Archive of SID

مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی ، (JSIAU)
شماره ٦٠ تابستان ١٣٨٥

بررسی ساخت بتن آب بند با استفاده از ملات ساروج

مرتضی خسروی*
گروه شیمی ، واحد تهران شمال ، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران ، ایران
ابراهیم نوروزیان
گروه شیمی ، دانشگاه شهید باهنر ،کرمان، ایران
رضا عطار نژاد
گروه عمران ، دانشگاه تهران ، تهران ، ایران
شبنم تجربه کار
گروه شیمی ، واحد کرمان ، دانشگاه آزاد اسلامی ، کرمان ، ایران

چکیده

هدف از انجام این تحقیق ساخت بتنی با حداقل میزان نفوذ پذیری است که جهت آب بندی آن از ملات ساروج استفاده شده باشد. در طی این بررسی سعی شده است تا فرمولهای گوناگون ساخت ساروج و نیز شرایط عمل آوری متفاوتی به کار گرفته شود. بهترین روش به دست آمده در این پژوهش این است که ساروج به صورت روکش بر روی نمونه بتن تهیه شده، کشیده شود و پس از عملیات چند روزه به زیر آب عاری از کلر فرو برده شود و آن قدر در آب باقی بماند تا جلبک بر روی آن سبز شود بدین ترتیب روکش، بسیار مقاوم و نفوذ ناپذیر می شود.

واژه های کلیدی : **بتن آب بند – ساروج – جلبک – مدفوع گوسفند - گل نی**

* عهده دار مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه :

آب بند کردن بتن به جلوگیری از نفوذ آب در بتن خشک یا توقف انتقال آب در بتن خشک غیر اشباع اطلاق می شود . آب بند کننده ها میزان نفوذ آب و محلول های شیمیایی مخرب را به بتن کاهش داده و باعث افزایش دوام و مقاومت بتن در برابر چرخه های زمانی « یخبندان - ذوب» و کاهش خسارات ناشی از آن می شوند . این مواد به دلیل خاصیت آب گریزی که به بتن می دهند باعث دفع آبی که فاقد فشار هیدروستاتیک است، می شوند[۱]. تا کنون هیچ ماده افزودنی که بتواند این عمل را به طور کامل انجام دهد، در مراجع و مأخذ ذکر نشده است و تنها بعضی از افزودنی ها توانسته اند سرعت نفوذ آب به بتن خشک یا انتقال آب در حجم بتن غیر اشباع را کاهش دهند . خاکستر ها ، پوکه سنگها و کف سنگهای آتشفشانی، سیمانهای طبیعی هستند که سیلیس شان بلوری نیست و پودرشان با دوغاب آهک ترکیب شده و در مجاورت هوا یا در زیر آب با تشکیل هیدروسیلیکات مضاعف کلسیم وآلومینیوم $CaO, Al_2O_3.5\ SiO_2\text{-}5H_2O$ سفت و سخت می شوند .[۲و۳]

در زمان های گذشته در ایران جهت ساخت بناهایی که در ارتباط با آب بودند از جمله آب انبارها ، سدها ، آبروها ، حوض ها و ... از ملات ساروج استفاده می شد . هم اکنون پس از گذشت سالیان دراز این بناها همچنان استوار و پابرجا باقی مانده اند[۱و۲] . در بعضی از مناطق به دلیل مجاورت سازه با آب ، خاک رس اطراف بنای ساروجی شسته شده ، اما خود سازه همچنان مقاوم باقی مانده است . یکی از این بناها قسمتی از یک خانه قدیمی واقع در شمال شرق شهر کرمان ، در خیابان آلاشت می باشد که در چند ساله اخیر ، در جهت توسعه شهری، این خانه تخریب شد اما موفق به خراب کردن حوض ساروجی آن نشدند . از این گونه بناها در شهرهای مختلف ایران بخصوص در شهرهای جنوبی به فراوانی یافت می شود .

