

عوامل مؤثر بر کیفیت بتن پلاستیک دیواره آب بند سدها و راهکارهایی برای عمل آوری بهتر

اصغر امامعلی زاده قناتی^{۱*}، ابراهیم اصغری کلجاهی^۲، محمد بشیر گنبدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه دامغان

۲- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه دامغان

asgharemamalizadeh@yahoo.com

چکیده

جنس لایه‌های زمین در محل پی سد، میزان اهمیت سد و تکنولوژی اجرایی از جمله عوامل مؤثر در انتخاب روش کنترل نشت از زیر پی سدها می‌باشند. پرده تزریق، آب بند سپری، پوشش بالادست و دیواره آب بند^۱ با بتن پلاستیک از روشهای متداول کنترل نشت از پی سدها هستند. دیواره‌های آب بند دارای خصوصیات انعطاف پذیری بالا، نفوذپذیری کم و مقاومت فشاری متناسب با فشار اعمالی بوده بنابراین در زمینهای آبرفتی با خاک ضعیف که لازم است دیواره آب بند، انعطاف پذیر باشد و نیز مقاومت کافی جهت تحمل تنشهای ناشی از بارگذاری سد را داشته و تراوش از زیر پی سد را کنترل کند، بتن پلاستیک ماده مناسبی است. در هنگام استفاده از بتن پلاستیک در دیواره آب بند، عواملی نظیر ترکیب و نوع آبهای زیرزمینی موجود در محل، شرایط زمین شناسی محل، نوع و میزان مواد مصرفی در ساخت خود بتن پلاستیک در بعضی موارد تاثیرات منفی بر روی کیفیت بتن پلاستیک دارند و باعث افت کیفیت بتن پلاستیک و در نتیجه کارائی آن می‌شوند. مثلاً آب مورد استفاده می‌تواند آب شیرین، آب اسیدی، آبهای سولفاته باشند، یا مصالح انتخاب شده باید در برابر خوردگی شیمیائی مقاوم باشند. لذا با بررسی عوامل فوق بایستی بهترین و مناسب ترین نوع سیمان را تعیین نمود. همچنین استفاده از آب ناخالص خطر دلمه شدن بنتونیت در داخل دوغاب و کاهش گرانروی آن را به دنبال خواهد داشت. مصالح تشکیل دهنده بتن پلاستیک شامل بنتونیت، سیمان، سنگدانه و آب از نظر نوع و نسبت اختلاط روی خواص آن تأثیر مستقیم دارند. بنابراین بتن پلاستیک بایستی طرح اختلاط مناسبی داشته باشد.

کلمات کلیدی: دیواره آب بند، بتن پلاستیک، بنتونیت، طرح اختلاط

۱- مقدمه

سدهای Hodges village (ساخته شده در سال ۱۹۵۹ در آکسفورد)، Whitney point (ساخته شده در سال ۱۹۴۲ در Binghamton)، West hill (ساخته شده در سال ۱۹۶۱) و سد Waterbury (ساخته شده در ۱۹۳۸) از جمله سدهای جهان می‌باشند که دارای قابلیت رگاب^۱ می‌باشند. برای کنترل نشت و جلوگیری از رگاب طراحی دیواره آب بند بتن پلاستیکی در این سدها اجرا شده است.

سد کرخه، بزرگترین سد مخزنی ایران، از نوع خاکی با هسته رسی است که بر روی پی کنگومرایی با میان لایه‌های گل سنگ اجرا شده است. برای کنترل تراوش از پی سد و همچنین جلوگیری از رگاب، یک دیواره آب بند بتن پلاستیک طراحی و اجرا شد. در تمامی سدهای فوق الذکر، با توجه به نوع سد، ترکیب آب زیرزمینی و همچنین نوع خاک منطقه، از بتن پلاستیک با طرح اختلاطهای متفاوت که مناسب با شرایط منطقه باشد، استفاده گردیده است.

