دارد و براي اجراي آن از ماشين آلات راهسازي و عمليات خاكي استفاده مي‌شود.

چنين روش اجرايي نتايج و تبعات اوليه زير را به دنبال خواهد داشت:

ـ انرژي لازم براي اجرا و جا دادن اين گونه مصالح بيش از مقداري است كه با لرزاننده‌هاي(ويبراتور) معمولي تأمين مي‌گردد. به همين دليل در صورت استفاده از مصالح و موادسيماني مشابه آنچه در بتن لرزانده سنتي (CVC) يا بتن متعارف به كار برده مي‌شوند و بااجراي لايه‌هاي متوالي بتن، مي‌توان به كيفيتي بهتر از كيفيت بتن متعارف (CVC) دست‌يافت؛

ـ از سوي ديگر، مانند سدهاي خاكي، ناحية بتن دو لايه متوالي و ناحية واقع در درون‌لايه‌ها با يكديگر متفاوتند؛

ـ روش اجراي بتن غلتكي در مقايسه با بتن متعارف، امكان دستيابي به سرعت زيادتري رافراهم مي‌سازد كه مزاياي اقتصادي چون صرفه جويي در قيمت واحد حجم بتن و كاهشي‌قابل ملاحظه در زمان ساخت و همچنين در قالب بندي و... را در پي خواهد داشت.

وجود دوگانگي در كيفيت و مشخصات مصالح بتن غلتكي «بتن» و روش اجراي آن«خاكريزي» بر اين موضوع دلالت دارد كه در مطالعات بتن غلتكي، آزمايشها و روشهايطراحي مربوط به دو زمينة بتن و خاك توأماً به كار گرفته مي‌شوند.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

علاوه بر این، رفتار بتن غلتکي در ساعات اولیه پس از مخلوط کردن مصالح مانند خاکریزاست (تسطیح و تراکم) و پس از چند روز به بتني غیر قابل تغییر شکل تبدیل مي‌گردد. درحد فاصل این دو مرحله، خصوصیات این گونه مصالح تا حدي ناشناخته است و همین‌ناشناختگي موجب بروز سؤالاتي متعددي دربارة ماهیت بتن غلتکي مي‌شود.

دیدگاه بتي بتن غلتکي

بتن غلتکي همچون تمامي انواع موجود بتن، مخلوطي از مصالح سنگي خنثي، موادسیماني و آب است.

مواد سیماني

تجربه‌هاي موجود حاکي از آن است که دامنة وسیعي از مواد سیماني، از سیمان پرتلندمعمولي خالص گرفته تا موادي که هیچ درصدي از سیمان پرتلند معمولي ندارند و تمام‌ترکیبات ممکن از آنها، به عنوان مواد سیماني در مخلوط بتن غلتکي به کار گرفته شده‌اند(مانند ترکیباتي متنوع از سیمان پرتلند معمولي و انواع گوناگون پوزولانهاي طبیعي وصنعتي، خاکستر بادي و... با درصدهاي جایگزیني مختلف). البته این مطلب دلیل بر کم‌اهمیت بودن مواد سیماني و انتخاب نوع آن در بتن غلتکي نیست، بلکه بیانگر این موضوع‌است که در بتن غلتکي امکان طرح مخلوط و انتخاب روش اجرا، متناسب با نوع مصالح‌سیماني با توجه به تولیدات در دسترس محلي وجود دارد. به عنوان مثال در مناطقي که درتولید نیروي برق تنها از هیدرکربنها و مواد نفتي استفاده نمي‌شود، خاکستر بادي درگزینه‌هاي انتخاب مواد سیماني مطرح نیست.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

آنچه مسلم است مثل دیگر سازه‌اي بتني حجيم، استفاده از مواد سيماني يا حرارت زايي‌كم در بتن غلتكي مطلوب است و استفاده از مواد سيماني ديرگير نيز يك امتياز محسوب‌مي‌گردد. در حقيقت به عنوان يك اصل يا دست كم موردي درخور توجه، هنگامي كه‌لايه‌هاي متوالي بتن غلتكي اجرا مي‌شوند بايد لاية زيرين كماكان رفتار خاكي داشته باشد (باتغيير شكل لاية مذكور خواص مكانيكي آن تغيير نكند). براي رسيدن به اين خواسته يا بايدمقررات و محدوديتهاي اجرايي ويژه‌اي را در نظر بگيريم كه بسيار پر هزينه هستند و يا ازمواد سيماني ديرگير در مخلوط استفاده كنيم. گزينه دوم در فرانسه براي اجراي همة سدهابه صورت استفاده از توليدات جنبي صنايع فولاد (روبارة كورة آهنگدازي) و در صورت نيازخاكستر بادي انتخاب شده است.

مانند هر امتيازي كه مشكلاتي را نيز به همراه خواهد داشت، وقتي زمان گيرش طولاني‌باشد، فشارهاي اعمال شده از سوي بتنهاي لايه‌هاي زيرين بر قالبها و ديگر سازه‌ها زيادترخواهد بود.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مصالح سنگي

گاهي گفته مي‌شود كه مصالح سنگي نامناسب براي بتن متعارف در بتن غلتكي قابل‌استفاده است. مطلب گفته شده مي‌تواند هم درست باشد و هم غلط. تا آنجا كه در مورد بتن‌متعارف معمول است، قوانين و از آن مهمتر روال متداول و جاري حكم مي‌كند كه فقط بايد ازمصالح سنگي با كيفيت عالي استفاده كرد. البته تلاشهاي جاري در فرانسه (به عنوان نمونه‌پروژه‌هاي تحقيقاتي ملي مربوط به استفاده از بتن ساخته شده با مصالح سنگي محلي ياماسه) در مورد استفاده از مصالح سنگي متفاوت، به وضوح نشان مي‌دهند كه گاهي اعمال‌چنين محدوديتهاي پذيرفته شده‌اي قيودي غير ضروري ايجاد مي‌كنند.

در اين باره گروهي از متخصصان خارجي بنيانگذار تكنولوژي بتن غلتكي اذعان داشته‌اندكه آنچه قبلاً در اجراي سدهاي با ارتفاع متوسط به عنوان مصالح سنگي استفاده مي‌شد،منتهي به خصوصيات مكانيكي مازاد بر نياز مي‌گرديد و نيازي به ادامه اين تفكر سنتي‌نيست. بنابراين با يك سنت شكني و با توجه به نبود قانون و محدوديت مشخصي در زمينه‌بتن غلتكي، متخصصان در انتخاب مصالح سنگي آزادي عمل بيشتري به خرج دادند وآزمايشها و شواهد صحت ادعاي ايشان را تأييد كرد. به همين ترتيب بدون شك نتايج‌مشابهي نيز در مورد استفاده از مصالح غير معمول در بتن متعارف براي اراي سدهاي وزني‌مي‌توانست به دست بيايد، نتيجه اينكه گزينة سد وزني با قيمت تمام شده كمتر بدست‌مي‌آمد و احتمالاً در بسياري از پروژه‌ها از لحاظ قيمت قابل رقابت با گزينة سد خاكي بود.

آب و تحكيم

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

آنچه از مطالب گفته شده تاکنون برمي‌آيد حاکي از اين است که نه سيمان و نه مصالح‌سنگي به کار گرفته شده در بتن غلتکي تفاوت محسوسي با بتن متعارف ندارند. پس چه چيزموجب تمايز اين محصول از ديگر توليدات رايج گرديده است؟ تفاوت اساسي در غلتك يعني‌روش تراکم بتن غلتکي است. اصولاً آب نقشي مؤثر در واکنشهاي شيميايي که منجر به‌گيرش بتن شوند، ايفا مي‌کند. اما در نسبتهاي کم حجمي، آب عمدتاً به صورت يك روان‌کننده عمل مي‌کند و امکان اين را فراهم مي‌سازد که دانه‌هاي سنگي با لغزيدن روي هم‌اسکلت بتن را تشکيل دهند (و در پاره‌اي موارد به انتقال بتن کمك مي‌کند). در بتن متعارف‌پس از ريختن و لرزاندن بتن، هر ذره کاملاً با آب احاطه مي‌گردد. در بتن غلتکي هم آب به‌عنوان روان کننده عمل مي‌کند، مانند آنچه در سدهاي خاکي يا سنگريزه‌اي اتفاق مي‌افتد،اما مقدار آب مورد نياز کمتر است. مصالح سنگي با يکديگر در تماس هستند (به گونه‌اي که‌مانع فرو رفتن غلتك مي‌شوند) و به اين ترتيب با مقدار مواد سيماني برابر بکار رفته درمخلوط در مقايسه با بتن متعارف، تراکم و ساير مشخصه‌هاي مکانيکي آن بهبود مي‌يابد.

به طور گذرا بايد يادآور شد که اندازه‌گيري درجة تراکم بتن در کارگاه مشکل است و برآوردچگالي بسيار راحتتر مي‌باشد و همين مورد اين مفهوم را تقويت نموده که مبناي کيفيت بتن‌چگالي آن باشد. اين در حالي است که اگر چگالي زياد بتن ناشي از چگالي زياد مصالح سنگي‌باشد مطالب گفته شده از دقت کافي برخوردار نخواهد بود، در صورتي که اگر چگالي زيادناشي از تحکيم مناسب مصالح باشد، مطالب فوق صحيح

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

خواهند بود. به هر حال تشخیص‌این دو موضوع از یکدیگر از اهمیت زیادي برخوردار است.

به کارگیري مصالح شکننده در مخلوط، استفاده از روشهاي کارآمد تراکم را غیر ممکن‌مي‌سازد. البته این موضوع دلیل بر این نیست که این گونه مصالح غیر قابل استفاده هستند،بلکه در این حالت میزان مواد سیماني افزایش مي‌یابد و طبعاً، اشکالات مربوط به خود را به‌دنبال خواهد داشت (افزایش قیمت، افزایش حرارت آبگیري سیمان).

همچنین در جاهایي که کیفیت تراکم تضمین شده نیست (اطراف تکیه گاه، وجه پایین‌دست اجرا شده بدون قالب و...) مقدار مواد سیماني مخلوط باید افزایش یابد. با وجود این‌تجارب گذشته نشان مي‌دهد که حتي افزایش قابل توجه در مقدار سیمان، تراکم ناقص راجبران نمي‌کند.

متراکم شدن مصالح مخلوط و ایجاد تماس بین سنگدانه‌ها قبل از گیرش بتن به وضوح‌موجب محدود کردن و جلوگیري کامل از جمع شدگي بتن حین گردش مي‌گردد اما مسلماًاین مورد از مزایاي بتن غلتکي به شمار مي‌آید.

مصالح ریزدانه

مصالح شسته شده (به طوریکه ذرات کوچکتر از ٦٠ تا ٨٠ میکرومتر آن جدا شده باشند)تقریباً ٧٥ تا ٨٠ درصد حجم کل بتن را دربر مي‌گیرند. شکل مصالح، دانه بندي و با اهمیتي‌کمتر، میزان انرژي تراکم بر مقادیر گفته شده تأثیر گذار هستند.

تفاوت بین دو نوع مختلف بتن غلتکي و بتن متعارف اساساً مربوط به ٢٠ تا ٢٥ درصدحجم باقي مانده است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

براي مثال در بتن متعارف دست كم ۱۰۰ ليتر آب (۱۰ درصد حجمي) و ۲۵۰ كيلوگرم‌سيمان (۱۰ درصد حجمي) براي رسيدن به بتني كامل در زمان بتن ريزي كافي است. به‌گونه‌اي كه خمير سيمان در هنگام ويبره تمام مصالح سنگي را دربر مي‌گيرد.

در مورد بتن غلتكي اگر ۱۰۰ ليتر آب و ۱۰۰ كيلوگرم سيمان در متر مكعب به كار گرفته‌شود، مشخصات مكانيكي لازم براي احداث سد فراهم مي‌گردد، اما در اين حالت ۵ تا ۱۰درصد حجم را فضاي خالي تشكيل مي‌دهد كه اثر مخربي بر يكنواختي مصالح در هر لايه‌دارد. (زيرا خمير سيمان به داخل حفره‌ها رانده مي‌شود و يا اينكه در قسمتهاي پاييني آن‌جمع مي‌گردد).

اين مطلب تمام آن چيزي است كه مدعيان بتن غلتكي پرسيمان و طرفداران بتن غلتكي‌كم سيمان بر سر آن نزاعي سخت، ولي بي‌پايه و اساس دارند.

جملة متخصصان بر اين موضوع كه تمامي فضاهاي خالي بايد كاملاً پر شود، اتفاق نظردارند و اختلاف جزئي در اين زمينه بر سر اين است كه عده‌اي ترجيح مي‌دهند حجم ملات‌كمي بيش از حجمي باشد كه به صورت نظري بين مصالح سنگي خالي مي‌ماند و گروهي‌مايلند كه حجم ملات حدود ۱ تا ۲ درصد كمتر از حجم مذكور باشد.

اما اختلاف نظر اصلي در ماهيت موادي نهفته است كه فضاهاي خالي را پر مي‌كنند.

در روش طراحي بر پاية بتن، تنها استفاده از مصالح كاملاً مشخص و شناخته شده مانندپوزولانهاي طبيعي و خاكستر بادي به عنوان مواد سيماني مجاز است. اين مواد علاوه برخصوصيات پوزولاني ـ كه در

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

جاي خود سودمند است - از ذرات بسيار ريزي تشكيل شده‌اندكه استقرار سنگدانه‌ها را راحت‌تر ساخته و موجب كاش آب مورد نياز مخلوط مي‌شوند. منتهاپوزولان و خاكستر بادي در نقاطي از جهان بسيار گران قيمت هستند.

در روش طراحي بر پايه خاك ريزدانه هايي كه به صورت طبيعي در خاك قرار دارند، قابل‌استفاده‌اند، اين ريزدانه‌ها قيمت خاصي ندارند، به علاوه ديگر نيازي به شسته شدن مصالح‌نيست. مسلماً خواص شيميايي ريزدانه‌هاي موجود به ويژه رسها بايد مورد بررسي قرار گيردو كنترل شود كه اين ريزدانه‌ها با مواد سيماني (بخصوص مواد سيماني غير استاندارد)واكنشهاي ثانويه نداشته باشند و موجب تغيير مشخصات مكانيكي بتن نشوند. يادآوري‌مي‌گردد كه بيشتر ريزدانه‌ها مستعد واكنشهاي شيميايي هستند. مانند ذرات زغال كه به‌صورت مواد منبسط شوند قوي عمل مي‌كنند. اين موضوع دليل بر اين مطلب است كه دربتنهاي غلتكي شامل مصالح سنگي شسته نشده، با وجود استفاده از مقدار مشخصي‌سيمان در مخلوط، مشخصات مكانيكي متفاوتي ظاهر مي‌شود. در واقع پاره‌اي ازريزدانه‌هاي طبيعي خواص ضد پوزولاني دارند.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

خاکستر بادي

نظر به گستردگي استفاده از اين محصول، شايسته است که به صورت جداگانه‌اي تشريح‌گردد. عبارت «خاکستر بادي» مشتمل بر دامنة وسيعي از توليدات مي‌گردد که اغلب تاحدودي ناشناخته‌اند.

عمده‌ترين نوع خاکستر بادي توليد شده در نيروگاههاي حرارتي، خاکستر بادي به جامانده از سوخت زغال سنگ است که درصد بسيار کمي آهك دارد (کلاس F مطابق درجه‌بندي آمريکايي) و به طور عمده شامل سيلکاتهاي آلومينيوم است. اين خاکستر بادي‌طبيعتاً ماده‌اي غير فعال است،مگرزماني که سيمان پرتلند حاوي مقادير زيادي آهك باشد.در صورت استفاده از خاکستر بادي در نسبتهاي کم (۲۰ تا ۳۰ درصد مواد سيماني) اين مادهکاملا در واکنشهاي گيرش بتن شرکت مي‌کند اما اگر درصد استفاده از آن زياد باشد (٦۰درصد) بخشي از آن در واکنشهاي گيرشي شرکت نمي‌کند. در عين حال اين بخش شاملفيلرهاي ريزدانه با کيفيت بسيار عالي است و بخصوص بخش کوچکي از آن نيز جايگزين آب‌مخلوط مي‌شود.

