مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد 3- شماره 6 - سال 1397
www.ElitesJournal.ir

بررسی اثرات پساب شهری بر روی کارایی بتن غیر مسلح (آزمایش اسلامپ)

سامان رحیمی[1*]، نورعلی حق دوست[2]، رسول ایلخانی پور[3]

1- کارشناس ارشد، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی
2- هیئت علمی دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی
3- هیئت علمی دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی

*Samanrahimi1369@gmail.com

ارسال: دی ماه 97 پذیرش: بهمن ماه 97

چکیده

کارایی بتن را می‌توان میزان سهولت در مخلوط کردن، جابجایی، ریختن و تراکم بتن در محل نهایی خود، بدون جداشدگی و ایجاد غیریکنواختی بتن دانست. کارایی بتن به عوامل متعددی ارتباط دارد، اما مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در کارایی بتن را می‌توان مقدار آب در مخلوط بتن، مقدار سیمان، دانه‌بندی سخت دانه، دمای مخلوط بتن و رطوبت محیط دانست. هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر روی کارایی بتن با دانه‌بندی یکنواخت و معیارهایی از آب و سیمان می باشد. در راستای تحقق اهداف این تحقیق آزمایش ها در آزمایشگاه هیدرولیک کاربردی دکتر فرهودی, گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شده است. براساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد منابع آب نامتعارف در صنعت بتن، به عنوان یک صنعت پرمصرف در جهان از نظر مصرف منابع آب، می تواند از جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی توجیه‌پذیر باشد. کاربرد پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در تولید بتن غیرمسلح، نه‌تنها باعث بهبود بعضی از شاخص‌های عملکردی بتن از قبیل کارایی و مقاومت فشاری می‌شود، بلکه امکان صرفه‌جویی در مصرف منابع آب تازه و مدیریت منابع آبی موجود را فراهم می‌آورد.

کلمات کلیدی: پساب شهری، ماسه شسته، ماسه شسته نشده، اسلامپ

1- مقدمه

با توجه به تمایل به افزایش جمعیت در کشور و به فرض نائل شدن به آن و بر اساس جمعیت 100 میلیون نفر در ده سال آینده، می‌توان تحلیل کرد برای توسعه همه‌جانبه بر اساس اطلاعات و داده‌های در دسترس به سرانه آب حدود 2000 مترمکعب نیاز است که برای جمعیت مورداشاره حدود 200 میلیارد مترمکعب در سال خواهد بود اما در حال حاضر میزان آب تجدید پذیر در کشور حدود 120 میلیارد مترمکعب است که نشانگر کمبود آبی حدود 80 میلیارد مترمکعب برای توسعه کشور است. با فرض جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های اجتماعات شهری، سالیانه حدود 6 میلیارد مترمکعب آب نامتعارف وجود خواهد

Archive of SID
www.SID.ir

داشت که حدود 7-8 درصد کمبود از این پیش‌گفته است. اما این میزان آب نامتعارف تأمین‌کننده حدود 70 درصد نیاز اجتماعات شهری خواهد بود. پس در صورت تصفیه فاضلاب شهری و استفاده دوباره از آن در جوامع، ممکن است مشکل کمبود آب کم‌رنگ شود[1].

کارایی بتن را می‌توان میزان سهولت در مخلوط کردن، جابجایی، ریختن و تراکم بتن در محل نهایی خود، بدون جداشدگی و ایجاد غیریکنواختی بتن دانست. کارایی بتن به عوامل متعددی ارتباط دارد، اما مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در کارایی بتن را می‌توان مقدار آب در مخلوط بتن، مقدار سیمان، دانه‌بندی سخت دانه، دمای مخلوط بتن و رطوبت محیط دانست. به‌طورمعمول افزایش مقدار آب و سیمان و ماسه باعث کارایی بتن می‌گردد. برای اندازه‌گیری تعیین همه‌ی ابعاد کارایی بتن تاکنون هیچ روش مشخصی ابداع نشده است اما ازآنجاکه یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کارایی بتن روانی (شلی و سفتی) بتن است که می‌توان از آزمایش اسلامپ، کارایی انواع بتن را ارزیابی نمود[2].