^۱- Cut Off Wall

^۲- Piping

در بتن معمولی که نسبت سیمان به آب اغلب بیشتر از ۲ می‌باشد، ذرات بلورین سیمان به یکدیگر آن چنان گره می‌خورند که تشکیل یک بافت متبلور را می‌دهند. این بافت دچار تغییر شکل خیلی کمی می‌گردد. برای آن که چنین سیستمی دارای قابلیت حرکتی مشخص گردد، لازم است به طور کاذب بین بلورهای سیمان فاصله به وجود آید. ساده‌ترین راه برای رسیدن به این هدف افزودن آب به سیمان می‌باشد. بتن تازه در این حالت ناپایدار بوده (جدائی مواد شن و ماسه، جدا شدن از ذرات سیمان) و در نتیجه، برای پایداری سیستم لازم است مواد پایدار کننده^۱ که تاثیری در مقاومت بتن نیز نداشته باشد به آن افزوده گردد. این عامل پایدار کننده، در اغلب موارد رس بنتونیت می‌باشد. برای دستیابی به این منظور می‌توان از بتن پلاستیک، با روش معمولی و به صورت درجا برای ساخت دیواره آب‌بند استفاده نمود. اساس طرح اختلاط بتن پلاستیک دیواره‌های آب‌بند بر نتایج آزمایشگاهی استوار می‌باشد و تا کنون استاندارد مشخصی برای مصالح بتن پلاستیک ارائه نگردیده است. روشهای کنترل آزمایشگاهی بر اساس استانداردهای کشورهای آلمان، فرانسه و استاندارد بتن و خاک انگلیس مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- خواص مصالح در طرح اختلاط بتن پلاستیک

بتن پلاستیک از دوغاب بنتونیت- سیمان- سنگدانه و مواد افزودنی دیگر ساخته می‌شود (Maghrebi et al. 2011). مشخصات مصالح مختلف به شرح زیر است:

۲-۱- دوغاب بنتونیت

نقش این ماده، معلق نگه داشتن ذرات سیمان، شن و ماسه به هنگام اجرای عملیات، افزایش شکل پذیری و پایین نگهداشتن نفوذپذیری بتن است. برای تأمین قابلیت انعطاف پذیری بالا در بتن پلاستیک از آب بیشتری در طرح اختلاط استفاده می‌کنند. این مسأله باعث غیر پایداری بتن تازه (جداشدگی سنگدانه‌ها از سیمان) می‌شود. بنتونیت به عنوان یک عامل پایدارساز اضافه می‌شود تا ضمن یکنواخت کردن بتن تازه، شکل پذیری نهایی آن را افزایش داده و نفوذپذیری بتن را در حد مطلوبی نگه دارد تا بتوان از آن در دیواره‌های آب‌بند استفاده نمود. بنتونیت سبب جداسازی اجزای تشکیل دهنده بتن پلاستیک شده و در نتیجه دانه‌ها و ذرات پس از جدا شدن، بهتر آب جذب می‌نمایند. در صورت بالا بودن کیفیت بنتونیت از دوغاب‌های ۲ تا ۱۲ درصد و در صورت پایین بودن کیفیت آن از دوغاب‌های ۱۲ تا ۲۵ درصد استفاده می‌شود (Pashazadeh and Chekaniazar, 2011). با افزایش عیار بنتونیت، میزان نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کند و مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت فشاری سه محوری کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش عیار بنتونیت مدول الاستیسیته تک محوری، مدول سه محوری، ضریب چسبندگی و زاویه اصطکاک می‌یابد.

۲-۲- سیمان

سیمان عامل پیوند دهنده اجزاء بتن پلاستیک می‌باشد. در صورتی که مقدار بنتونیت استفاده شده در طرح اختلاط کم باشد، مقداری از سیمان ته‌نشین می‌شود و در صورتی که بنتونیت مصرفی زیاد باشد، باعث غیر اقتصادی شدن طرح شده و کار کردن با بتن را نیز مشکل می‌کند. بنابراین در یک طرح اختلاط مناسب، مقدار سیمان کم در نظر گرفته می‌شود تا هیچ گونه ته‌نشینی بوجود نیاید. در نسبت‌های کم (سیمان به آب) با توجه به نوع سیمان، چسبندگی و مقاومت مکانیکی بتن پلاستیک تضمین می‌شود. افزایش مقدار سیمان، موجب افزایش مقاومت فشاری، گرادیان هیدرولیکی بحرانی و کاهش نفوذپذیری بتن پلاستیک می‌گردد.