در کشورهايي چون فرانسه و يونان خاکستر بادي که از معادن کُك به دست مي‌آيد، شاملدرصد زيادي آهك است. پس مانده‌هاي حاصل از سوخت زغال سنگ در نيروگاههايحرارتي، ترکيبي چون مواد خام صنايع سيمان دارند. اين چنين خاکستر بادي مستقلاًداراي خواص گيرشي است و مانند يك مادة سيماني کامل عمل مي‌کند (کلاس C مطابقدرجه بندي آمريکايي) بنابراين نقش يك چنين خاکستر بادي در بتن غلتکي يا بتنمتعارف کاملاً متفاوت است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ديدگاه خاكي بتن غلتكي

حال بهتر است نگاهي به بتن ريزي و اجراي بتن غلتكي بيندازيم. بتن غلتكي حاصل ازمخلوط كن‌ها، مخلوطي خاك مانند، سفت و تا حدي مرطوب است و با تمام وسايلي كه درحال حاضر در كارهاي خاكي به كار گرفته مي‌شوند، همچون كاميونها و تسمه نقاله‌ها و... قابل‌حمل است. اين بتن غلتكي پس از تسطيح مانند خاك كوبيده مي‌شود. تنها تفاوت موجود درنوع غلتك مورد استفاده است. برخلاف كارهاي خاكي كه غلتكهاي پاچه بزي كاربرد دارند، دراجراي بتن غلتكي از غلتكهاي لرزاننده با سطح صاف استفاده مي‌شود. با توجه به نوع رويا‌جراء، سرعت اجراي بتن ريزي بسيار زياد است و طبيعتاً يك متر افزايش ارتفاع در روزچندان دور از ذهن نيست (بايد توجه داشت كه سطح مقطع افقي سدهاي بتن غلتكي بسياركوچكتر از سطح مقطع يك سد خاكي است). گفتني است كه سدهاي متعددي با ارتفاع‌حدود ۳۰ متر در فاصلة زماني كمتر از يك ماه در ايالات متحده اجرا شده‌اند. (البته سرعتهااشاره شده لزوماً سرعت بهينه نيستند و در نتيجة استفاده از مواد سيماني بسيار زودگيربدست آمده‌اند).

با توجه به مطالب فوق، تفاوتهاي اجرايي سازه‌هاي بتن غلتكي و سازه‌هاي خاكي بايدمورد توجه ويژه قرار گيرد.

رطوبت لازم براي كوبش كامل در سازه‌هاي خاكي ۱۵ تا ۲۰ درصد است. اين مقدار در بتن‌غلتكي به ٤ تا ٥ درصد مي‌رسد؛ مقادير گفته شده دلالت بر اين دارد كه از دست دادن آب دربتن غلتكي ممكن است بسيار زيانبارتر از خاك باشد. به دليل مشابه، بتن غلتكي نسبت به‌ريزش بارانهاي سبك بسيار حساس‌تر از خاك است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

حتي در صورت استفاده از مواد سيماني ديرگير، لازم است برنامه ريزي كارگاهي به گونه‌اي‌انجام شود كه بتن ريزي در سريعترين زمان ممكن صورت گيرد (واحد توليد بتن حتي‌الامكان بايد به صورت پيوسته عمل كند) و برنامه ريزي كارگاهي بايد در نهايت دقت وسختگيري انجام شود. به همين ترتيب بايد از هر گونه عملياتي كه به نحوي ممكن است‌موجب كندي سرعت اجرا گردد، دوري جست (مثل احداث گالريها و...).

ديدگاه بتني غلتكي غير جامد (سخت نشده)

تاكنون نمودهاي خاكي بتني بتن غلتكي را از نظر گذرانده‌ايم. حال مي‌خواهيم حد مياني‌اين دو حالت را بررسي كنيم كه اين حد مياني از چند ساعت تا چند روز پس از توليد بتن به‌طول مي‌انجامد. تغييرات رخ داده در سدهاي بتن متعارف در اين دوره نسبتاً ناشناخته‌است. اين دوره زماني است كه بتن اجرا شده رها مي‌شود تا در داخل قالب شكل بگيرد.

با توجه به كاهش مقدار آب آزاد مخلوط، كاهش سريع در شكل پذيري آن به وجودمي‌آيد، (بخشي از اين كاهش آب ناشي از شكل‌گيري واكنشهاي شيميايي است)، دانه‌هاي‌مواد سيماني، منبسط شده و هيدراتهاي بزرگتري را پديد مي‌آورند. اما سرعت انجام‌پديده‌هاي مذكور و طبيعتاً نحوة انجام آنها در هر مخلوط با مخلوطهاي ديگر تفاوت دارد. هرچه درصد سيمان معمولي مخلوط كمتر باشد، سرعت وقوع چنين پديده هايي كمتر خواهدبود؛ از طرفي پديده هايي كه موجب خشك شدن سطح بتن مي‌شوند (تابش آفتاب و وزش‌باد) به چنين تغييراتي سرعت مي‌بخشند. اگرچه وقوع تغييرات در مصالح در دورة گفته شده‌چندان شناخته شده

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

نیست، اما نقش اصلي را در شكل‌گيري «درز بين لايه‌ها»، كيفيت لازم ومطلوب درزها، تأثير بتن ريزي بر قالب‌ها، تأثير غلتك بر لايه‌هاي پاييني ودر حال گيرش ودر نهايت سرعت اجراي تودة بتني دارد.

درز بين لايه‌ها، با وجود اهميت آن، ناشناخته‌ترين مورد به حساب مي‌آيد. با انجام‌آزمايشهاي مختلف روي نمونه‌هاي آزمايشگاهي به راحتي مي‌توان تأثير مقدار موادسيماني و نوع آنها، مقدار ريزدانه و جنس آن، دانه بندي و... را بر تودة بتن غلتكي مشخص‌كرد. اما كماكان شبيه سازي يك درز با ساختن دو لايه متوالي و شبيه سازي اثر غلتك بر هريك از دو لايه بسيار مشكل است.

آنچه مسلم است رفتار يك سازة بتن غلتكي به همان ميزان كه به مشخصات تودة بتن‌غالتكي در لايه‌هاي اجرا شده وابسته است، با مشخصات چند سانتي متري مجاور درز تماس‌بين دو لايه نيز ارتباط دارد.

غير يكنواختي بتن غلتكي

برخلاف بتن متعارف كه در احجام به اندازة كافي بزرگ (چند ده dm) همگن فرض‌مي‌گردد، بتن غلتكي مصالحي غير يكنواخت است. اين غير يكنواختي هم بر مقاومتهاي‌مكانيكي و هم بر نفوذپذيري تأثير مي‌گذارد و اين تأثير در مقياسهاي بزرگ و كوچك به‌صورت جداگانه قابل بررسي است.

نكات گفته شده در مورد درزها اين اثرگذاري را در مقياس بزرگ به خوبي مشخص‌مي‌كند. عده‌اي از مهندسان سعي زيادي در به دست آوردن بتن غلتكي با مشخصاتيكنواخت و بهبود كيفيت درز بين لايه‌ها، به

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

طوري كه هيچ نقطه ضعيفي نداشته باشد،دارند. دستيابي به چنين چيزي غير ممكن نيست، اما بسيار پرهزينه است بويژه اگر در همه‌قسمتهاي اجرايي چنين چيزي تضمين شود. در اين حالت قيمتهاي تمام شده بتن غلتكي‌و بتن متعارف تقريباً با يكديگر برابر مي‌شوند.

گروه ديگري از مهندسان برخلاف گروه اول ترجيح مي‌دهند بتن غلتكي را به صورت‌مصالحي لايه لايه در نظر بگيرند و طراحي را بر مبناي اين فرض انجام مي‌دهند.

غير يكنواختي مصالح در مقياس كوچك نمود كمتري دارد: هر دانة مصالح سنگي داراي‌شكل خاصي است كه كم و بيش كشيده بوده و با توجه به عملكرد بولدوزرها در درجة اول وغلتكها در درجة دو، در آن جهت مشخص قرار مي‌گيرد با انجام آزمايش مقاومت كششي به‌روش برزيلي بروي مغزه‌هاي به دست آمده از تودة اجرا شده، مشخص شده است كه كشش‌در جهت مذكور بر روي مصالح اعمال مي‌شود و مقاومت كششي در اين جهت به مراتب‌بيشتر است. همين مورد ساده شايد دليل زيادتر بودن نسبت مقاومت كششي به مقاومت‌فشاري در بتن غلتكي نسبت به بتن متعارف باشد.

بهينه سازي

آنچه تاكنون از بتن غلتكي گفته شد به توجه به موارد زير تا حدي مبهم و سؤال برانگيز است:

ـ در ساخت بتن غلتكي مي‌توان از طيفي وسيع از مواد سيماني با نسبتهاي بسيار متفاوت‌استفاده كرد.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ـ طيفي گستردهتر از مصالح سنگي رودخانهاي يا سنگدانههاي شكسته حاصل از معادلسنگ، به صورت نشسته يا مصالح كاملاً شسته و دانه بندي شده، مخلوط با ريزدانههايمشخصي قال استفاده هستند.

ـ ممكن است از بتن غلتكي براي ساخت تودههاي همگن با مقاومت كششي زياد استفادهشود يا اينكه بتن غلتكي به طور ساده به صورت مصالحي لايه لايه و داراي نفوذپذيري افقيزياد ساخته شود.

ـ قيمت تمام شدة بتن غلتكي مسلماً به طور گستردهاي تغيير ميكند.

برخلاف سدهاي وزني با بتن متعارف كه استانداردهاي مشخص متعددي براي طراحيآنها وجود دارد، مهندسان طراح بتن غلتكي آزادي عمل فراواني در انتخاب داشته و امكانمطابقت با شرايط محلي براي آنها مهيا است. وجود مصالح سيماني، پوزولان (طبيعي ومصنوعي، مصالح سنگي و ماشين آلات موجود همگي عواملي هستند كه در انتخاب گزينهتأثير دارند.

اصولاً هر كارگاه امكانات مشخص و محدودي دارد و با توجه به اين موضوع، مهندس طراحدو يا حداكثر سه گزينه بتن غلتكي را ميتواند براي بررسي در نظر گيرد. طراح پس ازمطالعات روي مصالح و شكل سد، طراح متناسبي را براي هر يك از گزينهها انجام داده، پساز مقايسة نتايج، طرح بهينه را به دست ميآورد. با نگاهي گستردهتر متوجه ميشويم كهمقايسة اصلي بين دو گزينه است كه گزينه اول اجراي بتن غلتكي با حجم زياد از مصالح ارزانقيمت و گزينة دوم اجراي آن با حجمي محدود از مصالح گران قيمت است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

بویژه صورت قرار گرفت سد بتن غلتکي در منطقه‌هاي با خطر زیاد زلزله و یا در صورتیکه‌سنگ بستر پي از مقاومت کافي برخوردار نباشد، بهترین گزینه طراحي، سد با مقطع عرضي‌متقارن است.

تراکم

سؤال مشکلي است و درست مانند مسئله درز بین لایه‌ها، نظرات پراکنده‌اي در مورد آن‌وجود دارد و دقیقاً به دلایل مشابه، اجراي لایه‌هاي آزمایشي به تعداد زیاد، جز در طرحهاي‌بسیار بزرگ، عملاً غیر ممکن است.

سؤالهاي زیر در مورد نحوة تراکم مطرحند. شدت لرزه کم یا زیاد باشد؟ از غلتکهاي خیلي‌سنگین یا متوسط استفاده گردد؟ اساساً تصمیم‌گیري و پاسخگویي به این دو سؤال بر پایةتجربة پیمانکاران و مجریان پروژه‌هاي مربوطه استوار است.

با این حال موارد زیر را باید همواره در نظر داشت:

ـ ماشین آلات راهسازي همیشه کارایي لازم را دارند و نیازي به استفاده از ماشیني که‌منحصراً براي سدهاي با بتن غلتکي طراحي شده باشد، نیست.

ـ درجه تراکم به دست آمده در نمونه‌هاي آزمایشگاهي تقریباً همیشه کمتر از مقداري‌است که در کارگاه قابل دستیابي است.

ـ حتي الامکان براي تراکم باید از نیروي تراکمي زیادي استفاده کرد، اما باید توجه داشت‌که این نیرو موجب شکستگي دانه‌هاي بزرگ مصالح در سطح لایه نشود.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ـ به نوع مصالح از نظر گرد گوشه یا شکسته بودن باید توجه داشت. ممکن است ماشین‌آلات مناسب براي مصالح گرد گوشه با مصالح شکسته سازگاري نداشته باشند و کارايي لازم رافراهم نکنند.در این زمینه باید آزمایش روي ماشین آلا مختلف انجام شود.

ـ روش دقیق و کامل تراکم (تعداد گذر لازم براي غلتکهاي لرزان و معمولي، شدت لازمبراي لرزاندن و...) در هر کارگاه با آزمایشگاهي کیفي روي نمونه‌هاي گرفته شده از کار اجراشده مشخص مي‌گردد و روش به دست آمده دقیقاً در کارگاه اجرا مي‌شود (مگر اینکه نتایج‌آزمایشهاي جدید روشي دیگر را تأیید کنند).

ـ در هر کارگاه نقاطي وجود دارد که تراکم در آنها با مشکلاتي مواجه است که از آن جمله‌مي‌توان به پایة سدها، تکیه گاههاي جانبي، نزدیکي وجوه بالادست و پایین دست و...اشاره‌کرد. در این نقاط باید از بتن متعارف استفاده گردد یا فرایند تراکم ویژه‌اي به کار گرفته شود(وسایل سبك‌تر و لایه‌هاي نازکتر).

ـ و در آخر قابل توجه است که مهندسان ژاپني بخش عمده‌اي از تراکم لازم را با استفاده ازبولدوزرهاي سنگین و لایه‌هاي نازك بدست مي‌آورند.

آب بندي

بتن غلتکي طبیعتاً مصالح آب بندي نیست. این مورد در نگاه اول از معایب استفاده ازبتن غلتکي در احداث سدها به شمار مي‌آید. اما روشهاي متعددي براي غلبه بر این مشکل‌وجود دارد که همة این روشها در دو گروه زیر مي‌توانند دسته بندي شوند:

ـ احداث تودة بتني با آب بندي لازم:

با استفاده از بتن غلتکي نفوذناپذیر که روشي پر هزینه است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

با استفاده از ملات بستر بین لایه‌هاي بتن غلتكي يا دست كم در قسمت بالادست سد

ـ اجراي سيستم آب بند بطور جداگانه در بالادست بدنة سد:

استفاده از غشا آب بند (geomembrane) به تنهايي يا پوشيده شده

اجراي يك ديوار بتن مسلح در وجه بالادست با قالب بندي

روشهاي متعدد ديگر

در اينجا نيز بايد با توجه به مشخصات بتن غلتكي و مقطع عرضي سد روشي بهينه‌تعريف و اجرا گردد.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

اندازه بزرگترین دانهٔ مصالح سنگی

اندازه بزرگترین سنگدانه استفاده شده در RCC تاکنون از ٤٠ میلیمتر تا ١٥٠ میلیمترمتفاوت بوده است. استفاده از اندازه بزرگترین سنگدانه بزرگتر از ٨٠ میلیمتر کماکان جزءموارد استثنایي به شمار مي‌آید. با وجود این تاکنون سدهاي بزرگ متعددي به روش ژاپني‌ها(RCD) ساخته شده‌اند که اندازه بزرگترین سنگدانه در آنها از ١٢٠ میلیمتر تا ١٥٠ میلیمترمتغیر بوده است. (سدهاي Miyagase,Guanyinge,Tmagawa و...) در سد Santa-Engeinaاندازهٔ بزرگترین سنگدانه برابر ١٠٠ میلیمتر و در بتن مسلح سد Tarbella این اندازه به ١٥٠میلیمتر رسیده است .افزایش اندازه بزرگترین سنگدانه موجب افزایش چگالي و مقاومت‌مي‌گردد اما در چنین پروژه‌هایي براي جلوگیري از جداشدگي سنگدانه استفاده از ٥ ردهمصالح سنگي الزامي است که این مورد از نظر اقتصادي مطلوب نیست. همچنین ماشین‌آلات مورد نیاز براي تولید بتن غلتکي (مخلوط کنها)در این حالت از انواع ویژه هستند که‌تنها در پروژه‌هایي که حجمي زیاد از بتن غلتکي در لایه‌ها ضخیم اجرا مي‌گردد، توجیه‌اقتصادي دارند.