درطی آزمایش های مختلف انجام شده مشخص گردید که روکش ساروج ، خاصیت آب بندی داشته و مقاومت بتن را به میزان بسیار زیاد افزایش می دهد . لذا با هدف جایگزینی موا اولیه سنتی با موادی که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و نیز به مقدار فراوان در طبیعت یافت شوند و در نتیجه بتوان ساروج را در مقیاس صنعتی تهیه نمود، انجام این پژوهش مّد نظر قرار گرفت.

مواد اولیه :

در زمان های گذشته اسکلت سازه های ساروجی را از آجر گداخته و ملات ماسه آهک می ساختند ، اما در این بررسی از بتن استفاده شد [۱و۲و۳].

برای ساخت روکش ساروج نیز مواد اولیه عبارتند از :

آهک شکفته ، خاکستر مدفوع گوسفند یا شتر ، کل نی یا موی دم گوساله، خاک رس ، ماسه بادی و آب .

روش کار

جهت ساخت ساروج روش های گوناگونی پیشنهاد شده است که از نظر نوع ماده اولیه ، مقدار مصرف و چگونگی عمل آوری با یکدیگر متفاوتند (۱و۲و۳و۴)، در زمان ساخت نمونه ها، انجام کارها مرحله به مرحله صورت گرفته تا از شرایط بهینه ای که در هر مرحله بدست می آید برای ساخت نمونه های بعدی استفاده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جهت الگو گرفتن از شیوه کار استاد کاران قدیمی ، ابتدا با همکاری یکی از آنان دو نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵CM×۱۵CM×۱۵ CM از ساروج ساخته شد . چندین نمونه دیگر نیز به همین شیوه (از آهک و خاکستر به میزان مساوی و مقدار کمی گل نی) ، اما با تغییر بعضی از شرایط عمل آوری ساخته شد . ولی هیچ یک جوابگو نبودند و به همین دلیل فرمول ساخت تغییر داده شده و با استفاده از فرمول زیر ، چندین نمونه مکعبی با ابعاد ذکر شده در بالا ساخته شد .

ده پیمانه پودر آهک شکفته ، هفت پیمانه پودر خاکستر مدفوع گوسفند، یک پیمانه خاک رس ، یک پیمانه ماسه بادی و پنج کیلوگرم گل نی در متر مکعب ساروج (۱) با ساخت این نمونه ها مشخص گردید که نمونه ها شکننده بوده و در مقابل ضربه از خود مقاومت کمی نشان می دهند. تاخیر در تبخیر آب درون نمونه های حجیم ، مانع از کسب مقاومت سریع ملات شده، مشکلات فراوانی را به وجود می آورد. و بدین لحاظ ساروج باید به عنوان روکش به کار برده شود . لذا ، از این به بعد نمونه های مکعبی از جنس بتن با عمر متفاوت به عنوان پایه (اسکلت) ساخته شد و روکش های ساروج با ضخامت های گوناگون بر روی آنها کشیده و مورد آزمایش قرار گرفتند ، بهترین نتیجه، مختص بتن هایی با عمرهای ۲۸ روز به بالا بود و مشخص گردید ، هر چه ضخامت روکش کمترباشد (حدود ۱ CM ≈ ۰/۵) سریع تر به نتیجه مورد نظر خواهیم رسید .

در مرحله بعد با استناد به مراجع گوناگون که ساروج به صورت روکش بر روی پایه های بتنی کشیده شود، پایه های بتنی در حالی که در داخل آب قرار داده شده بودند و سطح آب یک سانتی متر پائین تر از روکش ساروج قرار داشت مورد بررسی قرار گرفتند .