یکی از پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت بتن دمای بتن می‌باشد. ازآنجاکه واکنش هیدراسیون سیمان یک واکنش شیمیایی نسبتاً کند می‌باشد درجا حرارت بتن در هر مرحله از عمر آن درروند این واکنش تأثیرگذار بوده و تأثیرات خاصی بر ویژگی‌های بتن می‌گذارد این تأثیرات چه در دوره ساخت بتن تازه، چه در دوره عمل‌آوری و چه در دوره بهره‌برداری آن در خواص بتن تأثیرگذار است. به نظر می‌رسد به تأثیرات زیادی که دمای بتن تازه به توجه به روش ساخت آن از دمای محیط می‌گیرد و همچنین تغییراتی که در دمای محیط در طی فصول، ماه‌ها، روزها و حتی ساعات روز مشاهده می‌گردد (فامیلی و همکاران،1388). آبگیری و دفع لجن از مهم‌ترین مراحل مدیریت تصفیه‌خانه‌های آب به شمار می‌رود. امروزه به دلیل بالا رفتن هزینه مواد اولیه و محدودیت منابع آبی، انتخاب روش‌های استفاده از آب تصفیه‌خانه‌ها در ساخت آجر فشاری می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. ازآنجاکه کیفیت آب در خواص مصالح خاکی مورداستفاده تأثیر می‌گذارد ، لذا می‌توان از این پارامتر در برابر شاخص بسیار مهم مقاومت فشاری ازلحاظ کاربرد آجر در دیوارهای باربر ، دقت نمود[3].

تمام ناخالصی‌ها ممکن است بر خواص بتن اثر منفی نداشته باشد ترکیبات شیمیایی موجود در آب ممکن است در واکنش‌های شیمیایی شرکت کند و درنتیجه بر تنظیمات، سخت شدن و کارایی آن تأثیر بگذارد[3].

حدود 80 درصد از سطح زمین توسط اقیانوس‌ها پوشیده شده است، بنابراین تعداد زیادی از سازه‌ها در معرض تماس مستقیم یا غیرمستقیم آب دریا با شوری بالا قرار دارند، ایجاد و حفظ سازه‌های بتنی بادوام در محیط ساحلی به مدت طولانی ذهن محققان را درگیر کرده است[4]. محمدی و شادمند (1392)[5] با بررسی علل آسیب‌دیدگی و مکانیزه‌های کاهنده پایایی و دوام در کانال‌های آبیاری به این نتیجه رسیدند که کانال‌های هیدرولیکی تحت حمله مایعات شیمیایی قرار دارند. بنابراین طراحی بر اساس دوام می‌تواند تضمینی بر کیفیت استفاده بهینه از آن‌ها باشد. که برای دستیابی به این امر راهکارهای زیر را پیشنهاد نمودند:

1) از پوزولان به‌جای بخشی از سیمان استفاده شود.
2) استفاده از سایر مواد و افزودنی‌ها با توجه به شرایط سازه و محیط صورت گیرد.
3) از فوق روان کننده برای کاهش آب مخلوط استفاده گردد. طرح اختلاط بر اساس دوام محاسبه گردد.
4) استفاده از نیروی انسانی مجرب در ارتباط با تمام مراحل عملیات بتن دستگاه‌ها و تجهیزات مرتبط باید مدرن باشند.
5) طرح اختلاط بر اساس دوام محاسبه می‌گردد.