در اغلب موارد بتن غلتکي تولید شده اندازه بزرگترین سنگدانه بین ٥٣ تا ٨٠ میلیمتردارد که در نظر گرفتن چنین اندازه‌اي براي بزرگترین دانه تمایل به جداشدگي دانه‌ها را درروشهاي معمول تولید محدود مي‌سازد. با وجود این گاهي اوقات توصیه شده است که اندازهبزرگترین دانه از این هم محدودتر گردد تا اختلاط به خوبي انجام گیرد. به عنوان نمونه درمواردي که مصالح مورد استفاده از چگالي زیادي برخوردار هستند، اجزاي مخلوط سفت‌مي‌باشند و همچنین در صورت استفاده از واحدهاي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

توليدي معمولي بتن به كارگيري اندازه بزرگترين سنگدانه كمتر موجب افزايش كارايي مي‌گردد.

استفاده از اندازه بزرگترين سنگدانه بيش از ۵۰ ميليمتر خطر جداشدگي سنگدانه را به‌وجود مي‌آورد و به ويژه اگر سطح كار كم و باريك باشد (مانند تاج سدها) اين موضوع ازحساسيت بيشتري برخوردار است. خطر بروز اين پديده در صور استفاده از مصالح گردگوشه‌بسيار جديتر است. مخلوطي از درشت دانه شكسته و ماسه طبيعي گردگوشه اين خطر را به‌طور قابل ملاحظه‌اي كاهش داده و حتي از بين مي‌برد.

در هر حالت به عنوان يك اصل بايد در نظر داشت كه اندازه بزرگترين دانه همواره كوچكتر از يك سوم ضخامت لايه است. در مناطق با سطح كم و لاغر (همچون تاج سدها) كه عملكردنامناسب بولدوزرها يكنواختي خوبي را تضمين نمي‌كند، اندازه بزرگترين دانه از اين هممحدودتر مي‌شود.

مصالح سنگي دانه ريز <۵ mmf

وجود مصالح سنگي با اين حدود اندازه به منظور پر كردن فضاي موجود بين درشت‌دانه‌ها ضروري است. مي‌توان چنين مصالحي را مستقيماً از منابع موجود شن و ماسه به‌دست آورد يا از شكستن و خرد كردن سنگ تأمين كرد. همچنين بسترهاي پوزولاني ياماسه‌اي، رخنمونهاي سيلتي و خاكسترهاي بادي خشك يا مرطوب از منابع مناسب براي‌اين مصالح هستند.

ظرفيت باربري مصالح تازه (پيش از گيرش)، چنانچه خمير و ملات فضاي بين درشت‌دانه‌ها را به سختي پر كند (دانه بندي گسسته) افزايش

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مـي‌يابـد. ايـن مطلـب در صـورت‌اسـتفاده از مـصالح سـنگي شكـسته قابـل توجـه‌تـر اسـت. همچنـين در مـورد تـراكم پـذيري مـصالح‌تـازه قـانون فـرق برقرار است.

بـه همـين ترتيـب ماننـد بـتن متعـارف، افـزايش خميـر و مـلات موجـب ايجـاد دانـه بنـدي‌پيوسـته و كامـل مـي‌شـود و موجـب آسـاني اجـرا و كنتـرل خطـر جداشـدگي دانـه‌هـا مـي‌گـردد و آب‌بنـدي و كيفيـت درزهـا را بهبـود مـي‌بخشد، بـا وجـود ايـن، از طرفـي دسـتيابي بـه تـراكم بيـشينه درتمـام ضـخامت لايـه را بـا اشكال مواجه مي‌سازد (پديدة سطح متحرك را به ياد آوريد).

ريزدانه‌ها $m\mu<80\phi$

وجـود ريزدانـه‌هـا تـوجهي ويـژه را طلـب مـي‌كنـد. بـراي همـين بررسـي‌هـاي جداگانـه‌اي روي‌ريزدانـه بـا قطـر كـوچكتر از ٧٠ ميكرمتـر در ايـالات متحـده و قطـر كـوچكتر از ١٤٠ ميكرومتـر درژاپـن صـورت گرفتـه اسـت. (ايـن اخـتلاف در قطـر گـاهي اوقـات موجـب بـروز مـشكلاتي در تفـسيرنتايج بدسـت آمـده از كـشورهاي مختلـف مـي‌گـردد). در فرانـسه حـد معمـول در نظـر گرفتـه شـده‌بـراي ريزدانـه‌هـا ٨٠ ميكرومتـر اسـت و رقـم فـوق همـة انـواع خاكـسترهاي بـادي استفاده شـده رادربـر مـي‌گيـرد و جـزء ريزدانـه‌هـا طبقـه بنـدي مـي‌كنـد (توجـه داشـته باشـيد كـه مطـابق اسـتاندارد P18-541- فرانـسه، واژه ريزدانه به مصالح گذري از الك ٦٣ ميكرون اطلاق مي‌گردد).

آنچـه از مـشاهدات برمـي‌آيـد دال بـر ايـن مطلـب اسـت كـه مقـدار ريزدانـة مخلـوط (دربـر گيرنـدةمـواد سيماني) در حـدود ٨ تـا ١٥ درصـد موجـب تـراكم پـذيري خـوب بـتن غلتكـي مـي‌شـود، دربرخـي از پـروژه‌هـا، تمـامي ايـن مقـدار ريزدانـة مخلـوط بـه طـور مـصنوعي بـه آن اضـافه شـده اسـت(مـواد سـيماني +

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

خاکستر بادي). با این حال معمولاً بخشي از ریزدانه به طور طبیعي داخل‌مصالح سنگي وجود دارد. این ریزدانه‌ها اغلب ازنظر شیمیایي فعال هستند. واکنشهاي آنهاگاهي مفید و زماني زیان بار است. دستیابي به درصد مناسب از ریزدانه‌هاي طبیعي ممکن‌است هزینه بر باشد (چنانچه از واحدهایي مجزا براي تولید فیلر استفاده شود). همچنین‌ممکن است مقدار ریزدانه‌ها به صورت عاملي در انتخاب ماسه تأثیرگذار باشد.

هدف اصلي از انجام بررسي‌هاي آزمایشگاهي، مشاهدة رفتار نسبي مواد شیمیایي‌مختلف در تقابل با ریزدانه‌هاي مورد نظر است. بخشي از ریزدانه‌ها ممکن است خواص‌پوزولاني از خود بروز دهند. استفاده از این گونه مواد ریزدانه امکان کاهش مواد سیماني درمخلوط را فراهم مي‌کنند. از طرفي وجود ریزدانه‌هاي خمیري یا مصالحي که با مواد سیماني‌واکنشهاي شیمیایي زیان بار انجام مي‌دهند، همچنین مصالح شسته نشده، گاهي اوقات‌موجب کاهشي قابل ملاحظه در مقاومت کششي مستقیم و مقاومت برشي مي‌گردند. این‌مورد ناشي از جداشدگي سنگدانه‌ها از خمیر سیمان وپوشیده شدن سطح ریزدانه‌ها بوسیلةمواد سیماني است.

در حالتي ویژه که ریزدانه‌ها از مصالح متورم شونده تشکیل مي‌شوند، این ریزدانه‌ها باآساني با سیمان مخلوط نمي‌گردند (سبب ایجاد کلوخه مي‌شوند) و به نحو کافي با این موادتبدیل و تثبیت نمي‌شوند. تغییر حجم‌هاي متوالي این گونه ریزدانه‌ها در محیطهایي که‌تحت اثر خشك و اشباع شدنهاي دوره‌اي قرار دارند، در دراز مدت تأثیر منفي قابل توجهي برمقاومت بتن دارد. به همین دلیل استفاده از چنین موادي به عنوان مصالح سنگي در مخلوطبتن غلتکي مجاز نیست، مگر در مواردي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

استثنايي كه در طراحي سد مقاومت كششي مصالحبه حساب نيامد است و براي مقاومت برشي مقداري كم در نظر گرفته شده باشد.

بنابراين مشخص شدن نحوة واكنش ريزدانه‌ها وطبيعت آن‌ها، نوع و مقدار مواد سيماني‌لازم براي تثبيت مناسب آنها در مخلوط و پايايي مصالح حاصل، از اهميت زيادي برخورداراست. به همين منظور مطالعات آزمايشگاهي در پروژة تحقيقات ملي فرانسه موسوم بهBaCaRa صورت گرفته است كه در خلال آن به برسي موادي پرداخته شده است كه مقداراريزدانه آنها تا ۳۰ درصد مي‌رسد.

كيفيت لازم براي مصالح سنگي

سنگدانه‌هايي كه در سازه‌هاي بتني متداول به كار مي‌روند، مسلماً براي استفاده در بتن‌غلتكي نيز مناسب هستند. با وجود اين گاهي اوقات در بتن غلتكي از مصالحي استفادهمي‌شود كه با سنگدانه‌هاي مورد استفاده در بتن‌هاي معمولي از نظر كيفيتي تفاوت قابل‌ملاحظه‌اي دارند. بنابراين طرح يك پروژه بايد كاملاً با مشخصات بتن بدست آمده همخواني‌داشته باشد.

ويژگي دانه بندي نهايي (پس از تراكم) همواره نقش اساسي را در تراكم پذيري،مشخصه‌هاي مكانيكي و نفوذپذيري ايفا مي‌كند. در اين باره يك منحني دانه بندي در حدامكان پيوسته و شامل مقدار كافي ريزدانه (دربرگيرنده مواد سيماني) به منظور پر كردن خلل‌و فرج بين سنگدانه‌ها، ايده آل است. منحني دانه بندي تالبوت (Talbot) براي دستيابي به‌بيشترين ميزان تراكم مطلوب است:

$$(p/100 =(d/Dmax$$

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

اندازه بزرگترین سنگدانه (Dmax) معمولاً براي ٦٣ ميليمتر در نظر گرفته ميشود و n عددي‌بين ٠/٢٥ تا ٠/٤ (اغلب عدد ١/٣). درصد گذري از الك ٨٠ ميكرومتر در دامنه ٨ تا ١٥درصد قرار دارد.

بروز تغيير در ويژگي سنگدانه‌ها به هنگام اجرا (ناشي از ساييدگي سنگدانه‌ها، اثرات يخزدگي و ذوب شدگي، شكستن زير غلتك و...) اثر قابل ملاحظه‌اي بر ميان آب و سيمان موردنياز مخلوط مي‌گذارد و در نتيجه مشخصات بتن غلتكي به دست آمده را تحت الشعاع قرارمي‌دهد. در هنگام تعريف ويژگيهاي مورد نياز براي مصالح سنگي بايد مشخصات بتن‌غلتكي عمدتاً مقاومت فشاري و حتي مقاومت كششي، نفوذپذيري و كيفيت اتصال لايه‌ها درنظر گرفته شود.

سطح و ميزان مطالعات لازم روي سنگدانه‌ها با توجه به ويژگيهاي مورد نياز براي مصالح‌سنگي مشخص مي‌گردند. در همين مورد بايد مشخصات خواسته شده از بتن غلتكي،پديده‌هايي كه سازه تحت تأثير آنها قرار دارد و همچنين شرايط اجرايي در تعيين نحوه‌مطالعات لازم در نظر گرفته شود.

توصيه مي‌شود كه در مرحلة مطالعات يك پروژه، ويژگيهاي سنگدانه‌ها با توجه به‌ديدگاههاي مختلفي كه در ضميمه ١ ـ ٢ ـ A فهرست وار بيان گرديده‌اند، ارزيابي شوند.

بررسي خطر وجود مصالح سنگي نامناسب، بويژه در مواردي كه مصالح از خاكبرداريها به‌دست آمده است يا عمليات بهسازي روي مصالح انجام شده يا مصالح سنگي انبار شده‌باشند، از اهميت بسزايي برخوردار است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

استفاده از مصالح با عدد لوس آنجلس زیاد (بیش از ٤٥)، اندازه‌گیری شده روی اندازه‌های مشخص سنگدانه‌ها (٦٣ - ٣١/٥ میلیمتر و ٣١/٥ - ٢٠ میلیمتر)، در صورتی که روشهای تراکمی ضعیفتری در مقایسه با مصالح با کیفیت به کار گرفته شود، قابل قبول است و بنابراین اجرای با تراکم کمتر در قابل طراحی سازه سد مورد نظر پذیرفتنی خواهد بود. مصالحی که بیش از ٣٥ تا ٤٠ درصد آنها ضریب شکلی ضعیف دارند، در معرض خطر جداشدگی سنگدانه‌ها قرار می‌گیرند. در این حالت نباید از مصالح به دست آمده، چگالی و مقاومت زیادی را انتظار داشت. همچنین بتن غلتکی به دست آمده از این گونه مصالح، نه در درزها و نه در تودهٔ آن آب بند است. خطر شکستن دانه‌ها نیز بویژه در مصالح با دانه بندی گسسته و سنگدانه‌های شکننده قابل توجه است. خطر واکنش‌های قلیایی سنگدانه‌ها باید موردبررسی قرار گیرد. البته این خطر با توجه به اینکه از مقدار کمتری مواد سیمانی، در مقایسه با بتن متعارف، در مخلوط استفاده می‌شود از اهمیت کمتری برخوردار است، ولی به هر حال توجه به آن ضروری است. مصالح دسته بندی نشده و غیر استاندارد تنها در صورت بررسی‌های ویژه و اقدامات لازم قابل استفاده هستند و چنانچه بالقوه واکنش‌پذیر باشند، تحت عملیات مشخصی بهسازی می‌گردند.

مطالعات و آزمایشها

مطالعه و بررسی دقیق مصالح سنگی موجود در هر پروژه از اهمیت زیادی برخوردار است. به کارگیری روشهای موجود در مطالعات صحرایی و بهره‌برداری از منابع قرضه که در بتنهای معمولی مورد استفاده قرار میگیرند، برای بتن غلتکی نیز الزامی است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مواد سيماني

ويژگيهاي پايه

مواد سيماني به كار گرفته شده بايد تضمين كننده كارپذيري بتن غلتكي در زمانهايطولاني باشند. در عين حال حرارت زايي آنها نيز كم است. آنچه به طور عمده در اين زمينهمورد توجه است، سازگاري مواد سيماني و ريزدانه هايي است كه به طور طبيعي در مصالحسنگي موجود هستند. تجربههاي موجود حاكي از آن است كه بررسي اين موضوع بويژه درصورت به كارگيري مواد سيماني غير استاندارد الزامي است.

در صورتي كه در بخشهاي مختلف پروژه (بدنه بتن غلتكي، وجوه بالادست و پايين دست،ملات بستر و غيره) از مواد سيماني متفاوت استفاده گردد،سازگاري متقابل آنها با يكديگر نيزبايد مورد بررسي قرار گيرد. بخصوص اگر همة مواد سيماني مورد استفاده از انواع استانداردنباشند.

همچنين پايداري مواد سيماني در تماس با آب مخزن بايد كماكان حفظ گردد. درمحيطهاي مهاجم معمولا استفاده از مواد سيماني ويژه توصيه ميگردد (سيمان به اضافهمواد با پايه خاكستر يا روباره معمولاً مناسب است.)

انواع مختلف مواد سيماني

در مورد تركيبات مختلف مواد سيماني، ويژگيهاي زير مورد نظر است.

ـ سيمان استاندارد معمولي (انواعي كه در سدهاي ساخته شده از بتن متعارف به كاررفتهاند) بدون مواد ديگر تنها در مناطقي كاربرد دارد كه

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

نیروگاههـــاي حرارتـــي بـــا ســـوخت زغـــال‌ســـنگ ندارنـــد و رخنمونهـــاي پوزولاني نيز در آن مناطق ديده نمي‌شود.

ـ سيمان بـه همـراه مـواد مـضاف مختلـف (شـامل خاکـستر بـادي، روبـاره و پوزولان) معمولاً درمقادير قابل توجه.

ـ مـواد سيماني ويـژه بـا پايـة روبـاره‌اي کـه در کارخانـه سـاخته مـي‌شـوند و بـــه صـــورت آمـــاده بـــراي‌مـــصرف موجـــود هـــستند (ايـــن گونـــه ســـيمانهاي روبـاره‌اي در فرانـسه بـراي روسـازي راههـا بـه کارگرفتـه شـده‌انـد.ايـن مـواد بـــه راحتـــي در دســـترس بـــوده و قيمـــت نـــاچيزي دارنـــد. همچنـــين از ايـــن‌گونـــه سـيمانها مـوادي بـا فرمولهـاي خـاص منحـصراً بـراي اسـتفاده در بـتن غلتکـي تهيه شده‌است).