^۱- Stabilizing agents

۲-۳- سنگدانه ها

سنگدانه حدود ۵۰٪ از حجم نهایی بتن پلاستیک را تشکیل می دهند. این حجم از شن و ماسه، مانع از به هم چسبیدن پیوسته ذرات و در نتیجه باعث کاهش تغییر شکل پذیری بتن می شود. هر چه اندازه سنگدانه ها درشت تر و سختی آنها بیشتر باشد، مقاومت بتن پلاستیک افزایش خواهد یافت. حداکثر اندازه درشت دانه، معمولاً به ۲۰ میلیمتر محدود می شود. منحنی دانه بندی باید پیوسته بوده و درصد مواد ریزدانه نباید زیاد باشد. چنانچه مواد ریزدانه کلئیدی زیاد باشد، مقدار بتونیت مصرفی در ساخت بتن پلاستیک را باید کاهش داد (Pashazadeh and Chekaniazar, 2011).

۲-۴- مواد افزودنی

سودا^۱: سودا یا کربنات سدیم (Na_2CO_3) سبب افزایش سرعت ته نشینی مواد معلق در بتن می شود. در پروژه هایی که سرعت اجرای دیوار آب بند بالا است، می توان از این ماده برای سرعت بخشیدن به نشست ذرات و کاهش زمان گیرش بتن استفاده نمود. سلولز کربوهگزی متال (CMC): به صورت خمیر یا جامد موجود است و در ترکیب بتن به صورت محلول دوغاب ۱۰ تا ۱۲ درصد مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از این ماده سبب می گردد که لزجت مخلوط نهایی بتن پلاستیک کم یا متوسط گردد. **کندگیر کننده ها^۲:** این مواد برای به تأخیر انداختن زمان گیرش بتن به کار می رود. در کل کندگیر کننده ها باعث کاهش خزش و انقباض بتن پلاستیک می شوند. استفاده از آنها معمولاً به ۰/۲ تا ۲ درصد حجم بتن پلاستیک محدود می شود. معمولاً از سوپرپلاستیسایزرها برای کند کردن زمان گیرش بتن و بالا بردن کارایی آن استفاده می شود. بکارگیری این مواد ممکن است باعث کاهش ترک خوردگی دیوار نیز بشود. این مواد عبارتند از لیگنو سولفیت^۳ و هیدروکربن ها^۴.

۳- بررسی ویژگیهای بتن پلاستیک و ارائه راهکارهایی برای عمل آوری بهتر آن

در این بخش ویژگی های بتن پلاستیک مورد بررسی قرار گرفته و در هر قسمت راهکارهای عملی بر افزایش کیفیت آن ارائه شده است.

۳-۱- کارایی

بتن پلاستیک باید کارایی و روانی بالایی داشته باشد تا بتن تازه ای که از طریق لوله ترمی وارد ترانشه حفاری می شود، به راحتی بتواند در داخل بتنی که قبلاً ریخته شده است، جریان پیدا کرده و آنرا توسط فشار و حرکت خود به بالا براند. کارایی بالا از مهمترین ویژگی های یک بتن پلاستیک خوب است. محدود کردن حداکثر اندازه سنگدانه، استفاده از مصالح گردگوشه و ایجاد حبابهای هوا از مهمترین راهکارهای افزایش کارایی بتن پلاستیک است. با این وجود این تمهیدات باید به گونه ای صورت پذیرد که جداسازی دانه ها از دوغاب اتفاق نیفتد. معیار ساده برای کنترل کارایی بتن پلاستیک، اندازه گیری اسلامپ آن است که باید بین ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر باشد (Maghrebi et al., 2011).