در حال حاضر طراحی و ساخت بتن بیشتر به‌صورت تجربی مطرح بوده است و در این مطالعه با استفاده از آزمایش اسلامپ عملکرد کارایی بتن با پساب شهری موردمطالعه قرار خواهد گرفت. آب به‌عنوان ماده حیاتی بشر همچنین ماده خام کشاورزی و راهگشای صنعت در جوامع امروزی از اهمیت بالایی برخوردار است و تأمین آن در خیلی از کشورها به‌صورت بحران درآمده‌است. کشور ما با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک آن از آب‌های شیرین بهره کمی برده است.

Archive of SID

www.SID.ir

از طرفی افزایش جمعیت و افزایش آلودگی هوا مدیریت شهری را بر آن می‌دارد تا با اتخاذ تدابیر درست سرانه فضای سبز افراد جامعه را افزایش دهد. حال با توجه به نیاز مبرم به آب و همچنین کمبود منابع آب، جهت تأمین نیاز آبی در کشاورزی و فضای سبز باید در جهت بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب‌ها برنامه‌های مدیریتی لازم را اعمال کرد. با توجه به افزایش جمعیت، مشکلات کمبود آب و لزوم مصرف آب بیشتر، استفاده از آب‌های نامتعارف و پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در چند سال اخیر موردتوجه قرارگرفته است.(عابدکوپایی و همکاران، 1394). فاضلاب شهری به‌طورمعمول حدوداً 400 میلی‌گرم در لیتر مواد آلی دارد. بعدازآنکه فاضلاب وارد سیستم تصفیه می‌شود، غلظت مواد آلی آن تا 20 میلی‌گرم کاهش می‌یابد و این مقدار کمتر از آن است که بتواند اثر محسوسی روی مقاومت بتن بگذارد. جهت امکان‌سنجی استفاده از فاضلاب شهری بعد از تصفیه (به‌عنوان آب اختلاط بتن) بلوک‌های مکعبی بتن با ابعاد 15*15*15 سانتیمتر با پساب خروجی از واحدهای اولیه، ثانویه و تکمیلی، تهیه‌شده و مقاومت فشاری 7 و 28 روزه آن‌ها با مقاومت فشاری بتن تهیه‌شده از آب آشامیدنی مقایسه می‌شود. مطابق استانداردهای آمریکا (AC) و انگلستان B.S درصورتی‌که کاهش مقاومت بتن تهیه‌شده از پساب کمتر از 10 درصد مقاومت بتن تهیه‌شده از آب آشامیدنی باشد، پساب مورداستفاده برای اختلاط بتن قابل‌قبول است. به‌منظور بررسی تأثیر ناخالصی‌های آب نگهداری، روی گیرش و کسب مقاومت بتن، تعدادی از بلوک‌های بتنی به مدت 7 و 28 روز در پسابی نگهداری شده‌اند که به‌عنوان آب اختلاط مورداستفاده قرارگرفته است. پساب خروجی جهت سنجش کیفیت در آزمایشگاه تحت آنالیز قرارگرفته و ناخالصی‌های آن با استانداردهای موجود در آیین‌نامه‌های آمریکا، انگلستان مقایسه شده‌اند. در تمام آزمایش‌ها طرح اختلاط بتن یکسان است و تنها کیفیت آب اختلاط متغیر است. نتایج حاکی از آن است که درصورتی‌که تصفیه ثانویه بر روی فاضلاب شهری انجام شود و مواد آلی به حد مطلوب در آب اختلاط برسد کاهش مقاومت آن نسبت به مقاومت بتن تهیه‌شده از آب آشامیدنی کمتر از 10 درصد خواهد بود و روی مقاومت 7 روزه بتن تأثیر محسوس‌تری نسبت به مقاومت 28 روزه بتن می‌گذارد (مهردادی و همکاران، 1388) متأسفانه تاکنون هیچ آزمایشی که بتواند مستقیماً کارایی بتن را به‌صورت کامل بیان نماید وجود ندارد ولی کوشش شده کارایی را با بعضی از خصوصیات فیزیکی آسان‌تر سنجش نمود ولی متأسفانه هیچ‌کدام از آن‌ها کامل نبوده؛ یکی از این آزمایش‌ها اسلامپ است. این نکته باید ذکر گردد که آزمایش اسلامپ کارایی را نمی‌سنجد بلکه روانی بتن را توصیف می‌کند آیین‌نامه‌ی ASTM C 125-93 کارایی را چنین بیان نموده است: خواص تعیین‌کننده کار لازم برای جابجایی بتن تازه مخلوط شده با حداقل کاهش در یکنواختی آن. آیین‌نامه ACI 116R-90 کارایی را چنین بیان نموده که آن خاصیت از بتن یا ملاط تازه مخلوط شده که تعیین‌کننده سهولت و یکنواختی می‌باشد و با آن می‌توان بتن را مخلوط نمود، در جا ریخت، متراکم کرد و یا سطح آن را پرداخت نمود. آیین‌نامه ACI تعریف می‌نماید: روانی را قابلیت تحرک نسبی یا توانایی بتن و یا ملاط تازه مخلوط شده برای جریان یافتن می‌نامد. این خاصیت بتن توسط آزمایش اسلامپ به دست می‌آید. با توجه به همه‌ی محدودیت‌های گفته‌شده آزمایش اسلامپ برای کنترل کارگاهی و تغییرات پیمانه به پیمانه و ساعت‌به‌ساعت مصالح مصرفی در بتن بسیار مفید است[6].