دو مـورد اول بـــه عنـــوان مـــواد ســـيماني در بيـــشتر کـــشورها بـــه صـــورت گـسترده‌اي در پـروژه‌هـاي‌بـتن غلتکـي مـورد اسـتفاده واقـع شـده‌انـد. در کـشور فرانـسه، تـاکنون تنهـا از مـورد سـوم بـه عنـوان‌مـواد سـيماني اسـتفاده شـده اسـت، چـرا کـه ايـن مـواد زمـان کـاري را در مقايسه بـا مـواد سـيماني‌ذکـر شـده در دو مـورد قبـل تـا چنـد برابـر افـزايش داده و حـرارت کمتـري را ايجـاد مي‌کنند.

بـه کـارگيري ريزدانـه‌هـا، بـويژه ريزدانـه‌هـاي پـوزولاني، در اغلـب مـوارد امکـان کـاهش قابـل‌تـوجهي را در مـواد سـيماني فـراهم مـي‌سـازد کـه ايـن مـواد بـــه کـــاهش حـــرارت آبگيـــري، زمـــان گيـــرش‌طـــولاني‌تـــر، هزينـــه‌هـــاي کمتـــري مواد سيماني و افزايش حجم خمير بين سنگدانه‌ها مي‌انجامد.

در پـــروژه‌هـــاي بـــزرگ اســـتفاده از محـــصولات مختلـــف (خاکـــستر بـــادي و...) در کارگـــاه توليـــد بـــتن‌غلتکـــي مـــي‌توانـــد مزايـــاي اقتـــصادي قابـــل تـــوجهي را به همراه داشته باشد.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

از طرفي در پروژه‌هاي كوچكتر، استفاده از تنها يك تركيب (سيمان يا مواد سيماني ويژه‌آماده براي مصرف) توصيه مي‌گردد، چرا كه از نظر هزينه‌هاي انبارداري، آزمايشهاي موردنياز و استفادة آسانتر، اقتصادي‌تر است.

شايان گفت است كه در خلال پروژه تحقيقات ملي فرانسه، BaCaRa، مطالعات‌آزمايشگاهي در مورد بررسي امكان استفاده از روباره كوره آهنگدازي صورت گرفته است كه‌مواد مذكور در كارگاه آسياب شده و با يك مادة بازي فعال مي‌گردند. نتايجي جالب و قابل‌توجه نيز در اين زمينه به دست آمده است، اما تاكنون چنين موادي به صورت عملي درپروژه‌ها به كار گرفته نشده‌اند.

آب

آزمايشهاي كامل شيميايي و فيزيكي روي آب مورد استفاده در بتن بايد صورت گيرد.آزمايشهاي ياد شده بايد بر طبق استانداردهاي موجود و به منظور تعيين شرايط استفاده‌آب در بتن انجام شوند. (بهسازيهاي ممكن در خواص آب، صاف كردن آب و خنثي كردن‌آن).

افزودنيها

ممكن است از يك ديرگيركننده براي افزودن زمان كاري بتن غلتكي و بهبود كيفيت‌اتصال لايه‌ها استفاده شود. در چنين مواردي توصيه مي‌شود كه اين افزودنيها با موادسيماني آميخته گردند. (در سد Petit-Saut به اين ترتيب عمل شده است). در حقيقت باتوجه به مقدار كم سيمان و آب

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

موجود در مخلوط بتن غلتکي، پخش يكنواخت اين گونه‌افزودنيها در كارگاه و در حين اجراي بتن مشكل است.

تاكنون از مواد هوازا و روان كننده‌ها تنها در موارد استثنايي و پروژه‌هاي خاص استفاده‌شده است. (از قبيل Zaaihoek , De Mist Kraal , Snta- Cruz, Pandia kou). توليدحباب هوا در مخلوط بتن غلتكي نيازمند به خميري تا حد ممكن روان و روشهاي اختلاطبسيار قدرتمند است. با توجه به شكل و ساختار مخلوط بتن غلتكي و با در نظر گرفتن توليدپيوسته آن، فراهم ساختن اين امكان در كارگاه بسيار شكل و دست نيافتني است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

خواص بتن غلتكي

خواص بتن غلتكي در محل مصرف بستگي به كيفيت مواد متشكله، نسبتهاي اختلاط ودرجة تراكم يا تحكيم دارد. به علت دامنة گستردة مصالح و مخلوطهايي كه تا به حال استفادهشده كميتهاي مشخصي براي بيان خواص بتن غلتكي كه در دامنة باريكي قرار گيرند، وجودندارند. خواصي از بتن غلتكي كه به مصالح سنگدانهاي بستگي دارد نظير خواص الاستيك وحرارتي مشابه با خواص بتن معمولي است كه از همان مصالح سنگدانهاي ساخته شده باشد.از آنجايي كه مخلوطهايي از بتن غلتكي كه با توجه به مفاهيم ژئوتكنيكي و مشابه با خاكهاتهيه شدهاند معمولاً داراي بيش از ۲ درصد فضاي منفذي مي‌باشد، شدت تراكم نقش بزرگي‌در مقاومت اين مخلوطها به عهده دارد. فضاهاي خالي بين تماس دانه‌اي مصالح كه فاقدريزدانه يا خمير پركننده هستند، به وجود مي‌آيد. تراكم اضافي موجب كاهش اين فضاهايخالي شده و در نتيجه بتن غلتكي فشردهتر همراه با مقاومت بيشتر حاصل مي‌گردد. مصالحسنگدانه‌اي با دانه بندي نامناسب و يا با درصد سنگدانه‌هاي درشت زياد ممكن است‌سيستمي بوجود آورد كه با وجود اكمل بودن تراكم آن هنوز داراي درصد نسبتت بالايتخلخل بوده كه نتيجه به دانسيتة پايين‌تر و مقاومت كمتر خواهد شد. هرچند حجم‌بزرگتري از منافذ در مخلوطهاي مبتني بر مفاهيم خاك وجود دارد، لكن تمامي مصالحسنگدانه‌اي آن در محل تماس به يكديگر سيمانته شده‌اند.

متراكم نمودن مخلوط بتن غلتكي بدون اسلامپ با روشهاي غلتك زني، مصالحي را به‌وجود مي‌آورد كه بسياري از خواص آن غير همگن است. اين مطلب علي الخصوص در موردآب بندي صحيح بوده و نفوذپذيري در

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

جهت عمودي لايه‌هاي متراكم شده به ميزان قابل‌توجهي كمتر از جهت افقي مي‌باشد. اغلب آزمايشات روي مغزه‌ها و سيلندرها فقط در يك‌جهت انجام گرفته و به هر حال اطلاعات محدودي دربارة خواص غيرهمگن بتن غلتكي‌سخت شده در دسترس مي‌باشد.

نتايج حاصله از آزمايش مغزه‌هاي سدهاي بتن غلتكي در مقايسه با نتايجي كه ازنمونه‌هاي آزمايشگاهي به دست آمده است، خواص واقعي مصالح را در سازه بهتر معرفي‌مي‌كند. خواص مقاومتي تعريف شده با استفاده از نمونه‌هاي مغزه در اين بخش مورد تأكيدمي‌باشد.

مقاومت فشاري

مقاومت فشاري نسبتاً به راحتي تعيين مي‌شود. بسياري از خواص ديگر مستقيماً درارتباط با مقاومت فشاري تك محوري بتن در سن معين مي‌باشد.

ارتباط بين درصد آب و مقاومت فشاري ۹۱ روزة بتن در شكل ۲ ـ ۵ براي مخلوطهاي آرسي دي ژاپن شامل (۸٤Ib/yd 142 kg/m) و سيمان (۳٦ 1b/yd 61 kg/m) خاكستري باديي‌نشان داده شده است. همان طوري كه اشاره گرديد، مقاومت فشاري با كاهش آب در صورت‌تراكم كامل بتن غلتكي افزايش مي‌يابد. حداكثر مقاومت فشاري در مخلوط معين در درصدرطوبت بهينه كه با انرژي تراكم مشخص شده مصالح مطابقت دارد، به دست مي‌آيد. مقدارآب كمتر از حد بهينه مقاومت فشاري پايين‌تر را موجب مي‌گردد. اين مطلب نشان دهندة اثرمنفي بيشتر حضور منافذ خالي در مخلوط در مقابل اثر مثبت كاهش رطوبت روي مقاومت‌مي‌باشد. در اغلب سدهاي بتن غلتكي طراح درصد آب نسبتت ثابت را در نظر

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

گرفته كه‌مبتني بر زمان وي بي يا مقدار VC براي مخلوطهاي مشابه بتن معمولي و دانسيتة حداكثربراي مخلوطهاي طرح شده بر مبناي مفاهيم مكانيك خاك مي‌باشد. طراح بتن غلتكي‌مشابه با خاكها مي‌تواند مقدار آبي كمي بيش از رطوبت بهينه را به منظور بهبود كارآيي‌مخلوط براي آن تجويز نمايد. به هر تقدير هرگاه كه مقدار آب و قدرت تراكم تثبيت شده‌باشند، مقاومت فشاري بتن بستگي به مقدار سيمان يا سيمان و پوزولان خواهد داشت.مقاومت فشاري با زمان و مقدار مصالح سيمانته كنندة مخلوط افزايش مي‌يابد. افزايش‌مقاومت فشاري تا سنين ۹۱ روزه را با توجه به تغييرات مواد سيماني نشان مي‌دهد.

در طرح اختلاط بتن غلتكي با رواني نظير مخلوطهاي مشابه با خاكها، تأثير تراكم برمقاومت در شكل نشان داده شده است. مخلوط متشكل از (۸۹ lb/yd kg/m) 150 سيمان‌بدون خاكستر بادي و ٤٠ درصد ماسه با ٤ درصد عبوري از الك نمرة ۲۰۰ (۰,۰۷۵ mm) باحداكثر اندازه دانة (MSA) برابر با ۲ اينچ ((۵۰ mm مي‌باشد. نمونه‌هاي آزمايشگاهي كه باقدرت تراكم (۱۱۷۵ ft-lb/in 142 kg/m) متراكم شدند مقاومت فشاري ۷ روزة به مراتب‌بالاتري در مقايسه با نمونه‌هاي ارتعاشي طبق دستورالعمل ۸٦ ـ ٤۹۰٦ ادارة عمران نشان‌دادند.

در اين آزمايش به نظر مي‌رسد كه منحني‌هاي مقاومت مخلوط متراكم و مرتعش شده دررطوبت بيش از ٦ درصد همگرا مي‌شوند. اين حالت نشان مي‌دهد كه در مقدار رطوبت بالاتراز درصد اشاره شده كلية منافذ پر شده و مخلوط مشابه با بتن معمولي خواهد شد.

مقاومتهاي فشاري حاصله از مغزه‌ها و سيلندرها براي سدهاي مختلف بتن غلتكي درجدل ۲ ـ ۱۰ نشان داده شده است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مقاومت كششي

مقاومت كششي بتن غلتكي را در سدها مي‌توان به وسيلة آزمايشات، با اندازه‌گيري كشش‌مستقيم (direct tension) يا كشش غير مستقيم (indirect) تعيين نمود. آزمايش كشش‌غير مستقيم spliting همان آزمايش برزيلي مي‌باشد. در سدهاي بتني مرسوم، آزمايشاتكشش برزيلي مغزه‌ها به طور متوسط ۱۰ درصد مقاومتهاي فشاري است در حالي كه‌آزمايشات كششي مستقيم همين مغزه‌ها، مقاومت كششي حدود ۵ درصد مقاومت فشاري‌يا تقريباً نصف كشش غير مستقيم را نشان مي‌دهد.

تجزيه و تحليل مخلوطهاي بتن غلتكي ۹ سد بعد از حذف مقادير زياد و اندك به منظوركسب ارقامي نزديك به مقدار متوسط نشان داد كه مقاومت كششي غير مستقيم حدود ۱۳درصد مقاومت فشاري است و دامنة آن ۱۱،۹ درصد تا ۱٤/۳ درصد مي‌باشد.

به علت شيب تند پايان سد آپرستيل واتر (Upper still water) تنها سد بتني غلتكي‌است كه در آن مقاومت كششي بتن غلتكي از معيارهاي اوليه طراحي است. در اين سدحداقل كشش مستقيم (۱،۲٤ lb/in 180 Mpa) پس از يك سال مورد نياز بود. آزمونهاي‌آزمايشگاهي مخلوط پيشنهادي با خمير زياد با استفاده از شن و ماسة حاصل از ماسه سنگ،مقاومت كششي (۱،۵۲ lb/in 220 Mpa) يا ٤/٤ درصد مقاومت فشاري آنرا كه (۳٤،۵ Mpa) ۵۰۰۰ lb/in بود به دست آمد.

مقاومت برشي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

احداث سد بتني از نوع غلتكي سازه‌اي ايجاد مي‌كند با لايه‌هاي ۱ تا ۲ فوت (۰/۳ تا ۰/٦متر) كه به صورت عمودي ريخته مي‌شوند. مقاومت برشي در خطوط لايه‌هاي كوبيده شده از اهميت بيشتري نسبت به مقاومت برشي بتن غلتكي برخوردار است.

مقاومت برشي كل را مي‌توان از روي معادلة كولمب تعيين نمود:

$$S = C + P \tan \phi$$

در اين رابطه :

S = تنش برشي P = تنش نرمال

C = چسبندگي ϕ = زاوية اصطكاك داخلي

به پارامتر C (چسبندگي) تنش اتصالي گويند و $P \tan \phi$ مقاومت اصطكاك لغزشي‌تعريف مي‌شود. آزمايش مستقيم برشي روش معمول براي دستيابي به داده‌هاي چسبندگي‌و زاوية اصطكاك با استفاده از بارهاي نرمال مختلف مي‌باشد. مك لين و پيرس داده‌هاي‌مقاومت برشي را در بتن غلتكي و درزهاي اتصالي و غير اتصالي آن در جدولي خلاصه‌نموده‌اند و نتايج بدست آمده از بتن غلتكي را با مقادير برش در بتن معمولي مقايسه نمودند.آنها متوجه شدند كه پراكندگيهاي قابل توجهي در مقادير وجود دارد زيرا داده‌هاي آزمايشي‌از مخلوطها و مصالح، منابع اطلاعاتي و روشهاي آزمايشي گوناگون به دست آمده است.

مقاومت برشي مربوط به شكست اتصال را مي‌توان مقاومت حداكثر ناميد و مقادير اصطكاك لغزشي (Siding Friction كه مك لين و پيرس MC Lean & Pierce) بدان اشارهنمودند مقاومتهاي برشي پس ماند مي‌باشند.

خواص الاستيك

مدول الاستيسيته

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مدول الاستیسیته که به آن مدول یانگ نیز گفته می‌شود، نسبت تنش نرمال به کرنش‌نظیر آن برای تنش‌های فشاری یا کششی پایین‌تر از حد خطی مصالح می‌باشد. مدول‌الاستیسیته بتن معمولی متناسب با وزن مخصوص و مقاومت فشاری آن است. مقدارمتوسط E از روی فرمول زیر به دست می‌آید:

$E = 33$

وزن مخصوص برحسب پوند در فوت مکعب است.

بر پایهٔ اطلاعات محدود موجود، مقدار E برای بتن غلتکی که با شن و ماسه با وزن عادی وکیفیت مناسب تهیه می‌شود مثل بتن معمولی و حتی به خاطر وزن مخصوص بالاتر کمی‌بیشتر است.

ثابت شده که نوع شن و ماسه استفاده شده در بتن غلتکی عامل اصلی در تعیین مدول‌الاستیك می‌باشد. وزن مخصوص پایین‌تر شن و ماسهٔ مصرفی مثل سنگ مارن که در سدMiddle Fork و ماسه سنگ که در سد Upper Stil water به مصرف رسیده موجب شدمقادیر نسبتاً پایین E در مقایسه با E طبق فرمول فوق به دست آید. در طراحی سد، مدول‌پایین الاستیسیته مورد نظر است تا ترکهای بالقوه برای حد مشخصی از تنش تقلیل یابد.مقادیر E تعدادی از سدهای بتن غلتکی در جدول ۲ــ ۱۷ نشان داده شده است.

ضریب پواسون

ضریب پواسون نسبت کرنش جانبی (عرضی) به کرنش محوری (طولی) نظیر حاصل ازتنش محوری با توزیع یکنواخت پایین‌تر از حد خطی مصالح می‌باشد. در بتن غلتکی دامنهٔآن معمولاً ۰/۱۷ تا ۰/۲۲ با مقدار متداول ۰/۲ می‌باشد که مانند بتن معمولی است. مقادیرضریب پواسون نیز در جدول ۲ ـ ۱۷ به صورت فهرستی ارائه شده است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

نفوذپذيري

مقدار كل نفوذ تراوشي در سد بتن غلتكي مجموع آبهاي عبوري از مصالح به اضافة آبهاييست كه از درزها و تركهاي سازه نفوذ مي‌كنند. مقدار آب تراوشي از درون سدهاي بتن‌غلتكي در حال بهره‌برداري در فصل ۱۱ به تفصيل بحث شده است.