۳-۲- مقاومت فشاری

با توجه به آن که نیروی وارده بر دیواره های آب بند بتن پلاستیکی چندان قابل توجه نیست، لذا بتن این دیواره ها نیاز به مقاومت چندان ندارد. با این وجود مقاومت دیواره آب بند بایستی به اندازه ای باشد که بتواند تنشهای جانبی خاک اطراف را به هنگام عملیات اجرایی و در دوره زمانی بهره برداری از سد تحمل کند، وزن ناشی از سازه سد را نگه دارد و در نهایت در مقابل فرسایش

^۱- Soda

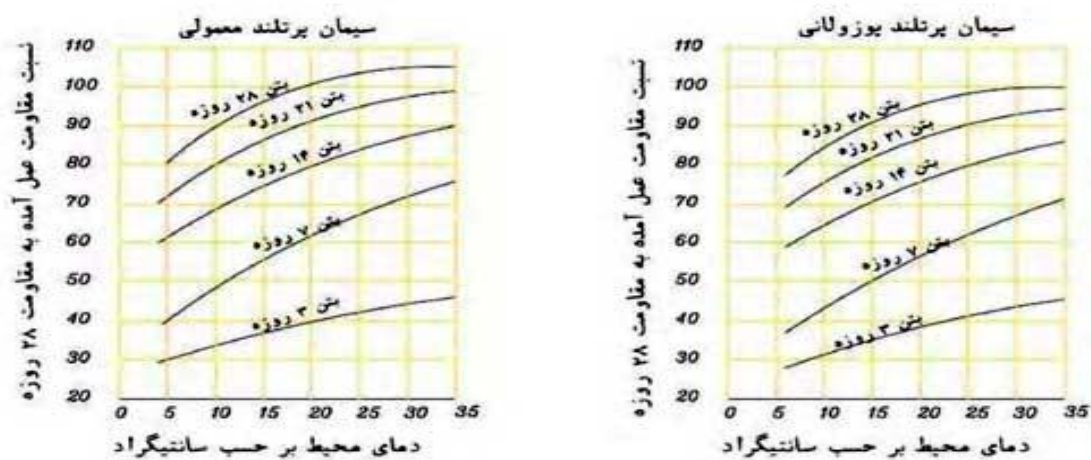
^۲- Retarders

^۳- Lignosulfite

^۴- Hydrocarbons

مقاومت کند. از طرف دیگر به منظور بدست آوردن مصالحی که تغییر شکل پذیری زیاد دارند، کمترین مقاومت فشاری ممکن باید انتخاب شود. غالباً مقاومت فشاری لازم برای اینگونه دیواره‌ها بین $30 \sim 10 \frac{Kg}{Cm^2}$ می‌باشد ولی با رعایت اصول شکل پذیری مناسب برای دیواره می‌توان این مقاومت را تا $40 \frac{Kg}{Cm^2}$ افزایش داد (Pashazadeh and Chekaniazar, 2011). عوامل مؤثر در مقاومت دیواره آب‌بند عبارتند از:

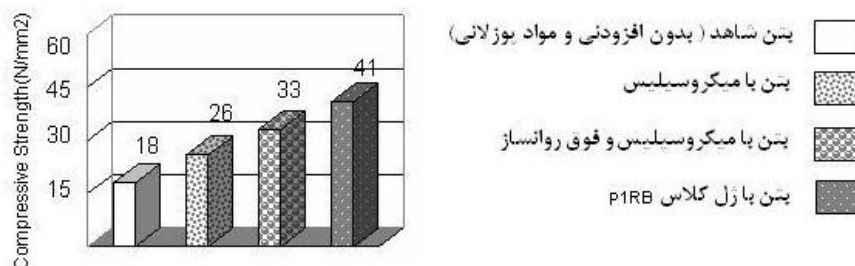
- الف- نسبت سیمان به آب (C/W): هر قدر نسبت سیمان به آب بیشتر شود، مقاومت فشاری بتن پلاستیک بیشتر خواهد شد.
- ب- نوع سیمان: عملکرد انواع سیمان بستگی به میزان C/W داشته و تابعی از این مشخصه است. در صورت ثابت بودن C/W استفاده از سیمان سرپاره آهن‌گدازی (POZ) به جای سیمان پرتلند، مقاومت بتن پلاستیک را افزایش خواهد داد (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر نوع سیمان بر روی مقاومت نمونه‌های بتن پلاستیک (حسن، ا.، ۱۳۸۴)