در اولین بررسی با گذشت یک روز به علت ترکهایی که در سطح روکش ها ایجاد شده بود ، با استفاده از دستگاه برش ، سطح روکش شده پایه های بتنی را جدا کرده با این فرض که ممکن است خوب ورز ندادن ملات ها ، باعث ایجاد ترک در آن ها شده باشد . مجدداً انواع مختلف ساروج ساخته شد ، و پس از آنکه هر یک به خوبی با دست ورز داده شدند بر روی سطح صیقلی پایه های بتنی کشیده شدند و تا ۱ cm مانده به سطح روکش ، در آب قرار داده شدند . پس از ۲۴ ساعت مجدداً ترک هایی در آنها ایجاد شد و در ضمن روکش ها در اثر فشار جانبی که به آن ها وارد شده بود به راحتی از پایه های بتنی جدا می شدند . در این مرحله چند نتیجه مهم بدست آمد . اول آنکه پایه بتنی نباید صیقلی باشد به همین دلیل با استفاده از قلم تراش ، بر سطح بتن ها شیار ایجاد شد که به این طریق سطح تماس بین روکش و پایه بتنی بیشتر شده و از لغزش ساروج بر روی بتن جلوگیری به عمل آید . دومین نتیجه این بود که روکش ساروج در ساعات اولیه جهت تکمیل واکنشهای شیمیایی ، احتیاج به مرطوب شدن دارد پس باید سطح روکش را خیس نگه داشت. در اقدام بعدی از ملات های ساروج ساخته شد و از هر یک از انواع بر روی پایه های بتنی ناهموار کشیده شد و ۴۸ ساعت تا نصفه در آب قرار داده شدند ، ضمناً پارچه خیسی که اطراف آن در آب قرار داشت نیز بر روی نمونه ها کشیده شد ، تا روکش ها همواره مرطوب باقی بمانند . پس از این مدت مشاهده شد که در هیچ یک از نمونه ها ترکی ایجاد نشده است ، سپس نمونه ها به طور کامل به زیر آب فرو برده شدند . پس از گذشت یک ماه بعضی از روکش ها کنده شده و بعضی در اثر کشیدن ناخن بر روی آنها ،

www.SID.ir

Archive of SID

خراش بر می داشتند . لذا جهت بهینه شدن شرایط تصمیم گرفته شد در روش عمل آوری ملات ساروج تجدید نظر به عمل آید.

در این مرحله سعی شد تا عملیات ورز دادن و کوبیدن بیشتر انجام شود ، بنابراین بین ۷ تا ۱۰ روز ملات های تهیه شده را ساعتها ورز داده و کوبیده شدند تا جایی که به روغن بنشینند و سپس مقداری از هر ساروج بر روی پایه های بتنی کشیده شد که بلافاصله روی آنها ترک ایجاد شد . لذا با پاشیدن کمی آب بر روی آنها و ماله کشیدن ، ترک ها از بین رفته و سپس نمونه ها نیز تا نصف در اب قرار داده شدند . در ضمن چند نمونه از این ملات ها در سانتریفوژی با سرعت RPM ۱۰۰۰ × ۲/۵ به مدت نود دقیقه قرار داده شده و پس از آن بر روی نمونه های بتنی ، کشیده شده و این نمونه ها نیز تا نیمه در آب قرار داده شدند . بر روی تمام نمونه ها پارچه خیسی انداخته شد و به مدت یک هفته عملیات اب پاشیدن و ماله کشیدن بر روی آنها انجام شد .سپس به زیر آب فرو برده شدند ، این نمونه ها نسبت به نمونه های قبلی از استحکام بیشتری برخوردار بودند . (ملاتهایی که در سانتریفوژ گذاشته شده بودند، تقاوت چندانی با سایر ملاتها نداشتند).

روش ساخت نمونه نهایی

به منظور جلوگیری از احتمال آسیب رسانی کلر موجود در آب شهر ، از آب چاه جهت تهیه روکش ساروج و پایه های بتنی استفاده شد. کلر موجود می تواند به صورت آنیون -CLO و اسید HCLO با ایجاد واکنشهای تخریبی مانع از استحکام بتن آب بند گردد . برای ساخت پایه های بتنی ابتدا مواد اولیه به خوبی مخلوط شده و پس از ترکیب شدن با آب چاه ، ویبره گردیدند . پس از گذشت ۲۴ ساعت ، بتن به مدت ۲۸ روز در آب چاه قرار داده شد . زمانی که بتن ۲۱ روزه بود ، ملات ساروج ساخته شد . در طی یک هفته هر روز به مدت ۴ تا ۵ ساعت این ملات به خوبی ورز داده و کوبیده شد به گونه ای که در روز های آخر حالت چرب و لزجی پیدا کردند . سپس لایه نازکی از این ملات بر روی بتن ۲۸ روزه کشیده شد و به مدت یک هفته از آن مراقبت نموده، تا هر زمان که ترکی در آن ایجاد می شد با پاشیدن آب چاه بر روی آن و ماله کشیدن ، ترک ها از بین برده شوند . پس از این مدت بتن روکش شده به مدت ۱۴ روز در زیر آب ، سپس یک هفته خارج از آب نگهداری شده و پس از آن یک نمونه روکش دار و یک نمونه بتن شاهد به سازمان تحقیقات ساختمان و مسکن تهران جهت تعیین نفوذ پذیری ارسال شد . هر یک از نمونه ها طول CM ۱۲ (۱۲ = ℓ) داشته و قبل از آزمایش به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و سپس در دستگاه مخصوص نفوذ پذیری به شرح زیر تحت فشار قرار گرفتند :