مقادير نفوذ در مخلوطهاي بتن غلتكي در دامنة ۱۰ * ۲ سانتي متر در ثانيه در مخلوط كم‌عيار A در سد ويلوكريك (Willow Creek) تا ۱۰-۱۰ * ٤ سانتي متر در ثانيه در مخلوطپرخمير A در سد آپرستيل واتر (Upper Still water) مي‌باشد و در شكل ٥ ـ ۱ نشان دادهشده است.

دانستان (Dunstan) مطرح مي‌كند كه نفوذناپذيري بتن غلتكي يكي از مهمترين خواص‌آن است، و اين خاصيت بتن غلتكي مي‌تواند مستقيماً متناسب با مقدار مواد سيماني باشدكه در شكل ٥ ـ ۱ نشان داده شده است. اين امر بخصوص در مخلوطهاي بتن غلتكي مشابه بابتن معمولي كه مقدار خمير بيش از تخلخل است، صادق است. بنابراين مصرف موادسيماني بيشتر، خمير آب بندي به وجود مي‌آورد كه نفوذپذيري مصالح بتن غلتكي را كنترل‌مي‌نمايد. در مخلوطهاي متقارب به خاك، نفوذناپذيري زياد مي‌تواند با تركيبي از اضافه‌نمودن درصد مواد سيماني، تراكم بيشتر و مصرف مصالح ريزدانه با دانه بندي خوب به حدكافي به دست آيد كه كلية اين مواد موجب كاهش منافذ خالي در بتن غلتكي مي‌شوند.

دوام

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

دوام بتن غلتکي در مثار اثرات محيط و نيروهاي هيدروليكي از اهميت خاصي برخوردار است. دوام بتن غلتكي توسط آزمايشات آزمايشگاهي و مطالعات موردي در صحرا نشان داده است.

مقاومت در مقابل انجماد ذوب

نظر به اينكه هوازايي مؤثر عموماً در بتن غلتكي با مواد افزودني قابل حصول نيست از اين جهت دوام در مقابل انجماد ـ ذوب بايد او مقاومت و نفوذناپذيري آن به دست آيد.مخلوطهاي بتن غلتكي با مقاومت زياد و نفوذپذيري پايين داراي دوام در برابر انجماد ـ ذوب بالاتري نسبت به مخلوطهاي كم سيمان با مقاومت پايين مي‌باشند.

دوام در برابر انجماد ـ ذوب در سد خصوصاً در مورد سطوح افقي و ديگر سطوحي كه درحالت خيس در معرض دوره‌هاي انجماد ـ ذوب مي‌باشد مهم است. پوشش‌هاي بتن غلتكي‌رخنمون دار با مقاومت زياد بعد از آنكه به مدت ۱۰ سال در كانادا تحت بهره‌برداري قرارگرفتند مقاومت بسيار خوبي در مقابل انجماد ـ ذوب از خود نشان دادند. ضمناً بتن غلتكي‌نسبتاً كم عيار در رويه‌هاي پياب بدون قالب سدهاي ويلوكريك(Creek Willow) وگالسويل (Galesville) به طور مداوم به خاطر تراوس آب نمدار باقي مانده و تخريب بسياراندكي در آنها در اثر ذوب و انجماد مشاهده شده است.

مقاومت انجماد ـ ذوب سدها و روسازيهاي بتن غلتكي بهتر از مراتبي است كه باآزمايشات يا مقاطع آزمايشي پيشگويي مي‌شود اغلب مخلوطهاي بتن غلتكي مقاومت‌ضعيفي در برابر انجماد ـ ذوب طي آزمايشات آزمايشگاهي انجماد و ذوب سريع 566 ASTMاز خود بروز داده‌اند مشابه اين مطلب، قطعات بزرگ بتن غلتكي از مقاطع آزمايشي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

سال۱۹۷۳ در سد لاست كريك ايالت اورگون در آزمايشگاه گروه مهندسين ارتش ايالات متحدهدر Treat Island ساحل Main به كلي خرد شدند. قطعات نمونه در معرض اثر حركت آبشور، امواج و انجماد ـ ذوب و دورههايتر و خشك قرار گرفتند.

چنانچه مخلوطهاي بتن غلتكي با در نظر گرفتن دوام و با استفاده از آزمايشات تلفاتوزني انجماد ـ ذوب و معيارهاي بكار رفته براي خاك سيمانته طراحي شده باشند، قابليتدوام مورد قبولي ميتواند قابل انتظار باشد. مقدار سيمان لازم براي بتن غلتكي جهتدستيابي به دوام ممكن است از مقدار لازم به منظور كسب ديگر خواص نظير مقاومتفشاري به مراتب بيشتر باشد. پوزولان براي جايگزيني با سيمان در جايي كه رويههاي بتنغلتكي افقي در حالت خيس در معرض دورههاي انجماد ـ ذوب زودرس قرار ميگيرد ومقاومت اوليه زيادي در چنين شرايطي لازم است توصيه نميگردد.

مقاومت سايشي

مقامت سايشي بتن غلتكي متناسب با مقاومت فشاري و مقاومت سايشي شن وماسهمصرفي در مخلوط ميباشد. بتن غلتكي مقاومت بسيار عالي در برابر سايش چه درآزمايشگاه و چه در صحرا از خود نشان داده است. در ارتباط با طراحي در سد ويلوكريكپانلهاي بتن غلتكي با شن و ماسه درشت و كم سيمان وقتي در معرض جتهاي سريع آب درآزمايش فلوم گروه مهندسين در سد ديترويت اورگون قرار گرفتند، عملكرد خوبي از خود بروزدادند. وقتي مقاطع حجيم بتن غلتكي بايستي در معرض نيروهاي هيدروليكي بسيار بزرگنظير بتن غلتكي در حوضچة استغراق

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

يا حوضچة آرامش قرار گيرد، لايه‌اي بتن غلتكي‌بايستي به نحو احسن به هم متصل باشد كه از انفصال درز (Delamination) جلوگيري شود.

خواص مقاومت سايشي بتن غلتكي در چندين پروژه ظاهر شده است. مشخص‌ترين آنها درمورد بازسازي سرريز در سد تاربلاي پاكستان، سرريز سد North Fork و سد Kerrvilleمي‌باشند.

تغييرات حجمي

در هر سازه بتني حجيم تفهيم و طرح براي تغييرات حجمي به منظور تقليل ترك غيرقابل كنترل ضرورت دارد. كاهش حجم ناشي از حرارت يا جمع شدگي در اثر خشك شدن‌مواردي است كه بايد در طراحي سدهاي بتن غلتكي مدّ نظر قرار گيرد.

خواص حرارتي

خواص بتن غلتكي كه در تحليل حرارتي مملك است ضروري باشد شامل گرماي ويژه،قابليت انتشار، قابليت هدايت و ضريب انبساط حرارتي همراه با ظرفيت كرنش كششي‌مي‌باشند. خواص حرارتي متداول در جدول ۲ ـ ۱۸ نشان داده شده است.خواص حرارتي به‌طور اساسي وابسته به شن و ماسه بوده به نحوي كه بتن غلتكي و بتن متداول كه از يك شن وماسه تهيه مي‌شوند نتايج مشابهي دارند.

جمع شدگي در اثر خشك شدن

افزايش رطوبت باعث مي‌شود كه بتن انبساط يافته و كاهش رطوبت موجب جمع شدگي‌مي‌شود.در پروسة هيدراتاسيون سيمان، آب و سيمان تركيب شده به گونه‌اي كه رطوبت كم‌گرديده و جمع شدگي پيش مي‌آيد.

در هر مخلوط بتن، فقط خمير دچار چروكيدگي مي‌شود. از اين رو وقتي مواد سيماني‌ثابت باشد، شدت جمع شدگي در اثر خشك شدن در

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

وهلـة نخـست مبتنـي بـر مقـدار آبمخلـوط خواهـد بـود. از آنجـايي كـه بـتن غلتكـي نيـاز بـه آب و سـيمان كمتـر نـسبت بـه بـتن متـداولدارد، در پروسـة هيدراتاسيون دچار جمع شدگي كمتري ميشود.

خـزش

وقتـي بـتن در معـرض بـار قـرار گيـرد، تغييـر شـكل مـيتوانـد بـه دو بخـش تغييـر شـكل فـوريمثـل كـرنش الاسـتيكي و تغييـر شـكل فـشاري تـابع زمـان كـه خـزش ناميـده مـيشـود تفكيـكگـردد. خـزش خيلـي زود شـروع و تـا زمـاني كـه بـار روي بـتن بـاقي اسـت بـا آهنگـي كـه تـدريجاً كـاهشپيـدا مـيكنـد ادامـه مييابد.

خـزش در بـتن غلتكـي بـستگي بـه شـن و ماسـه مـصرف شـده و مقاومـت بـتن غلتكـي دارد.مـصالح شـن و ماسـهاي كـه موجـب مـدول الاستيـسيتة پـايين در بـتن مـيشـوند. باعـث بـالا رفـتنشـديد خـزش مـيگردنـد.مخلوطهـايي بـا مقاومـت بيـشتر داراي خميـر سـيمان صـلبي بـودهبنـابراين وقتـي بـار اعمـال گـردد در معـرض تغييـر شـكل يـا بـه عبـارتي خـزش كمتـري قرارمـيگيرنـد. در سـدهاي بـتن غلتكـي، مقـدار زيـاد خـزش يـا توانـايي بـه منظـور اسـتهلاك تـنشاعمـال شـده، معمـولاً مطلـوب اسـت. تنـشهاي فـشاري در سـدهاي وزنـي بـه طـور كلـي پـايينمـيباشـد و خـزش از الزامـات مهـم طراحـي نيـست. مقـادير خـزش در مخلوطهاي متفاوت بتنغلتكي در جدول ۲ـ ۱۷ ارائه شده است.

وزن حجمي (Unit Weight)

وزن حجمـي يـا دانـسيتة بـتن در وهلـة نخـست بـه وزن مخـصوص شـن و ماسـه و مقـدارتخلخل تـودة بـتن غلتكـي مبتنـي اسـت. منافـذ هـواي انـدكي در بـتن غلتكـي وجـود دارنـد و عمـلتـراكم آنهـا را تقليـل مـيدهـد. بـر ايـن اسـاس مـواد جامـد بيـشتري در واحـد حجـم بـتن غلتكـيوجـود دارد و وزن حجمـي آن

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

عموماً بیشتر از بتن متداولي است که با شن و ماسه‌اي با وزن‌مشابه تهیه مي‌گردد. وزن مخصوص بزرگتر از (٢٤٤ lb/ft 150 kg/m) مقادیر معمول در بتن‌غلتکي مي‌باشند.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مواد و مصالح مصرفي در توليد مخلوطهاي بتن غلتكي

كليات

بتن غلتكي از نظر اجزاء متشكله تفاوتي با بتن معمولي نداشته و اجزاء آن مشتمل برسنگدانه‌ها (شن و ماسه)، سيمان، مواد پوزولاني و يا سرباره‌اي، آب و در مواردي‌افزودني‌هاي شيميايي نظير مواد روانساز مواد كندگير كننده و يا مواد هوازا مي‌باشد.

براي توليد مخلوطهاي بتن غلتكي به كار رفته در پروژه‌هاي مختلف سدسازي، گسترهوسيعي از مواد و صالح از نظر كيفي و كمي به كار رفته‌اند. بخش عمده‌اي از مطالبي كه درمراجع و منابع در ارتباط با مصالح ساخت بتن‌هاي حجيم معمولي ارائه شده، براي بتن‌غلتكي نيز مي‌توانند صادق باشند. در مواردي نيز الزاماتي كه براي مصالح ساخت بتن‌هاي‌معمولي يا حجيم معمولي اعمال مي‌گردند، در مورد برخي انواع بتن‌هاي غلتكي نياز به‌اعمال نداشته و يا به صورت محدودتري اعمال مي‌گردند. بر اين اساس در بسياري مواردامكان كاربرد طيف وسيعتري از مواد و مصالح مي‌تواند مطرح باشد. در فرايند طرح اختلاطبتن غلتكي و يا تهيه مشخصات فني پروژه براي مواد و مصالح سد بتن غلتكي بايستي‌شرايط و ويژگي‌هاي خاص در پروژه، الزامات طراحي و منابع مواد و مصالح در دسترس مدنظر قرار گيرند.

مواد سيماني

با توجه به اينكه بتن غلتكي نوعي بتن حجيم مي‌باشد. لذا مسأله كنترل حرارت‌زايي دراين نوع بتن‌ها حائز اهميت ويژه مي‌باشد. بر اين اساس مواد سيماني در اين نوع بتن‌ها عمدتاً با تأكيد بر حرارت زايي پايين انتخاب مي‌گردند. در بسياري از موارد تركيبي از سيمان‌هاي‌پرتلند و

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مواد افزودني معدني مانند پوزولان‌ها يا سرباره‌ها مورد استفاده قرار مي‌گيرند تاحرارت‌زايي را كاهش دهند. نمودار شكل ۲ ـ ۱ اطلاعات و آمار مربوط به نوع مواد سيماني به‌كار رفته در ساخت سدهاي بتن غلتكي از شروع ساخت اين نوع سدها تا انتهاي سال ۱۹۹۸را نشان مي‌دهد.

همانطور كه نمودار نشان مي‌دهد تنها در ۱۰ درصد از كل پروژه‌هاي بتن غلتكي ساخته‌شده، از سيمان به تنهايي استفاده شده است. عمده سدهاي بتن غلتكي در جهان با استفاده‌از سيمان پرتلند همراه با درصد قابل ملاحظه‌اي پوزولان خاكستر بادي ساخته شده‌اند.بديهي است در انتخاب نوع سيمان پرتلند خصوصاً در صورتي كه به تنهايي به كار رود، سعي‌مي‌گردد از سيمان‌هاي با حرارت زايي كمتر نظير سيمان‌هاي نوع II,IV و يا V استفاده شود.نكته مهمي كه در خصوص مواد سيماني بايستي مد نظر داشت، ثبات خواص اين مواد درطي دوره ساخت پروژه براي دستيابي به بتن غلتكي با كيفيت يكنواخت و قابل اتكا در كليه‌مراحل بتن ريزي مي‌باشد.

سيمان پرتلند

همانگونه كه ذكر شده مسأله كنترل حرارت زايي در انتخاب نوع سيمان داراي اهميت‌ويژه مي‌باشد. دستيابي به حرارت زايي كم، عمدتاً از طريق كاربرد مواد پوزولاني و سرباره‌اي‌صورت مي‌گيرد كه در اين صورت امكان كاربرد انواع سيمان‌هاي پرتلند نظير نوع V,II,Iفراهم مي‌آيد. البته در مواردي نيز عدم وجود پوزولان‌هاي مناسب در فاصله قابل قبول ازكارگاه، گزينه كاربرد سيمان پرتلند به تنهايي را مطرح مي‌كند كه در اين صورت مسأله پايين‌بودن حرارت زايي از طريق كاربرد سيمان با حرارتي زايي كم (نوع IV) و در صورت عدم‌دسترسي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

به آن، سیمان هایي نظیر سیمان اصلاح شده نوع II و یا V مدنظر قرار مي‌گیرد.بدیهي است سیمان پرتلند نوع III (سیمان با روند سریع کسب مقاومت) جایگاهي درساخت مخلوطهاي بتن غلتکي ندارد و همچنین توصیه مي‌شود از سیمان نوع I به تنهایي‌براي ساخت مخلوط بتن غلتکي اجتناب گردد.

نمودار شکل ۲ ـ ۲، اطلاعات کاربرد انواع مختلف سیمان در سدهاي بتن غلتکي اجرا شده یا در حال ساخت را تا آخر سال ۱۹۹۶ ارائه مي‌دهد. همانطور که از نمودار مشخص است‌سیمان نوع I، درصد کاربرد قابل توجهي را به خود اختصاص داده است (۲۹/۲ درصد). لازم‌به یادآوري است که این نوع سیمان به تنهایي به کار نمي‌رود و کاربرد آن در بتن غلتکي به‌همراه مواد پوزولاني یا سرباره‌اي مي‌باشد. سیمان پرتلند نوع II نیز درصد کاربرد قابل‌ملاحظه‌اي دارد و کاربرد آن غالباً در کنار مواد افزودني معدني؛ لیکن در صورت در دسترس‌نبودن مورد افزودني معدني، این نوع سیمان با اعمال سقف محدودیت تولید حرارت روي‌آن، به تنهایي در ساخت بتن‌هاي غلتکي به کار مي‌رود.