2- مواد و روش

هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر روی کارایی بتن با دانه‌بندی یکنواخت و معیارهایی از آب و سیمان می باشد. در راستای تحقق اهداف این تحقیق آزمایش ها در آزمایشگاه هیدرولیک کاربردی دکتر فرهودی, گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شده است.

2-1- وسایل آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir

قالب باید از ورق فلزی به ضخامت حداقل 5/1 میلیمتر و با سطح داخلی کاملا صاف و بدون هرگونه برجستگی و یا فرورفتگی ساخته شده باشد و نباید خمیر سیمان بر آن اثر نامطلوب بگذارد. یک سینی فلزی به ابعاد ۴۰×۴۰ یا ۵۰×۵۰ سانتی‌متر، یک مخروط فلزی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که قطر بالای آن ۱۰ سانتی‌متر و قطر پایین آن 20 سانتی‌متر بوده و دارای دو دستگیره در دو طرف است، میله‌ای به طول تقریبی ۳۵ سانتی‌متر که در یک سر آن خط‌کشی به عرض ۵ سانتی‌متر قرار دارد، به‌طوری که پس از قرار گرفتن این میله در محل خود بر روی سینی، ارتفاع مابین سینی تا زیر خط‌کش ۳۰ سانتی‌متر یعنی برابر ارتفاع مخروط باشد، یک عدد میلگرد ساده به طول ۴۰ الی ۵۰ سانتی‌متر که برای متراکم کردن بتن داخل مخروط به کار می‌رود و وسیله‌ای برای اندازه‌گیری طول است.