فشار اتمسفر	زمان (ساعت)
۱	۴۸
۳	۲۴
۷	۲۴

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از گذشت زمان های ذکر شده ، نمونه ها را از دستگاه خارج کرده و پس از شکستن ، متوسط عمق نفوذ آب در نمونه روکش دار ۳/۵ CM و در نمونه شاهد ۵ CM بدست آمد که با جایگزین کردن این مقادیر در رابطه زیر ، ضریب نفوذ پذیری این نمونه ها محاسبه گردید .(۶).

$$Q = -K.A.i.t$$

$$\frac{Q}{A} = \text{عمق نفوذ سیال} = -K.i.t \Rightarrow \text{عمق نفوذ سیال} = -K\frac{h}{l}t \qquad i = \frac{h}{l}$$

با در نظر گرفتن فشار های اعمال شده در زمان های مشخصه، خواهیم داشت :

$$\text{عمق نفوذ سیال} = -K\left(\frac{h_1}{l}t_1 + \frac{h_2}{l}t_2 + \frac{h_3}{l}t_3\right)$$

با توجه به اینکه سیال در این آزمایش آب می باشد، لذا در رابطه تعیین ضریب نفوذ پذیری K ، مقدار فشار اعمال شده بر حسب H2O CM در نظر گرفته شد بنابراین :

۱ atm = ۷۶ × ۱۳/۶ → ۱۰۳۳/۶ Cm H_2O/cm^2

h_1 = ۱۰۳۳/۶ cm H_2O $\qquad t_1$ = ۴۸ (۳۶۰۰) = ۱۷۲۸۰۰ Sec

$h_2 = ۳\ h_1$ = ۳۱۰۰/۸ cm H_2O $\qquad t_2$ = ۲۴ (۳۶۰۰) = ۸۶۴۰۰ Sec

$h_3 = vh_1$ = ۷۲۳۵/۲ cm H_2O $\qquad t_3 = t_2$ = ۸۶۴۰۰ Sec

با جایگزینی اعداد ، ضریب نفوذ پذیری برای نمونه شاهد K = – ۵/۵ × ۱۰ –۸ CM / SEC و برای نمونه روکش دار K = – ۳/۹ × ۱۰ –۸ بدست می آید .

نتیجه بدست آمده با وجود عمر کم ساروج بسیار خوب و مطلوب می باشد .

نتیجه گیری :

جهت رسیدن به اهداف این پروژه، پارامتر های زیر، متغیر در نظر گرفته شدند :

فرمول ساخت ، شرایط عمل آوری و بعضی از شرایط محیطیا توجه به نمونه های ساخته شده ، نتایجی بدست آمد که به صورت خلاصه در ذیل ذکر می شود :

– ملات ساروج بایستی به صورت روکش با ضخامت کم بکار گرفته شود (البته در حدی که کارایی خود را از دست ندهد) تا سریع تر سفت و سخت شود(حداکثر ۱ CM) .

– هر چه میزان ورز دادن ، ویبره کردن و کوبیدن ملات ساروج بیشتر باشد، دوام و پایداری بیشتری پیدا کرده ، نفوذ پذیری آن کمتر خواهد شد .