ج- نسبت، دانه بندی و جنس سنگدانه‌ها: با افزایش نسبت مصالح سنگدانه‌ای در طرح اختلاط بتن پلاستیک مقاومت فشاری آن بالا می‌رود. بالا بودن ضریب پیوستگی دانه‌بندی مصالح سنگدانه‌ای (C_u)، مقاومت فشاری را افزایش می‌دهد. سختی سنگدانه‌ها و تیز گوشه بودن آنها باعث می‌شود که مقاومت فشاری افزایش پیدا کند. اگر مقاومت فشاری بتن پلاستیک زیاد باشد در مقابل نیروهای اعمالی دارای تغییر شکل پذیری مطلوب نبوده و در کرنشهای پایین ترک برداشته و گسیخته می‌شود. برای مثال هنگام بروز زلزله احتمال ترک برداشتن دیوار افزایش می‌یابد.

د- مواد مضاف: در شکل ۲ تأثیر برخی مواد مضاف از جمله میکروسیلیس بر روی مقاومت فشاری بتن نشان داده شده است.



شکل ۲- تأثیر میکروسیلیس بر روی مقاومت بتن (حاجی ستوده، ۱۳۹۰)

۳-۳- تغییر شکل پذیری

این مواد باید بدون ایجاد ترک خوردگی، بر اثر فشار توده خاک، تحمل تغییر شکل را به خوبی داشته باشند. آزمایش بر روی نمونه‌هایی از ملات سخت شده حکایت از تغییر شکل بسیار مختصر الاستیک داشته و پس از این مرحله جسم با چند درصد تغییر شکل به مرحله پلاستیک وارد شده و سپس به حد گسیختگی خواهد رسید. بتن‌های پلاستیک با اعمال کمی فشار (در حدود ۱۰۰ کیلو پاسکال) به مرحله پلاستیک می‌رسد. یک افزایش در نسبت فشار جانبی به مقاومت فشاری (σ_3) موجب افزایش تغییر شکل پلاستیک می‌گردد (ICOLD, 1985 & Xanthakos et al., 1994). افزایش فشار همه جانبه باعث افزایش مقاومت فشاری، افزایش مدول الاستیسیته، افزایش شکل‌پذیری و کاهش ضریب نفوذپذیری می‌شود.

یکی از اهداف کاهش مقاومت فشاری بتن پلاستیک، نزدیک کردن هر چه بیشتر به مقدار فشاری خاک، کاهش مدول الاستیسیته آن است. براساس تجربه ثابت شده است که اگر تغییرات مدول الاستیسیته خاک اطراف نسبت به عمق دیواره آب‌بند بتن پلاستیکی کم باشد (خاکهای همگن)، مدول الاستیسیته بتن پلاستیک باید حداقل ۴ تا ۵ برابر خاک پیرامونی باشد تا تغییر شکل پذیری آن مناسب باشد (ICOLD, 1985).

۳-۴- نفوذپذیری

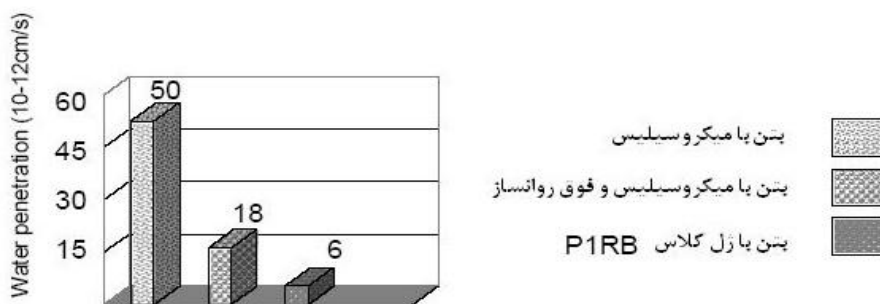
بر اساس رابطه داریسی، ضریب نفوذپذیری (K) باید بین 10^{-8} و 10^{-7} متر بر ثانیه باشد. نفوذپذیری کلی یک دیواره آب‌بند به خصوصیات ذاتی مصالح تشکیل دهنده (بتن معمولی، بتن پلاستیک و ...)، ناپوستگیها (ترک، باز شدن درزها) و نحوه اتصال به لایه با نفوذپذیری پایین (یا سنگ) بستگی دارد (Pashazadeh and Chekaniazar, 2011). عوامل مؤثر بر نفوذپذیری بتن پلاستیک عبارتند از:

الف- نسبت سیمان به آب (C/W): با افزایش نسبت سیمان به آب، نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

ب- مقدار عامل کلوییدی: برای نسبت سیمان به آب ثابت، افزایش اندکی در مقدار بنتونیت، ضریب نفوذپذیری را حداقل ۱۰ برابر کاهش می‌دهد.

ج- خشک شدن: از دست دادن آب باعث تغلیظ بنتونیت و سیمان شده و در نتیجه نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

و- تأثیر نسبت مواد مضاف: افزایش نسبت مواد مضاف همیشه منجر به کاهش نفوذپذیری می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر مواد مضاف بر روی نفوذپذیری بتن (حاجی ستوده، ۱۳۹۰)

۳-۵- مقاومت فرسایشی^۱

در مورد دیواره آب‌بند، باید تعادلی بین مسئله تراوایی و قابلیت فرسایش وجود داشته باشد. بدین معنی که مصالح ضمن این که بتوانند در برابر نفوذ آب تحت فشار و گرادیان هیدرولیکی قابل ملاحظه از خود مقاومت نشان داده و پدیده فرسایش در آنها

^۱ - Erodibility

حادث نشود. بر اساس آزمایشات انجام گرفته، مشخص شده که هر چه مقاومت فشاری بیشتر باشد، مقاومت فرسایشی نیز بیشتر می‌شود. بتن پلاستیک هنگام آزمایش پین هول^۱ در صورتی که دارای شرایط زیر باشد در برابر فرسایش مقاوم می‌باشد:

- مقاومت فشاری نهائی آن حداقل به ۳۵ کیلو پاسکال برسد.
- گریادان هیدرولیکی آن بیشتر از ۳۰ نباشد.

۳-۶- دوام^۲

دوام بتن پلاستیک به دو عامل مقاومت و آب‌بندی بستگی دارد. مقاومت بتن پلاستیک مانند بتن معمولی با زمان افزایش پیدا می‌کند. نفوذپذیری با گذشت زمان تمایل به کم شدن دارد. این پدیده احتمالاً به علت پر شدن منافذ موجود توسط مواد ریزدانه خاک می‌باشد.

۴- بررسی عوامل دارای تأثیر نامطلوب بر روی بتن پلاستیک و راهکارهای کاهش اثرات آنها

۴-۱- آب

آبهای خورنده شامل آب خالص، آب اسیدی، آبهای سولفاته می‌باشند. مصالح انتخاب شده باید در برابر خوردگی شیمیائی مقاوم باشند. از این رو با بررسی عوامل فوق، بایستی بهترین و مناسب‌ترین نوع سیمان را تعیین نمود. چنانچه امکان خوردگی در محیط وجود داشته باشد و تنها سیمان پرتلند در دسترس باشد، افزودن خاکستر بادی^۳ به نسبت ۱۰ تا ۱۰۰ درصد وزنی سیمان توصیه می‌گردد. خاکستر بادی فرآورده‌ای است جانبی که از احتراق گرد زغال‌سنگ و لیگنیت^۴ در محل احتراق نیروگاهها حاصل می‌شود. این خاکستر بطور کلی متشکل است از ذرات ریزدانه به اندازه سیلت می‌باشد. ویژگی اصلی این محصول مربوط به وجود خاصیت پوزولانی آن است که می‌تواند در مجاورت آب و درجه حرارت معمولی هیدراکسید کلسیم را تثبیت نموده و موجب افزایش پایداری خصوصیات هیدرولیکی سیمان گردد. اضافه نمودن خاکستر به سیمان پرتلند موجب افزایش مقاومت نهائی و بهبود بخشیدن رفتار آن در برابر آبهای خالص سولفاته می‌گردد (حسن، ا. و همکاران، ۱۳۸۴).