2–2– روش آزمایش

قالب را مرطوب نموده در محل نمناک, صاف و سخت, که نتواند رطوبت را جذب کند, قرار دهید. قالب را با استفاده از پاگیره‌ها محکم نگهدارید بلافاصله قالب را از بتنی که مطابق با مندرجات بند (3) تهیه شده در سه لایه پر کنید. ارتفاع هر لایه پس از تراکم باید تقریباً یک سوم ارتفاع قالب باشد. با استفاده از کوبه به هر لایه 25 ضربه چنان وارد کنید که تعداد ضربه‌ها بطور یکنواخت در سطح لایه پخش گردد. برای لایه زیرین لازم است که کوبه را قدری به سمت داخل کج کرده و نیمی از ضربه‌ها را بطور مارپیچی از محیط به سمت مرکز وارد نمائید. در لایه زیرین ضربه‌ها باید تا عمق آن لایه نفوذ کنند و دو لایه دیگر را به ترتیبی متراکم کنید که ضربه‌ها اندکی در لایه قبلی نفوذ نمایند. قبل از متراکم ساختن لایه فوقانی باید قالب را به اندازه کافی از بتن پر نمود چنانچه پس از متراکم ساختن لایه فوقانی سطح بتن پائین‌تر از لبه‌های قالب قرار گیرد مجددا مقداری بتن روی آن ریخته و سطح قالب را با میله توسط حرکات اره‌ای و غلطکی صاف کنیداطراف قالب و روی صفحه زیرین را تمیز کرده و قالب را به آرامی و بطور عمودی بالا بکشید. بالا کشیدن قالب باید ظرف 5 تا 10 ثانیه بدون اینکه کمترین حرکت جانبی یا چرخشی به قالب و بتن وارد شود انجام گیرد بدون اینکه کمترین حرکت جانبی یا چرخشی به قالب و بتن وارد شود، انجام گیرد بلافاصله پس از برداشتن قالب, اسلامپ را با محاسبه تفاضل ارتفاع قالب از بالاترین ارتفاع بتن پس از برداشتن قالب تعیین کنید, این مقدار باید به دقت نزدیک به 5 میلیمتر محاسبه گردد. چنانچه پس از برداشتن قالب, بتن در هم فرو ریخته و یا از یک طرف بریزد باید از نتیجه آزمایش صرفنظر کرده و نسبت به انجام آزمایش مجدد با استفاده از بخش دیگری از نمونه بتن اقدام نمود چنانچه آزمایش بعدی نیز دچار چنین وضعیتی شود, نتیجه گرفته می‌شود که بتن از حالت خمیری و چسبندگی لازم برای انجام آزمایش اسلامپ برخوردارنیست

2–3– نتیجه آزمایش

اسلامپ بتن در این آزمایش با استفاده از فرمول زیر تعیین و به نزدیکترین مضرب 5 میلیمتر گرد می‌شود:

$$\text{اسلامپ} = h_m - h_s$$

h_m و h_s به ترتیب عبارتند از ارتفاع قالب و ارتفاع بتن پس از برداشتن قالب بر حسب میلیمتر. چنانچه اسلامپ کمتر از 10 میلیمتر باشد چنین نتیجه گرفته می‌شود که بتن مورد آزمایش دارای روانی مناسب برای انجام آزمایش اسلامپ نمی‌باشد

2–4– نتخاب اسلامپ و تعریف درجه کارایی

در این مرحله اسلامپ متناسب برای بتن تازه بر اساس تجربه و با توجه به نوع کار بتنی، انتخاب می گردد. متناظر با هر محدودی اسلامپ، وضعیتی از درجه ی کارایی تعریف می شود. اسلامپ $0 - 25$ mm به عنوان درجه کارایی خیلی پایین، اسلامپ $25 - 50$ mm به عنوان درجه کارایی پایین، اسلامپ $50 - 100$ به عنوان درجه کارایی متوسط و نهایتا اسلامپ

Archive of SID

www.SID.ir

100 – 180 mm به عنوان درجه کارایی معرفی می شود. در انتخاب اسلامپ اگر تجربه قبلی موجود نباشد، می‌توان از توصیه های زیر استفاده کرد:

اسلامپ 0 – 25 mm برای کف ها و جاده های بتنی که با ماشین های ویبره اتوماتیک مرتعش می شوند، مناسب است. در حد بالایی این محدوده از اسلامپ، ممکن است بتن با ماشین های ویبره کنترل شونده با دست، مرتعش شود.

اسلامپ 25 – 50 mm برای کف ها و جاده های بتنی که با ماشین های ویبره کنترل شونده با دست مرتعش می شوند، مناسب است. در حد بالایی این محدوده از اسلامپ، ممکن است بتن های ساخته شده از دانه های گرد یا منظم به صورت دستی مرتعش شوند. همچنین از این محدوده اسلامپ، می‌توان در بتن ریزی بدون ویبره فونداسیون ها و یا بتن ریزی همراه با ویبره مقاطع بتنی با آرماتورکم، استفاده نمود.