– سطح ناهموار پایه بتنی باعث بهتر چسبیدن روکش به آن می شود .

www.SID.ir

Archive of SID

– ذرات خاکستر مدفوع گوسفند، آهک و خاک رس باید تا حد امکان ریز باشند در این صورت ، سطح تماس ذرات بیشتر بوده و سیلیکات کلسیم بیشتری تولید می شود . تشکیل این ماده باعث مقاومت بیشتر و نفوذ پذیری کمتر ساروج می شود . بنابراین باید از الکهای مناسب استفاده شود .

– نمونه های بتن بهتر است قبل از روکش شدن ، مدتی در آب قرار داده شوند. در غیر این صورت بتن ، آب ملات ساروج را جذب نموده و باعث ترک خوردن سریع روکش می شود .

– جلوگیری از ترک خوردن روکش یکی از مسائل اساسی می باشد . در روزهای نخستین با پاشیدن آب بر روی روکش و ماله کشی ، می توان ترک ها را از بین برد این کار تا چندین مرتبه در روز بایستی تکرار شود تا زمانیکه دیگر ترکی در آن ایجاد نشود . پس از این دوره نمونه به زیر آب فرو برده می شود . اگر در اثر گرما و سایر مسائل محیطی ، سطح آب برای مدتی پائین تر از سطح روکش باقی بماند روکش ترک خورده و این ترک ها را نمی توان با پاشیدن آب و ماله کشی از بین برد .

– اگر نمونه روکش دار آنقدر در آب باقی بماند که جلبک بر روی آن بروید در این صورت جلبک ها باعث پوشاندن خلل و فرج ساروج شده و نفوذ پذیری ، کاهش چشمگیری پیدا می کند . عدم ماله کشی پس از فرو بردن کامل نمونه در آب ، پس از چند روز باعث رشد جلبکها می شود(۱و۲).

– یکی از مواردی که احتمالاً تاثیر سوء زیادی بر روی ساروج می گذارد ، وجود گاز کلر در آب مصرفی است . گاز کلر می تواند از تشکیل سیلیکات کلسیم که عامل اصلی ایجاد مقاومت در ساروج است جلوگیری به عمل آورد و یا تشکیل آن را به تاخیر بیاندازد .

– به منظور کاهش زمان آزمایشات نفوذ پذیری ، می توان از روش غیر مستقیم یعنی تعیین نفوذ پذیری نسبت به گاز ازت و سپس تبدیل ارقام حاصل به نفوذ پذیری نسبت به آب طبق روش توصیه شده ،« بامفورث»(۵) استفاده کرد.

– پیشنهاد می شود برای رسیدن به تولید انبوه ، از مواد اولیه ای که بیشتر در دسترس هستند استفاده شود مثلاً مواد مسلح کننده دیگر به جای گل نی

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از اساتید گرانقدر آقایان دکتر نوروزیان و دکتر خسروی و دکتر.عطار نژاد و نهایت تشکر را دارم که مرا در به ثمر رسیدن این پروژه یاری فرمودند در ضمن از مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی که شرایط را برای اجرای چنین پروژه هایی مهیا نموده اند سپاسگزاری می نمایم . همچنین از آقای استاد کریم حیدر آبادی معمار باسابقه که در ساخت ساروج کمک شایان تقدیری نموده اند قدردانی نمایم و در پایان از سازمانهای یاری دهنده ، سازمان تحقیقات ساختمان و مسکن تهران و دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان بسیار متشکرم .

www.SID.ir

Archive of SID

References:

1- Hammy, A., *Guide for Constraction of Concrete*, Marvi (1985).
2- Hammy, A , *Constraction Materials*, Marvi (1984).
3- Ramezanian poor, A .A., *concrete mixture design*, Elm. va. sanat, 110 (1988).
4- Czernin H.C., Wolfgang, *Cement Chemistry and physics for Civil Engineers*, Translated into Persian by Azizian, M. R. (1980).
5- Bam forth, P.M., *magazine of concrete research*., **39**, 3 (1987).
6- Rahimi, H., *Soil Mechanic*, Nashr va fan, Iran (1984).

www.SID.ir