سیمان‌هاي آمیخته ماده (Belended Cements) که ترکیبي کارخانه‌اي از سیمان‌هاي‌پرتلند با مواد پوزولاني و یا سرباره‌اي هستند درصدهاي کاربرد نسبتاً کمي را به خوداختصاص داده‌اند. به طور مثال سیمان پرتلند پوزولاني با خاکستر بادي ۳/۸ درصد و سیمان‌پرتلند پوزولاني با پوزولان طبیعي ۷ درصد سیمان‌هاي به کار رفته را به خود اختصاص‌داده‌اند.لذا با توجه به دو نمودار ارائه شده در خصوص نوع مواد سیماني و انواع مختلف‌سیمان به کار رفته در سدهاي بتن غلتکي به نظر مي‌رسد که کاربرد مواد سیماني عمدتاً به‌شکل کاربرد سیمان‌هاي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

پرتلند نوع I و II همراه با مواد پوزولاني خصوصاً خاکستر بادي بوده‌است و تمايل کمتري به استفاده از سيمان‌هاي پرتلند آميخته پوزولاني به صورت آماده‌وجود دارد.

در کشور ما از پنج نوع اصلي سيمان، سه نوع سيمان توليد مي‌شود که شامل نوع I(سيمان پرتلند معمولي)، نوع II (سيمان پرتلند اصلاح شده) و نوع V (سيمان پرتلند ضدسولفات) مي‌باشد. سيمان پرتلند نوع III (سيمان با روند سريع کسب مقاومت) و سيمان نوعIV (سيمان پرتلند با حرارتي زايي کم) در کشور توليد نمي‌شوند. از انواع سيمان‌هاي پرتلندآميخته نيز، انواع پرتلند اصلاح شده با پوزولان I(PM) که در کشور تحت عنوان سيمان‌پرتلند پولازوني عرضه مي‌گردد، با درصد جايگزيني کمتر از ۱۵ درصد توليد مي‌شود.همچنين سيمان پرتلند اصلاح شده با سرباره I(SM) که در کشور با نام سيمان سرباره‌اي‌عرضه مي‌شود، با درصد جايگزيني حدود ۲۰ درصد توليد مي‌گردد. با اين درصدهاي‌جايگزيني پايين، اين نوع سيمانهاي آميخته نمي‌توانند به عنوان سيمانهاي با حرارت زايي‌کم مطرح باشند و انتظار مي‌رود خواص آنها شبيه سيمانهاي نوع I و يا در بهترين حالت‌شبيه سيمانهاي نوع II باشد.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

افزودني‌هاي معدني (پوزولانها و سرباره‌ها)

افزودنـي‌هـاي معـدني، خـصوصاً پوزولانهـا كـاربرد گـسترده‌اي در توليـد مخلـوطهـاي بـتن‌غلتكـي دارنـد و همـانطور كـه در نمـودار شـكل ٢ ـ ١ مـشخص اسـت، قريـب بـه ٩٠ درصـد كليـه‌سـدهاي بـتن غلتكـي سـاخته شـده تـا سـال ١٩٩٨ حـاوي نـوعي مـاده افزودنـي معـدني از قبيـل‌سـرباه يـا پـوزولان بـوده‌انـد و تنهـا در ١٠ درصـد مـوارد سـيمان بـه تنهـايي در سـاخت بـتن غلتكـي‌به كـار رفتـه است. مـواد معـدني عمـده‌اي كـه در سـاخت بـتن‌هـاي غلتكـي به كار مي‌روند به صورت‌شماتيك در شكل ٢ ـ ٣ نشان داده شده‌اند.

شـايان توجـه اسـت كـه كـاربرد مـواد افزودنـي معـدني در سـاخت مخلوطهاي بتن غلتكي به‌دلايل زير صورت مي‌گيرد:

١ ـ براي جايگزيني بخشي از سيمان به منظر كاهش حرارت زايي بتن

٢ ـ براي جايگزيني بخشي از سيمان به منظور كاهش هزينه بتن

٣ ـ بـه منظـور اضـافه كـردن مقدار مـواد بـسيار ريزدانـه (Fines) و بـه تبـع آن افـزايش حجـم‌خميـر (Paste) در بـتن غلتكـي جهـت بهبـود خـواص كـارآيي و تراكم پذيري و كاهش جداشدگي.

مـواد پـوزولاني، مـواد سيليـسي و يـا سيليـسي آلـوميني هـستند كـه بـه خـودي خـود قابليـت‌چـسبانندگي ندارنـد ولـيكن در حـضور رطوبـت بـا فـرآورده‌هـاي واكـنش سـيمان خـصوصاً (Ca(OH٢ تركيـب شـده و منجـر بـه توليـد مـواد چـسبانند‌ه از نـوع سـيليكاتهاي كلـسيم هيدراتـه CSH مـي‌گردنـد. از ديـدگاه واكـنش پـوزولاني بـا فـرآورده‌هـاي واكـنش سـيمان، بـديهي اسـت كـه بـه‌علـت محـدوديت در مقـدار (Ca(OH٢، درصـد پـوزولان در بـتن‌هـاي حجـيم معمـولي عمـدتاً بـه‌كمتـر از ٤٠ درصـد مـواد سـيماني محـدودي گـردد، لـيكن در مـورد بـتن‌هـاي غلتكـي بـا توجـه بـه‌اينكـه مـسأله تـأمين مـواد پركننـده و حجـم كـافي

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

خمیر (Paste) نیز باید مد نظر باشد،درصدهاي بالاتري از پوزولانها به کار مي‌رود.

پوزولانها داراي انواع مصنوعي نظیر خاکستر بادي و دوده سیلیسي و انواع طبیعي نظیرخاکسترهاي آتشفشاني، پومیس، توفها و خاکهاي دیاتومه و در مواردي مواد طبیعي فرآوري‌شده نظیر رسها و شیلهاي کلیسنه شده مي‌باشند. از بین پوزولانهاي به کار رفته در تولید بتن‌حجیم و همچنین بتن‌هاي غلتکي، بیشترین کاربرد مربوط به خاکستر بادي بوده است.خاکستر بادي یا (Pulverized Fuel (Pfa)، دوده حاصل از سوخت زغال سنگ پودر شده درنیروگاههاي حرارتي مي‌باشد که جهت جلوگیري از آلودگي محیط زیست در فیلترهاینصب‌شده در نیروگاهها به مقادیر بسیار زیاد جمع آوري مي‌گردد.این ماده داراي دانه‌هاي کروي‌شکل در ابعاد سیمان و در مواردي ریزتر با مقدار سیلیس آمورف عموماً بیش از ٦٠ درصدمي‌باشد. خواص فیزیکي و شیمیایي خاکستر بادي با توجه به منبع آن و پارامترهایي نظیرنوع زغال سنگ، فرایند عملکرد نیروگاهي که خاکستر بادي از آن استحصال مي‌شود،مي‌تواند متغیر باشد. دو نوع اصلي خاکستر بادي شامل خاکستري بادي با آهك کم (LowLime Fly Ash) و خاکستر بادي با آهك زیاد مي‌باشد. استاندارد ASTM C618، الزاماتمربوط به پوزولانهاي مناسب مصنوعي و طبیعي را جهت کاربرد در بتن تشریح مي‌کند. این‌استاندارد پوزولانهاي صنعتي از نوع خاکستر بادي را به دو نوع F (خاکستر بادي با کلسیم کم)و نوع C (خاکستر بادي با کلسیم زیاد) و پوزولانهاي طبیعي را به نوع N طبقه بندي مي‌نماید.هر چند همگي انواع N,F,C با موفقیت در ساخت مخلوطهاي بتن غلتکي سدسازي به کاررفته‌اند ولي عموماً نوع F ترجیح

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

داده مي‌شود. ٦٧/٩ درصد كليه سدهاي بتن غلتكي جهان‌خاكستر بادي نوع F، ١/٤ درصد خاكستر بادي نوع C و ٨/٦ درصد نيز يكي انواع پوزولانهاي‌طبيعي را به كار برده‌اند. در مورد خاكستر بادي نوع C لازم است در خصوص زمان گيرش بتن‌مقاومت در برابر سولفات و مقادير آهك آزاد، دقت و كنترل‌هاي لازم اعمال گردد.

علاوه بر پوزولانها، سرباره (روباره) كوره آهن گدازي دانه‌اي آسياب شده (GroundGranulated Blast Furance Slag (GGBFS)) كه فرآورده جانبي صنعت توليد آهن‌مي‌باشد نيز در پروژه‌هاي بتني حجيم كاربرد دارد. اين ماده داراي مواد سيليسي، آهكي وآلوميني بوده علاوه بر خواص پوزولاني خود داراي خواص چسبانندگي مي‌باشد و لذامي‌تواند در مقادير جايگزيني بالاي سيما به كار روداين ماده در توليد بتن‌هاي حجيم عمدتاًدر مقادير ٥٠ و ٧٠ درصد مواد سيماني و در برخي موارد در مقادير بالاتر به كار مي‌رود و درتوليد بتن‌هاي غلتكي نيز به صورتي مشابه به كار گرفته شده است. الزامات سرباره آهن‌گدازي مناسب براي كاربرد در بتن در استاندارد ASTM C989 ارائه شده است.

طبق توصيه COLD، خاكستر بادي با آهك كم در صورتي كه به مقدار كافي و قيمت‌مناسب در نزديكي محل پروژه در دسترس باشد، به عنوان بهترين گزينه براي كاربرد درمخلوط بتن غلتكي مطرح مي‌باشد. اما در صورت عدم وجود آن، سرباره كوره آهن گدازي‌برخي خاكسترهاي بادي پرآهك و يا پوزولانهاي طبيعي مي‌تواند مدنظر قرار گيرند. درشرايطي كه به هيچ يك از مواد اخيرالذكر دسترسي نباشد، حرارت دادن به موارد رسي ياشيل (Shale) جهت كلسينه كردن و دستيابي به خواص پوزولاني مي‌تواند مطرح گردد.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

در صورتي كه پوزولان مناسب در دسترس نباشد جهت تأمين مواد ريزدانه در بتن غلتكي‌افزايش حجم خمير مي‌توان از پودر سنگ استفاده نمود. بديهي است به علت عدم وجودواكنش پوزولاني، در مورد اخيرالذكر كارآيي اين مواد در مقايسه با پوزولانها و افزودني‌هاي‌معدني فعال، كمتر خواهد بود. اين روش در ساخت سدهاي بتن غلتكي در كشور برزيل كه‌مواد پوزولاني در دسترس نبوده و الزامات براي خواص بتن‌هاي غلتكي بكار رفته در سدها به‌علت عدم لرزه خيزي منطقه، بالا نمي‌باشند مورد استفاده قرار مي‌گيرد. اين نوع سدها،سدهاي بتن غلتكي با پركننده زياد (High Fines RCC) ناميده شده و عموماً مقدار حداقل۷۰kg/m مواد ريزتر از الك ۷۵ ميكرومتر، عمدتاً بصورت پودرسنگ، در مخلوط به كارمي‌رود.

مخلوطهاي بتن غلتكي كه مواد سيماني بيشتري دارند، غالباً نسبت‌هاي بيشتري از موادافزودني معدني را به منظور كاهش حرارت هيدارسيون دارا مي‌باشند. متوسط مقدار سيمان‌پرتلند مصرفي در انواع مختلف بتن‌هاي غلتكي تقريباً يكسان است و در واقع افزايش درمقدار مواد سيماني در بتن‌هاي غلتكي مختلف از طريق افزايش مواد افزودني معدني صورت‌مي‌گيرد. اين موضوع با مراجعه به جدول ۲ ـ ۱ كاملاً مشخص مي‌باشد.

خاكستر بادي با آهك كم، بويژه هنگامي كه به عنوان درصد قابل ملاحظه‌اي از مصالح‌سيماني مورد استفاده قرار مي‌گيرد، گيرش اوليه مخلوط بتن غلتكي را به تأخير مي‌اندازد ولذا فرصت كار بر روي بتن تازه (انتقال، بتن ريزي و متراكم كردن) بيشتر خواهد بود. هچنين‌افزايش حرارت مخلوطهاي حاوي مقادير زياد مواد افزودني معدني ممكن است

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

حتي تا ٦٠الي ٩٠ روز بعد از بتن ريزي ادامه داشته باشد، لذا در مطالعات حرارتي اين مسأله نيز بايد مدنظر قرار گيرد.

انواع جديدي از پوزولانها در برخي از مناطق دنيا كه دسترسي به پوزلان‌هاي متعارف‌نظير خاكستر بادي نيست، تجربه شده است. از آن جمله مي‌توان به استفاده از توف‌ها وسرباره فسفري در بتن غلتكي به كار رفته در پروژه Dachaoshan در چين اشاره نمود.استفاده از توقف‌ها و سرباره فسفري به طور مجزا و به صورت تركيبي قابل ملاحظه‌اي را درمقايسه با خاكستري بادي نشان داده است.

در كشور ما خاكستر بادي توليد نمي‌گردد ليكن پوزولانهاي طبيعي به صورت‌خاكسترهاي آتشفشاني، پوميس، توف و خاك دياتومه در نواحي مختلف كشور در دسترس‌مي‌باشند. بررسي‌هاي انجام شده روي خواص اين پوزولانها در بسياري موارد نشانگر خواص‌قابل قبول پوزولاني آنهاست. همچنين سرباره كوره آهن گدازي نيز در داخل كشور توليدمي‌گردد. هر چند بررسي‌هاي انجام شده بيانگر خواص نسبتاً ضعيف اين سرباره از نقطه نظرعملكرد چسبانندگي آن است؛ ليكن با توجه به اينكه در خصوص مخلوطهاي بتن غلتكي‌علاوه بر مسأله خواص چسبانندگي، خواص پركنندگي نيز مطرح مي‌باشد، نياز به بررسي‌بيشتر در ارتباط با خواص مواد سرباره‌اي كشور در توليد بتن‌هاي غلتكي مي‌باشد. شايان ذكراست كه در داخل كشور پوزولان دوده سيليسي نيز توليد مي‌گردد كه بررسي آزمايشگاهي‌انجام شده در خصوص تأثير آن روي خواص مقاومتي و نفوذپذيري بتن‌هاي غلتكي نتايج‌اميدوار كننده‌اي دربر داشته است.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

سنگدانه‌ها

کلیات

از آنجا که سنگدانه‌ها حجمي بين ۷۵ تا ۸۵ درصد از حجم کل بتن غلتکي را تشکيل‌مي‌دهند، لذا خواص آنها از فاکتورهاي مهم و تأثيرگذار بر کيفيت و خواص بتن غلتکي درحالت تازه و سخت شده مي‌باشد. تغيير سنگدانه‌هاي مصرفي در خلال ساخت به طور قابل‌ملاحظه‌اي خواص بتن را تحت تأثير قرار مي‌دهد؛ لذا پس از انتخاب سنگدانه‌ها کنترل‌کيفيت جهت حفظ يکنواختي در خواص آن‌ها ضروري مي‌باشد.

الزامات مورد نظر روي کيفيت بتن غلتکي و چسبندگي بين لايه‌ها پارامترهايي هستند که‌در انتخاب نوع سنگدانه و دانه بندي آن بايد مد نظر قرار گيرند. بديهي است در صورت نياز به‌بتن با کيفيت بهتر، نياز به رعايت الزامات بالاتري از نظر کيفيت سنگدانه‌ها وجود دارد.