اسلامپ 50 – 100 mm برای بتن مسلح معمولی با تراکم دستی و نیز برای مقاطع با آرماتوربندی زیاد و با ارتعاش، مناسب است. در حد پایین این محدوده از اسلامپ، دالهای مسطح با دانه های شکسته که با دست متراکم می شوند قرار می گیرد.

اسلامپ 100 – 180 mm برای مقاطعی با آرماتوربندی انبوه و متراکم مناسب است. این محدوده از اسلامپ معمولا برای ویبره کردن مناسب نیست[7].

2-5- مشخصات فنی بتن - اسلامپ

عدد اسلامپ، عددی است که به وسیله آزمایش اسلامپ بتن بدست می آید که نشانگر میزان افت بتن در هنگام ساخت آن می باشد میزان اسلامپ بر اساس روش مندرج در استاندارد (دت 505) کنترل می‌شود و پیمانکاران موظفند بتن موردنظر را بر اساس اسلامپهای خواسته شده در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی تهیه نمایند بتن‌هایی که به هنگام ریختن، اسلامپ‌شان با مشخصات خواسته شده مطابقت ننماید مردود بوده و باید از مصرف آن خودداری شده و از کارگاه خارج گردند اضافه نمودن آب برای بالا بردن اسلامپ بتن‌های سفت شده پس از ساخت، به هیچ وجه مجاز نمی باشد و انجام این امر باعث تغییرات کلی در مشخصات بتن ساخته شده خواهد شد بسته به میزان اسلامپ و نوع کاربرد، بتن به 4 گروه سفت، خمیری، شل و آبکی تقسیم می‌شود که میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات مختلف بر اساس جدول زیر توصیه می گردد[8]. درتحقیق مد نظر ار سه نوع دانه‌بندی شسته ونشسته وماسه نشسته اصلاح شده استفاده گردیده است که به شرح شکل 1 تا 3 و جداول 1تا 3 می باشد.

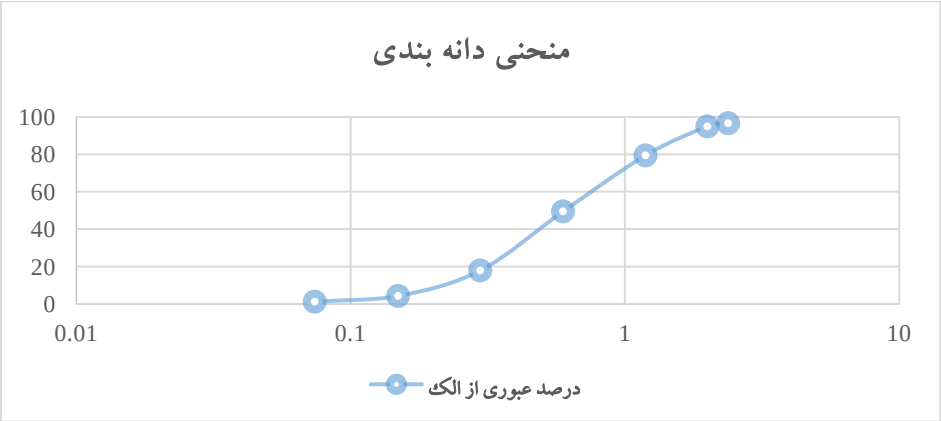
جدول 1- دانه‌بندی ماسه شسته

شماره الک	قطر سوراخ	وزن باقی	درصد باقی روی هر الک	تجمع درصد باقی
8	2.38	45.5	3.35644733	3.35644733
10	2	23	1.696665683	5.053113013
16	1.19	210	15.49129537	20.54440838
30	0.595	407	30.02360578	50.56801416
50	0.297	428	31.57273532	82.14074948
100	0.149	183.6	13.54381824	95.68456772
200	0.074	42	3.098259073	98.78282679
pan		16.5	1.217173207	100
		1355.6		