آب مصرفی باید عاری از هر گونه ترکیبات شیمیایی مضر، همچون سولفاتها، کربناتها، و کلرایدها باشد. غالباً آب رودخانه‌ها، چاهها و چشمه‌ها برای این امر مناسب هستند. استفاده از آب ناخالص خطر دلمه شدن بتونیت در داخل دوغاب و کاهش گرانروی آن را به دنبال خواهد داشت. بنابراین آنالیز آب مصرفی در این موارد ضروری است. آنالیز شامل بررسی غلظت یون هیدروژن، سولفات، کلراید، نترات کلسیم و منیزیم موجود در آب است. نتایج مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که با انتخاب صحیح و مناسب بتونیت و سیمان، آبهای سولفاته هیچ گونه اثر مخربی بر روی مقاومت یا تراوانی نخواهد داشت.

آبها ممکن است دارای نمکهای لخته ساز^۵ همچون سولفاتها و کلرایدها باشند که ممکن است براساس تراکم یونی منجر به پدیده روانگرایی و یا باعث تغلیظ گردند. از این رو لازم است ترکیب شیمیائی این مواد مورد توجه قرار گیرد. به هنگام مطالعه و بررسی ترکیب مصالح دیوار، باید تعدیل نمودن مقدار رس، یا افزایش محافظ کلوئیدی^۶ مورد توجه قرار گیرد. معمولاً بتونیت در برابر آب لب شور^۷ یا آب دریا به صورت دلمه در می‌آید. چنانچه مقدار نمک در آب مصرفی کمتر از ۵ گرم در لیتر باشد،

^۱- Pin Hole Test

^۲- Durability

^۳- Fly Ash

^۴- Lignite

^۵- Flocculent Salts

^۶- Colloidal protector

^۷- Brackish Water

با افزودن مقدار کمی بنتونیت اضافی می توان مشکل را حل نمود. در مورد آبهای با درصد نمک زیاد به نکات ذیل توجه شود:
گل حفاری تهیه شده با آب شیرین، دارای مقدار مصرف معمولی می باشد، ولی این گل در تماس با آب دریا شدیداً دستخوش تغییر خواهد گردید. به منظور تهیه گل حفاری تهیه شده یا آب دریا با مقدار مصرف معمولی بنتونیت بایستی مواد محافظ کلئیدی بکار گرفت (Luyun et al., 2009).

آب شور موجب وجود آمدن نمک سه کلسیم سولفوالومینات^۱ می گردد که شدیداً منبسط شده و این امر باعث تخریب بتن یا ملات به علت جای گیری در منافذ آنها می باشد. در دو حالت فوق برای جلوگیری از تخریب بتن و متوقف نمودن یا کاهش پیشرفت خوردگی، می توان به سیمان مقدار کمی آهک خالص اضافه نمود و علاوه بر آن، بکارگیری سیمان با مواد پوزولانی یا سرباره های کوره های بلند (سیمان BLF یا POZ) از خوردگی جلوگیری می نمایند (کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۳۷۶).

۴-۲- واکنش ها

به دلیل هوازگی توده سنگ، پاره ای از اتم های سیلیس با اتم های ظرفیت کمتر جانشین می گردند. عنصر جانشین شده که در بنیاد ظرفیت قرار می گیرد، موجب بروز یون منفی اضافی گشته که این مسئله باعث به وجود آمدن ظرفیت پذیری متغیر اولیه مونت موریلونیت می گردد. کاتیون های قابل تبادل که دارای بار منفی ثابت می باشند، روی فضاهای بین صفحه ای و ترک روی صفحات قرار می گیرند. در یک محیط آبدار، ملکول های آب بین صفحات کوچک ثابت گشته و یکدیگر را دفع نموده و این فرایند باعث متورم شدن بنتونیت می گردد. مشخصه های ویژه بنتونیت مانند تورم^۲، گرانروی مواد معلق، روانی و حد پلاستیک، مستقیماً به طبیعت و تعداد کاتیون های رد و بدل شده آن بستگی دارد. بنابراین برای جلوگیری از این پدیده بایستی کیفیت بنتونیت مصرفی کنترل گردد.