اکثر سدهاي بتن غلتکي با سنگدانه‌هايي که تقريباً تمامي الزامات سنگدانه‌ها براي بتن‌معمولي (طبق ASTM C33) به غير از حدوديت تعيين شده روي مقدار حداکثر مجاز موادريزتر از ۷۵ ميکرومتر (الک شماره ۲۰۰) را ارضا مي‌کنند، ساخته شده‌اند. البته‌سنگدانه‌هايي با خواص پايين‌تر از حد استاندارد ASTM C33 نيز در برخي پروژه‌هاي بتن‌غلتکي به دليل نزديک بودن به کارگاه ساخت سد و مسائل اقتصادي به صورت‌موفقيت‌آميزي مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بديهي است کاربرد مصالحي با کيفيت پايين‌تر از استاندارد ASTM C33 منوط به ارزيابي عملکرد سنگدانه‌ها در بتن غلطکي از طريق انجام‌آزمايشات و لحاظ نمودن هر گونه کاهش خواص بتن غلتکي حاصله در طراحي سازه‌مي‌باشد. توصيه مي‌شود در شرايط محيطي نامناسب جهت حفظ

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

پایایي بتن، سنگدانه‌هايبا کیفیت پایین‌تر در قسمت‌هاي داخل بدنه سد به کار رفته و در قسمت‌هاي خارجي بدنه‌سد از بتن با سنگدانه‌هاي با کیفیت بهتر استفاده گردد.

وجود مقادیر زیاد دانه‌هاي پهن و یا دراز (Flat or Elongated) در سنگدانه‌ها مطلوب‌نیست؛ اگرچه نسبت به بتن معمولي تأثیر این نوع دانه‌ها در کاهش خواص بتن غلتکي کمتراست. آزمایشات کارگاهي بر روي بتن غلتکي با متوسط ۳۰ درصد ذرات پهن و دراز، مسأله ومشکل قابل توجهي را نشان نداده است. گروه مهندسین ارتش آمریکا (USACE) مقدار ۲۵درصد اینگونه ذرات را در سنگدانه‌ها مجاز مي‌داند.

از نکات مهم و مطرح در مخلوطهاي بتن غلتکي مسأله کاهش امکان جداشدگي درسنگدانه‌ها (Segregation) مي‌باشد. در این مورد علاوه بر تأثیر اندازه حداکثر سنگداه که دربخش بعد مورد بررسي قرار مي‌گیرد، دانه بندي کلي سنگدانه نیز حائز اهمیت است.دانه‌بندي کلي ترکیبي با در نظر گرفتن بخش ماسه بایستي پیوستگي کافي داشته باشد.معمولاً در مخلوطهاي بتن غلتکي درصد مصالح عبوري از الك ٤/٧٥ میلیمتر (بخش‌ریزدانه)به کل سنگدانه‌ها قدري بالاتر از در صدهاي متداول به کار رفته براي بتن‌هاي حجیم‌معمولي با اندازه حداکثر مشابه مي‌باشد.

در شرایطي که امکان انتخاب منبع سنگدانه، وجود دارد، مصالحي که بهترین ترکیب‌خواص فیزیکي را ایجاد مي‌کنند باید انتخاب شوند. علاوه بر سختي، دوام و جرم حجمي‌سنگدانه، مشخصه‌هاي تأثیرگذار بر مسائل حرارتي و ترك‌هاي سد نیز حائز اهمیت‌اند.مدول الاستیسته و ضریب انبساط حرارتي پایین، براي تأمین الزامات حرارتي و کاهش‌احتمال ترك خوردگي حرارتي، مطلوب مي‌باشد. فاصله حمل سنگدانه‌ها تا کارگاه بتن

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

سازيو موقعيت محل استخراج نيز معيار مهمي در انتخاب منبع سنگدانه هاست.

درشت دانه

يكي از اهداف پايه در انتخاب مخلوط بتن غلتكي، كاربرد حداكثر مقدار سنگدانه و بهحداقل رساندن مقدار خمير سيمان ميباشد كه از اين طريق علاوه بر صرفه اقتصادي ناشيازكاهش مقدار مواد سيماني مخلوط، منافع فني نظير كاهش حرارت زايي و جمع شدگي نيزحاصل ميگردد. لذا دانه بندي مناسب و اندازه حداكثر سنگدانه به كار رفته حائز اهميتميباشد. با دانه بندي مناسب و اندازه حداكثر سنگدانه به كار رفته حائز اهميت ميباشد. بادانه بندي مناسب و پيوسته فضاي خالي بين سنگدانهها كاهش يافته و لذا نياز به بخشخمير سيمان كمتر ميگردد. در عين حال بايستي توجه شود كه مسأله كاهش احتمالجداشدگي از پارامترهاي بسيار مهم در مخلوطهاي بتن غلتكي ميباشد. اندازه حداكثرسنگدانهها تأثير مهمي در جداشدگي مخلوطهاي بتن غلتكي دارد و بطور كلي مخلوطهايبا اندازه حداكثر كوچكتر، جداشدگي كمتري نسبت به مخلوطهاي با اندازه حداكثر و بزرگتردارند. لذا در انتخاب اندازه حداكثر سنگدانه براي يك پروژه بايستي مصالحهاي بين اثراتمثبت و منفي آن روي خواص بتن غلتكي صورت گيرد. در نمودار شكل ٢ ـ ٤ اطلاعات درخصوص اندازه حداكثر سنگدانه به كار رفته در پروژههاي مختلف تكميل شده در جهان تاسال ١٩٩٦ ارائه شده است.

همانطور كه مشاهده ميشود، تنها حدود ٧ درصد سدهاي بتن غلتكي اندازه حداكثربزرگتر از ١٠٠mm را بكار بردهاند، كه تمامي آنها نيز

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مربوط به سدهاي RCD ژاپني بوده‌است. متداولترين اندازه حداكثر به كار رفته حدود ۷۵ تا ۸۰mm مي‌باشد. شايان ذكر است كه‌روند اخير مخلوطهاي بتن غلتكي به سمت استفاده از اندازه حداكثرهاي كوچكتر از مقدارفوق بوده است تا جداشدگي تحت كنترل بيشتري قرار گيرد. به نظر مي‌رسد اين روند به‌سمت استفاده از اندازه حداكثرهاي ۵۰ تا ۶۰mm براي سنگدانه‌هاي شكسته و اندازه‌حداكثرهاي حدود ۴۰ تا ۵۰mm براي سنگدانه‌هاي طبيعي مي‌باشد.

در خصوص تأثير ديگر خواص درشت دانه‌ها روي جداشدگي مخلوطهاي بتن غلتكي،تجربيات حاصله حاكي از آن است كه سنگدانه‌هاي شكسته تمايل به جداشدگي مخلوط را نسبت به سنگدانه‌هاي طبيعي كاهش مي‌دهند.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ریزدانه (ماسه)

دانه بندي ريزدانه تأثير بسيار مهمي روي مقدار خمير سيمان (Paste) لازم و همچنين‌قابليت تراكم بتن غلتكي دارد. دانه بندي ماسه روي مقدار آب و مواد سيماني لازم براي پركردن خلل و فرج بين سنگدانه‌ها و پوشش دان سطح آنها تأثير دارد. براي مخلوطهاي بتن‌غلتكي كه حاوي مقدار كافي مواد سيماني و در نتيجه حجم خمير كافي هستند،ريزدانه‌هايي با دانه بندي منطبق با الزامات متداول براي بتن‌هاي معمولي نظير ASTMC33 مي‌توانند به صورت رضايتب خشي به كار روند.ليكن براي مخلوطهاي بتن غلتكي بامقدار كم مواد سيماني لازم است كمبود در مقدار مواد بسيار ريز از طريق كاربرد ماسه بامقدار مواد بسيار ريز بالاتر از حدود مجاز ذكر شده در ASTM C33 جبران گردد (مواد بسياررريز عموماً مواد ريزتر از الك ۷۵ ميكرومتر و در مواردي ريزتر از الك ۱۵۰ ميكرومتر در نظرگرفته مي‌شوند و شامل سيمان، پوزولان و موارد بسيار ريز موجود در سنگدانه‌ها مي‌باشد).شايان ذكر است كه هر چند ASTM C33 مقدار حداكثر مواد ريزتر از ۷۵ ميكرومتر را درماسه، بسته به كاربرد، به حدود ۵ درصد محدود مي‌كند، ليكن در برخي مراجع در خصوص‌الزامات مصالح مورد استفاده در بتن‌هاي غلتكي، مقدار حداقل مواد عبوري از الك ۷۵ميكرومتر و در ماسه برابر ۸ درصد ذكر شده است. لازم به توجه است كه مقدار بيش از حدمواد بسيار ريز (بيش از مقدار لازم براي پر كردن فضاي خالي بين سنگدانه‌ها) سودمند نبودهو براي مخلوط بتن غلتكي مضر خواهد بود. اين امر به دليل كاهش كارآيي، افزايش آب موردنياز و نهايتاً كاهش مقاومت بتن مي‌باشد همچنين نوع مواد بسيار ريز نيز حائز اهميت بوده ولازم است اين مواد، مواد غير

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

رسي (غير پلاستيك) نظير سيلت يا پودرسنگ باشند. ذراترسي باعث افزايش آب اختلاط كاهش مقاومت و توليد مخلوطي چسبناك كه به سختيمخلوط و متراكم مي‌شود، مي‌گردند. عملكرد مواد بسيار ريز بايستي از طريق ارزيابي تأثيرآنها بر حجم خمير لازمه، مقامت و خاص تراكم پذيري مخلوطهاي آزمايشي سنجيده شود.

دانه بندي كلي

در انتخاب محدوده دانه بندي كلي سنگدانه‌ها در بتن‌هاي غلتكي همانند بتن‌هايحجيم معمولي سعي بر اين است پيوستگي در دانه بندي كه منجر به كاهش فضاي خالي‌بين دانه‌ها و در نتيجه حجم خير لازم كمتر مي‌گردد، حفظ شود. ليكن ضرري است الزامات‌انسجام و عدم جداشدگي نيز مد نظر قرار گيرد. لذا در مخلوطهاي بتن غلتكي كه حاوي موادسيماني كم هستند، نسبت ماسه به كل مواد سنگي نسبت به مخلوطهاي بتن حجيم‌معمولي با اندازه حداكثر مشابه، بيشتر در نظر گرفته ميشود.

در جدول ۲ ـ۲ دانه بندي كلي سنگدانه‌ها براي تعدادي از سدهاي بتن غلتكي ارائه شده‌است. همانطور كه جدول نشان مي‌دهد با افزايش اندازه حداكثر سنگدانه، درصد ماسه نسبت‌به كل مصالح سنگي كاهش مي‌يابد. همچنين مخلوطهاي حاوي مواد سيماني كم، حاويدرصد ماسه بالاتري نسبت به مخلوطهاي با مواد سيماني زياد مي‌باشند. با افزايش كارآيي‌مخلوطها (كاهش زمان وي بي اصلاح شده) مقدار ماسه لازم براي حفظ انسجام كاهش‌مي‌يابد. براي يك مخلوط بتن غلتكي با اندازه حداكثر ۱۰۰mm و زمان وي بي اصلاح شده‌پايين (كارآيي بالا)، مقدار ماسه لازم

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مي‌تواند حدود ٤٠ درصد باشد، ولي براي يك مخلوطبتن غلتكي به اندازه حداكثر ٥٠mm و كارآيي كم، درصد ماسه مي‌تواند حدود ٤٥ درصدگردد.

در مواردي كه نياز به كنترل دقيق دانه بندي كلي سنگدانه‌ها در توليد بتن غلتكي باشد،رعايت تعداد گروههاي اندازه‌اي سنگدانه‌ها همانند آنچه در بتن حجيم معمولي به كارمي‌رود ضروري است. هر چند با ادغام گروههاي اندازه‌اي و كاهش تعداد دپوهاي سنگدانه،هزينه‌هاي توليد بتن كاهش مي‌يابد و ليكن بايستي در نظر داشت با كاهش تعداد گروههاي‌اندازه‌اي امكان ايجاد جداشدگي در سنگدانه‌ها و در نتيجه عدم دستيابي به دانه بندي كلي‌مورد نظر افزايش مي‌يابد. لذا ضروري است در انتخاب تعداد گروههاي اندازه‌اي علاوه برمزاياي اقتصادي انتخاب گروههاي اندازه‌اي كمتر، الزامات بتن غلتكي از نقطه نظر يكنواختي‌خاصي نظير كارآيي، مقاومت، نفوذپذيري، اتصال بين لايه‌ها و اثرات ناشي از عدم يكنواختي‌سنگدانه‌ها روي آن‌ها مد نظر قرار گيرند.

در شكل ٢ ـ ٥ تعداد گروههاي اندازه‌اي به كار رفته در ساخت سدهاي بتن غلتكي تكميل‌شده تا سال ١٩٩٦ ارائه شده است؛ همانطور كه مشخص است متداولترين تعداد گروههاي‌اندازه‌اي، ٤ مي‌باشد كه شامل ماسه و سه گروه اندازه‌اي براي بخش شن مي‌باشد.

مواد مضاف (افزودني‌هاي شيميايي)

در تعداد قابل توجهي (حدود نيمي) از سدهاي بتن غلتكي ساخته شده تاكنون از موادافزودني شيميايي استفاده شده است. متداولترين ماده افزودني به مخلوطهاي بتن غلتكي،مواد كاهنده آب (روان كننده نوع A) و مواد روان كننده و ديرگيركننده (نوع D)، مطابق بااستاندارد ASTM

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

C494 مـي‌باشـند. همچنـين در اغلـب سـدهاي RCD از تركيبـي از موادكاهنـده آب و مواد هوازا استفاده شده است.

اسـتفاده از مـواد هـوازا بيـشتر بـه دليـل تـأمين كـارآيي مطلـوب، صـورت مـي‌گيـرد تـا مقـاوم سـازي‌در برابـر ذوب و انجمـاد. شـايان توجـه اسـت كـه هـوازايي در بـتن غلتكـي را حـداقل يـك سـاعت‌اضـافه مـي‌كنـد. بـا توجـه بـه روانـي و كـارآيي كمتـر بـتن‌هـاي غلتكـي نـسبت بـه بـتن‌هـاي معمـولي،درصـد بيـشتري از مـواد افزودنـي روان كننـده و ديرگيـر كننـده و يـا مـواد هـوازا در ايـن نـوع‌مخلـوط‌هـا جهـت دسـتيابي بـه خـواص مـورد نظـر، مـورد نيـاز مي‌باشد.

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مباني و الزامات طرح اختلاط مخلوطهاي بتن غلتكي

كليات

هدف از طرح اختلاط (انتخاب مقادير اجزاء) در مخلوطهاي بتن غلتكي، همانند آنچه درمخلوطهاي بتن حجيم معمولي مد نظر است. دستيابي به مخلوطي با حداقل مقدار سيمانو حداكثر مقدار سنگدانه و در عين حال ارضاء الزامات بتن در وضعيت تازه و سخت شده باحداقل هزينه كل مي‌باشد. در بتن‌هاي معمولي، در حالت تازه و سخت شده، عمدتاً مسأله‌دستيابي به كارآيي و رواني مورد نظر با توجه به روش اجرا مدنظر مي‌باشد. در حالت سخت‌شده نيز مسأله دستيابي به مقاومت و دوام با توجه به الزامات طراحي سازه و شرايط محيطي‌پروژه در نظر گرفته مي‌شوند. هر چند در بتن‌هاي غلتكي نيز برآورده ساختن الزامات فوق‌مدنظر مي‌باشند، ليكن روش خاص اجراء اين نوع بتن‌ها و رواني و كارآيي بسيار كمتر آنها درمقايسه با بتن‌هاي معمول، رعايت موارد ديگري را نيز در مرحله طرح اختلاط ضروري‌مي‌سازد. مسائلي نظير تراكم پذيري، عدم جداشدگي و حفظ انسجام و يكنواختي در حالت‌بتن تازه و محدود كردن نفوذپذيري و دستيابي به اتصال مناسب بين لايه‌ها در حالت سخت‌شده از اهم ديگر مواردي است كه بايد در طرح اختلاط بتن‌هاي غلتكي مد نظر قرار گيرند.

طرح اختلاط بتن غلتكي ارتباط تنگاتنگي با طراحي كلي سد بتن غلتكي دارد. به طورمثال در صورتي كه در طراحي سد، بدنه بتن غلتكي به عنوان عامل اصلي ايجاد آب بندي درنظر گرفته شده باشد، آنگاه ضروري است در طرح اختلاط دستيابي به نفوذناپذيري در حدمورد نظر لحاظ گشته و همچنين مخلوط به نحوي طراحي گردد كه امكان اتصال

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مناسب‌بين لايه‌ها و كاهش نفوذپذيري بين لايه‌اي با توجه به روش اجرا فراهم گردد. ليكن درصورتي كه در طراحي سد، آب بندي از طريق ايجاد يك غشاء نفوذناپذير در سطح سراب‌بدنه سد در نظر گرفته شده باشد، آنگاه الزامات طرح مخلوط در خصوص نفوذناپذيري‌مي‌تواند كاهش يابد. ذيلاً به الزامات معمول مورد نظر در طرح اختلاط بتن‌هاي غلتكي وپارامترهاي تأثير گذار روي آنها پرداخته شده است.