با توجه به جدول 1 ضریب نرمی ماسه شسته 4/5 و ضریب نرمی ماسه نشسته با توجه به جدول 2، 4/90 و ضریب نرمی ماسه نشسته اصلاح شده با توجه به جدول 3، 4/56 میباشد. حال با توجه به دانه‌بندی های انجام شده ضریب نرمی ماسه شسته و ماسه اصلاح شده نشسته تقریبا برابر و به حدود صفر درصد اختلاف معنی داری رسید.

Archive of SID

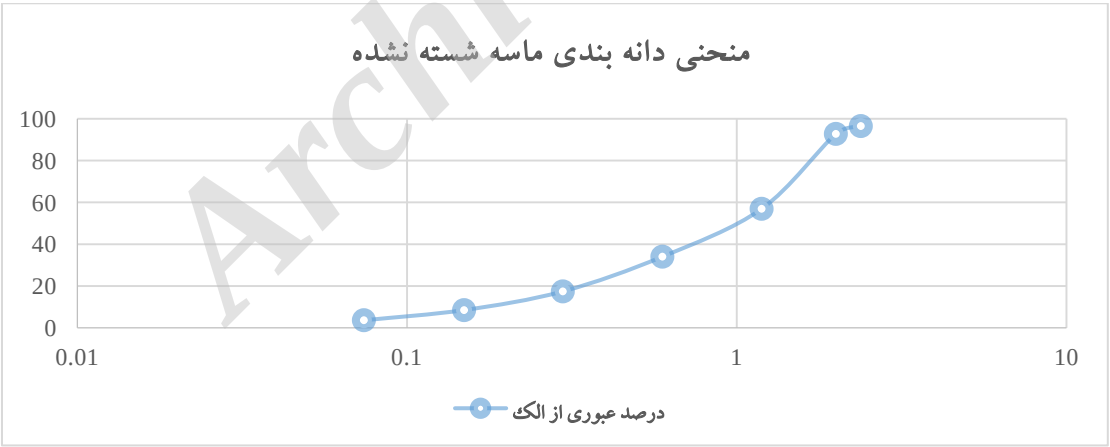
www.SID.ir



شکل 1- دانه‌بندی ماسه شسته

جدول 2- دانه‌بندی ماسه شسته نشده

شماره الک	قطر سوراخ	وزن باقی	درصد باقی روی هر الک	تجمع درصد باقی
8	2.38	33	3.510638298	3.510638298
10	2	35	3.723404255	7.234042553
16	1.19	337	35.85106383	43.08510638
30	0.595	215	22.87234043	65.95744681
50	0.297	156	16.59574468	82.55319149
100	0.149	84	8.936170213	91.4893617
200	0.074	46	4.893617021	96.38297872
pan		34	3.617021277	100
		940		