مصالح پلاستیک به استثنای نزدیکی سطح زمین معمولاً در محیط مرطوب غوطه ور می باشند. لذا در سطح زمین می بایستی تمهیدات خاصی بکار گرفته شود. اضافه نمودن ماسه به منظور ترمیم ترک های احتمالی، بهینه سازی و تنظیم میزان سیمان و نهایتاً محافظت دیوارها بوسیله ایجاد یک پرده عمودی پلاستیک غیر قابل نفوذ بین دیوار و خاک از این دسته تمهیدات می باشد.

۴-۳- ویژگی زمین شناسی و خصوصیات فیزیکی خاکها

در زمینهای با تراوایی بسیار بالا ($K > 10^{-3} \text{ m/s}$)، دوغاب سیمان از بدنه ترانشه به داخل توده خاک نفوذ نموده و بطور مؤثری آن را آب بندی می نماید. این پدیده را می توان با طراحی دوغاب مناسب با توده خاک به اجرا درآورد. در شرایطی که دوغاب خود گیر^۳ خود گیر^۳ بکار برده شود، در انواع خاکهای نظیر رس ها، مارن ها و گچ ها، می توان میزان مصالح خشک بکار رفته در دیوار را افزایش داد و در نتیجه افزایش مصرف این مواد منجر به ازدیاد ضخامت و نهایتاً بالا رفتن مقاومت نهایی دیوار می گردد. همچنین در زمینهای سولفاته به لحاظ خنثی نمودن یون مثبت بی کربنات سدیم اضافه می شود (کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۳۷۶).

۵- نتیجه گیری

۱- مصالح تشکیل دهنده بتن پلاستیک شامل بنتونیت، سیمان، سنگدانه و آب از نظر نوع و نسبت اختلاط روی خواص آن تأثیر مستقیم دارند. از این رو برای آب بندی، شکل پذیری و مقاومت مناسب برای بتن پلاستیک، باید طرح اختلاط مناسبی ارائه شود.

۲- با افزایش عیار بنتونیت، میزان نفوذ پذیری کاهش پیدا می کند و مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت فشاری سه محوری

^۱- Tricalcium Sulfoaluminate

^۲- Swelling

^۳- Self Hardening grouts

کاهش می یابد. همچنین با افزایش عیار بتونیت مدول الاستیسیته تک محوری، مدول سه محوری، ضریب چسبندگی و زاویه اصطکاک می یابد.

۳- افزایش فشار همه جانبه باعث افزایش مقاومت فشاری، افزایش مدول الاستیسیته، افزایش شکل پذیری و کاهش ضریب نفوذپذیری می شود.

۴- افزایش سن نمونه (که مترادف است با گذشت زمان از احداث دیوار آب بند) باعث افزایش مقاومت فشاری، افزایش مدول الاستیسیته، افزایش ضریب چسبندگی و کاهش زاویه اصطکاک داخلی می شود.

منابع

- ۱- حاجی ستوده م.، ترابی ر.، (۱۳۹۰)، تأثیر نوعی ژل میکروسیلیس در خصوصیات بتن.
- ۲- حسن ا.، یثربی ش.ا.، صادقی دودران ر.، (۱۳۸۴)، تأثیر مواد افزودنی پوزولانی بر خصوصیات بتن پلاستیک.
- ۳- کمیته ملی سدهای بزرگ ایران (۱۳۷۶)، نشریه شماره ۱۳، مصالح پرکننده برای دیواره های آب بند.
4. Pashazadeh, A. and Chekaniazar, M., (2011). Estimating an Appropriate Plastic Concrete Mixing Design for Cutoff Walls to Control Leakage under the Earth Dam.
5. Faghfur Maghrebi, M. Azad, D. Mousavi, S.H. and Saboor, H., (2011). plastic concrete for canal lining.
6. Roger Luyun Jr. a, Kazuro Momii b, Kei Nakagawa, (2009), bLaboratory-scale saltwater behavior due to subsurface cutoff wall.
7. Xanthakos., P.P., Abramson, L.W., and Bruce, D.A., (1994). Ground Control and Improvemnet, Wiley International.
8. ICOLD (1985). Bulletin No. 51, Filling Materials for Watertight Cut off Walls.