كارآيي

مخلوط بتن غلتكي بايستي داراي كارآيي كافي جهت امكان دستيابي به تراكم مناسب‌باشد. همچنين داشتن كارآيي مناسب جهت ايجاد كيفيت و ظاهر قابل قبول در سطوح بتن‌غلتكي كه عليه قالبها ريخته مي‌شوند ضروري مي‌باشد. بخش خمير (Paste) در مخلوط بتن‌غلتكي كه شامل سيمان، مواد پوزولاني، آب، مواد بسيار ريز موجود در سنگدانه‌ها يا اضافه‌شده به مخلوط به عنوان پركننده و حبابهاي هوا مي‌باشد، پارامتر عمده تأثيرگذار رويكارآيي اين نوع بتن‌ها مي‌باشد. وقتي حجم كافي خمير جهت پر كردن كامل فضاي بين‌سنگدانه‌ها وجود داشته باشد، كارآيي بتن غلتكي توسط دستگاه وي بي اصلاح شده ومطابق با استاندارد ASTM C1170 اندازه‌گيري مي‌شود(جزئيات روش ASTM C1170 درپيوست شماره ۱ در انتهاي اين گزارش ارائه شده است). با اين آزمايش زمان وي بي مربوطبه هر مخلوط بتن غلتكي قابل تعيين مي‌باشد و همانند مقدار اسلامپ در مخلوطهاي بتن‌معمولي به عنوان شاخصي از كارآيي مخلوط به كار مي‌رود. مخلوطهاي بتن غلتكي با كارآيي‌لازم جهت ترام پذيري در تمام ضخامت هر لايه و در عين حال قابليت تحمل تجهيزات تراكم‌غلتك

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ويبره‌اي، عموماً داراي زمان وي بي در محدوده ۱۰ تا ٤٥ ثانيه مي‌باشند. البته‌مخلوطهاي بتن غلتكي با كارآيي خارج از محدوده اخيرالذكر نيز در ساخت برخي سدها به‌كار رفته‌اند. برخي مخلوطهاي بتن غلتكي داراي چنان مقادير پايين از حجم خمير مي‌باشندكه امكان اندازه‌گيري با مقدار بسيار كم مواد سيماني و يا مخلوطهايي كه به صورت نوعي‌مصالح خاكي تثبيت شده با سيمان طراحي شده‌اند مي‌گردد. كارآيي اين نوع مخلوطها باارزيابي ظاهري و عملكرد آنها در حين عمليات جاگذاري و تراكم و همچنين ارزيابي چگالي‌پس از تراكم و روابط چگالي - درصد رطوبت انجام مي‌گيرد.

آب مورد نياز يك مخلوط براي دستيابي به يك سطح كارآيي مورد نظر به اندازه حداكثر وشكل و دانه بندي سنگدانه‌ها و همچنين مقدار و نوع مواد سيماني و مواد بسيار ريز بستگي‌دارد. همانطور كه ذكر شد مقدار آب لازم براساس زمان وي بي و يا براي مخلوطهاي با حجم‌پايين خمير با استفاده از روابط چگالي - درصد رطوبت قابل تعيين است.

جداشدگي

جداشدگي بتن غلتكي به هنگام حمل و نقل، ريختن و متراكم كردن مساله بسيار مهمي‌است و مي‌تواند كيفيت و خواص مخلوط بتن غلتكي را كه در مطالعات آزمايشگاهي انجام‌شده روي يك مخلوط حاصل شده، در زمان اجرا كاهش دهد. لذا يكي از اهداف مهم در طرح‌اختلاط بتن غلتكي، دستيابي به يك مخلوط همگن و منسجم با حداقل تمايل به‌جداشدگي مي‌باشد. كاربرد سنگدانه‌هاي با دانه بندي مناسب و با قدري افزايش در درصدماسه نسبت به بتن‌هاي معمولي با اندازه حداكثر مشابه، در اين

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

خصوص مورد توصیه‌می‌باشد. مخلوطهاي بتن غلتكي كم عيار به علت ماهيت خشك آنها تمال بيشتري به‌جداشدگي دارند كه اين مسأله با افزودن مواد بسيار ريز و كاربرد دانه بندي مناسب مي‌توانددكنترل شود. مخلوطهاي بتن غلطكي با موارد سيماني زياد داراي كارآيي و انسجام بيشتري‌نسبت به مخلوطهاي با مواد سيماني كم بوده و احتمال جداشدگي در آنها كمتر است.تحقيقات انجام شده در ميلتون بروك (Milton Brook) انگلستان نشانگر اين بود كه درصورتيكه مقدار درشت دانه ۱/۵ تا ۲ درصد كمتر از جرم حجمي انبوهي غير متراكم آن باشد.پديده جداشدگي تا حد زيادي كنترل مي‌شود. بنابراين لازم است در انتخاب دانه بندي وشكل سندگانه‌ها نيز به گونه‌اي عمل شود كه جرم حجمي انبوهي غير متراكم درشت دانه‌هابه حداكثر رسيده و در نتيجه پتانسيل جداشدگي كاهش يابد. همچنين كاربرد سنگدانه‌هايبا اندازه حداكثر كوچكتر نيز به كاهش پتانسيل جداشدگي بتن غلتكي كمك مي‌كند.

چگالي

چگالي بتن غلتكي عمدتاً به چگالي سنگدانه‌ها و ميزان هواي محبوس در بتن بستگي‌دارد مقدار هواي محبوس در بتن‌هاي غلتكي بكار رفته در سدها بين ۰/۵ تا ۵ درصد متغيربوده است. بديهي است جهت به حداقل رساندن فضاي خالي بين سنگدانه‌ها، فاز ملات(شامل ريزدانه (ماسه) و خمير) به نحو مناسبي بايد فضاي خالي بين درشت دانه‌ها را پر كندو همچنين خمير (Paste) فضاي خالي بين ذرات ماسه را پر نمايد. اگر حجم خمير جهت پركردن فضاي بين ذرات ماسه كافي نباشد، فضاي خالي در بت غلتكي باقي مانده و نتيجتاًچگالي كاهش خواهد يافت. مقدار حجم خمير

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

لازم در بتن غلتکي از پارامترهاي مهممي‌باشد. در شكل ۳ ـ ۱ چگالي در جاي (Insitu) مخلوطهاي بتن غلتكي در پروژه‌هاي‌مختلف به صورت درصدي از چگالي تئوري آنها، براي درصدهاي مختلفي از حجم خميرنسبت به حجم ملات نشان داده شده است. همانطور كه مشخص است با كاهش نسبت حجم‌خمير به ملات به مقداري كمتر از حدود ۰/٤ الي ۰/۳۵ افت شديدي در چگالي بتن غلتكي‌روي مي‌دهد كه به دليل كافي نبودن حجم خمير براي پر كردن فضاي خالي بين دانه‌هاي‌ماسه است. در شكل ۳ ـ ۱ همچنين خطوط تئوريك چگالي حداكثر مربوط به كاربرد دو نوع‌ماسه يكي با تخلخل ۰/۳۲ و ديگري با تخلخل ۰/٤ نشان داده شده است. طبق انتظار به‌ترتيب با نسبت حجم خمير به ملات ۰/۳۲ و ۰/٤، ۱۰۰ درصد جرم حجمي تئوريك حاصل‌شده است. لذا با كاهش تخلخل در ماسه مي‌توان با حجم كمتري از خمير به تراكم قابل قبول‌دست يافت.

مقاومت

هر چند در سدهاي بتن غلتكي پارامترهايي نظير مقاومت‌هاي كششي و برشي و دوام‌حائز اهميت مي‌باشند، ليكن به دليل سهولت در تعيين مقاومت فشاري و اينكه عموماً بقيه‌خواص بتن غلتكي مرتبط با مقاومت فشاري مي‌باشند، اين پارامتر، پارامتر عمده‌اي است كه‌در طراحي مخلوطهاي بتن و كنترل كيفي آن در نظر گرفته مي‌شود.مقاومت بتن غلتكي به‌پارامترهايي نظير نسبتهاي سيمان، پوزولان و آب، درجه تراكم، كيفيت و دانه بندي‌سنگدانه‌ها دارد. براي بيشتر مخلوطهاي بتن غلتكي، همانند بتن‌هاي معمولي، مقاومت‌فشاري آن تابعي از نسبت آب به مواد سيماني (w/c + P) مي‌باشد براي مخلوطهاي خشك‌كه حجم خمير در آنها پر

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

کردن فضاي خالي بين سنگدانه‌ها كافي نيست، مقاومت بتن به‌روابط چگالي ـ رطوبت مخلوط بستگي دارد.

هرچند انتخاب سن مقاومت طراحي بتن غلتكي بستگي به زمان بارگذاري، نوع مخلوط وغيره دارد، ليكن با توجه به نوع سازه‌هاي بتن غلتكي و كاربرد مواد افزودني معدني، عموماًسن طراحي براي اين نوع بتن‌ها ۳ ماهه يا ٦ ماهه تعيين مي‌گردد.

لازم است در طرح اختلاط مخلوطهاي بتن غلتكي، مقاومت هدفي يا مورد نظر مخلوط بايك حاشيه ايمني بيشتر از مقاومت طراحي در نظر گرفته شود. مقدار حاشيه ايمني بستگي‌به تغييرات مورد انتظار در مقاومت بتن در حين ساخت و ضريب اطمينان در نظر گرفته شده‌دارد. مفاهيم آماري ارائه شده در مراجعي نظير ACI 214 مي‌توانند در اين خصوص ورداستفاده قرار گيرند. به طور مثال اگر در پروژه‌اي مقامت طراحي ۲۰ MPa باشد و انحراف‌معياري (S)پروژه برابر ٦,۷ MPa (كه به معني ضريب تغييرات ۲۵ درصد و نشانگر كنترل‌كيفيت پايين مي‌باشد)، در نظر گرفته شود آنگاه براي يك ضريب اطمينان ۸۰ درصد (۲۰درصد نمونه‌هاي معيوب مجاز)، ضريب ۰/۸٤۲ اعمال و مقاومت ميانگين بتن غلتكي)f_m(كه بايستي طرح اختلاط براي آن انجام گيرد برابر خواهد بود با :

$$f_c = f_{mf} + K.S$$

$$f_{mf} = ۲۰ + ۰,۸٤۲ * ٦,۷$$

$$f_{mf} = ۲۵,٦ \text{ MPa}$$

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

یعني اعمال حاشيه ايمني ٥,٦ MPa حال اگر در مثال فوق مقدار انحراف معيار براي٢,٢MPa كه نشانگر تغييرات ١٠ درصدي مي‌باشد در نظر گرفته شود انجام خواهيم داشت:

f_m = ٢٠ + ٠,٨٤٢ * ٢,٢

f_m = ٢١,٩ MPa

يعني حاشيه ايمني ١,٩MPa. بديهي است هزينه كمتر توليد بتن با مقاومت ميانگين كمترباستي با هزينه بيشتر كنترل كيفي لازم جهت پايين نگه داشتن ضريب تغييرات مقايسه‌گردد. تجربه نشان داده كه در پروژه‌هاي بزرگ ،انتخاب تجهيزات و پرسنل اجرايي مجرب كه‌امكان اعمال كنترل كيفيت بالا و نتيجه مقاومت ميانگين لازمه پايي‌تر را فراهم مي‌آورندتقريباً هميشه مقرون به صرفه مي‌باشد

مقاومت فشاري مخلوطهاي بتن غلتكي، معمولاً روي نمونه‌هاي استوانه‌اي ١٢ * ٦ اينچ(٣٠cm * ١٥) تعيين مي‌گردد. ساخت نمونه‌ها از طريق كاربرد ميز لرزان (ميز ويبره) طبق‌استاندارد ASTM C1170 براي مخلوطهاي با مواد سيماني زياد يا پر خمير و يا از طريق‌روشهاي كوبه‌اي تراكم براي مخلوطهاي خشك‌تر صورت مي‌گيرد. عموماً نمونه‌هاي بتن‌غلتكي با سنگدانه‌هاي عبور كرده از الك ٢in (٥٠mm) ساخته مي‌شوند.تبديل مقاومت اين‌نمونه‌ها به مقاومت بتن غلتكي حاوي درشت دانه بزرگتر از ٥٠mm مي‌تواند از طريق تعيين‌آزمايشگاهي نسبت اين دو مقاومت و يا از طريق كاربرد روابط ارائه شده در مراجع مختلف‌نظير شكل ٢٢٧ از Usbr Concrete Manual صورت گيرد.

نفوذپذيري

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

نفوذپذيري بتن غلتكي از مهمترين مواردي است كه در طراحي سدهاي بتن غلتكي درنظر گرفته مي‌شود. درصورتي كه مخلوط به طرز مناسبي طرح نگردد، نفوذپذيري سد،خصوصاً بدليل عدم چسبندگي مناسب بين لايه‌ها، مي‌تواند قابل توجه گردد. به طور مثال‌در سد ويلوكريك Willow Creek در امريكا، به فاصله ۱۲ ساعت از آبگيري، آب نشت شده ازسد، در سطوح پايين دست قابل رؤيت بود.

شكل ۳ ـ ۲ نتايج آزمايش نفوذپذيري در جاي انجام شده روي ٤٩ سد بتن غلتكي كه در۱۸ كشور مختلف جهان ساخته شده‌اند را نشان مي‌دهد. نتايج حاصله از m/s-410 تا حدودm/s-131010 متغير بوده است، كه نشانگر طيف بسيار وسيع خواص قابل حصول از بتن غلتكي‌مي‌باشد.

تأثير بسيار قابل ملاحظه مقدار مواد سيماني روي نفوذپذيري قابل مشاهده است. كاربردمواد پر كننده (fines) نيز در كاهش نفوذپذيري مؤثر است.ليكن تأثير آن كمتر از تأثير موادسيماني مي‌باشد. نكته‌اي كه قابل توجه است، آنست كه اطلاعات نمودار شكل ۳ ـ۲ براي‌انواع مختلف سدها، با مقادير مختلف مواد سيماني، مقادير مختلف مواد پركننده، با و يابدون كاربرد ملات بستر سازي بين لايه‌ها صورت گرفته و نشانگر اين است كه با وجود تمام‌متغيرها پارامتر مقدار مواد سيماني در خصوص نفوذپذيري سد بتن غلتكي داراي اهميت‌ويژه‌اي است البته لازم به ذكر است در مواردي كه از يك غشاء آب بند مناسب براي آب بنديسد استفاده شود، نفوذپذيري بتن غلتكي اهميت زيادي نخواهد داشت و تنها مسأله دوام وذوب و انجماد سطوح آزاد بتن غلتكي مي‌تواند مطرح باشد.

دوام

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مخلوط بتن غلتکي بايستي داراي دوام کافي براي شرايط بهرهبرداري و شرايط آب وهوايي که تحت تأثير آن قرار گيرد باشد. همچنين بايستي با انتخاب مناسب مصالح از عدموقوع واکنش قلياي مضر سنگدانهها در بتن اطمينان حاصل نمود. در شرايطي که بتنغلتکي در معرض ذوب و انجماد قرار ميگيرد، ميتوان از طريق هوازايي در بتن غلتکي دوامآن را در اين شرايط افزايش داد. البته لازم به توجه است که هوازايي در بتن غلتکي دوام آن رادر اين شرايط افزايش داد. البته لازم به توجه است که هوازايي در بتن غلتکي دشوار بوده وتنها در مخلوطهاي پرسيمان بتن غلتکي با کارآيي کافي، امکان ايجاد حبابهاي هوا وجوددارد.

شايان توجه است که در مواردي که بتن غلتکي تحت فرسايش جريان آب خواهد بود و باامکان ساخت رويه بتن معمولي روي بتن غلتکي نيست، لازم است از بتن غلتکي با موادسيماني افزايش يافته جهت تأمين مواد استفاده گردد. تجربه نشانگر دوام مناسب بتنغلتکي در برابر فرسايش آب، زماني که جريان آب روي آن کوتاه مدت و متناوب بوده است،ميباشد. بديهي است زماني که بتن غلتکي با رويه بتن معمولي با کيفيت بالا پوشيدهميگردد، دوام آن دربرابر ذوب و انجماد و يا فرسايش آب حائز اهميت نخواهد بود.

www.IrPDF.com