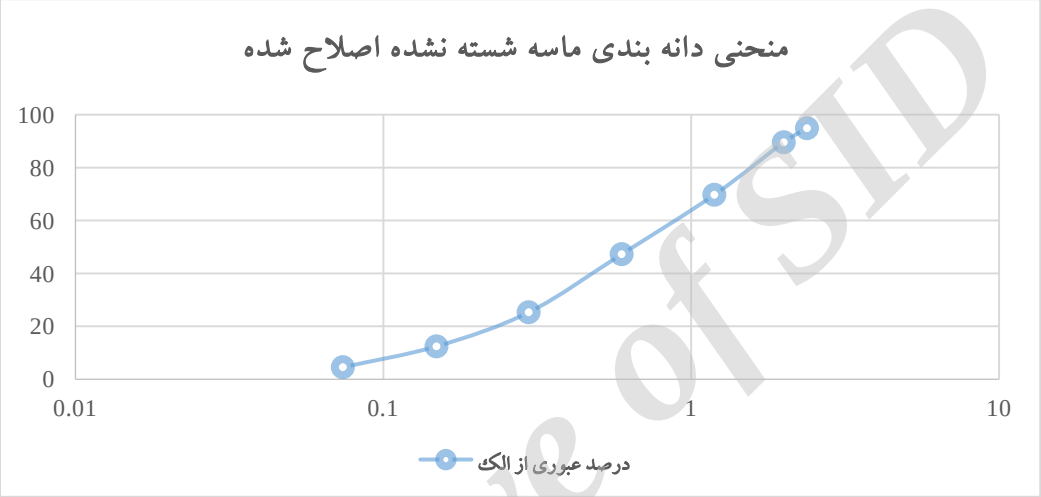
شکل 2- شکل دانه‌بندی ماسه شسته نشده

Archive of SID

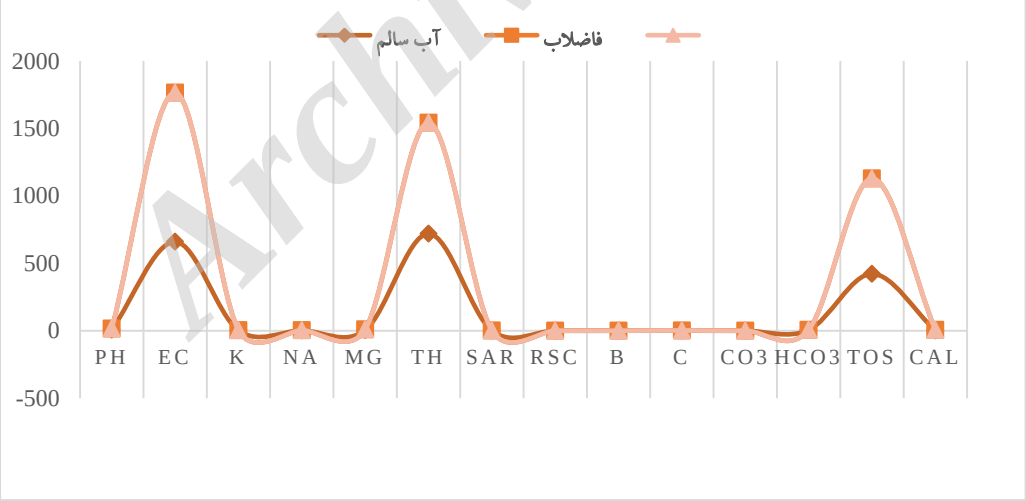
www.SID.ir

جدول 3- دانه‌بندی ماسه شسته نشده اصلاح شده

شماره الک	قطر سوراخ	وزن باقی	درصد باقی روی هر الک	تجمع درصد باقی
8	2.38	85	5.086774387	5.086774387
10	2	89	5.326152005	10.41292639
16	1.19	332	19.86834231	30.2812687
30	0.595	375	22.44165171	52.72292041
50	0.297	367	21.96289647	74.68581688
100	0.149	215	12.86654698	87.55236385
200	0.074	132	7.8994614	95.45182525
pan		76	4.548174746	100
		1671		



شکل 3- شکل دانه‌بندی ماسه نشسته اصلاح شده



شکل 4- شکل تجزیه آب استفاده شده در پژوهش

2-6- منبع تأمین پساب فاضلاب شهری و آب آشامیدنی

Archive of SID
www.SID.ir

پساب فاضلاب شهری مورد استفاده در این آزمایش از پایین دست تصفیه خانه ی ارومیه که در محور ارومیه – تبریز قرار دارد در یک روز پاییزی نمونه برداری شده است که نمونه ی برداشت شده به مدت یک هفته در آزمایشگاه هیدرولیک کاربردی دکتر فرهودی راکد گذاشته شده تا ذرات معلق در آن ته نشین شود.

آب آشامیدنی از آزمایشگاه برداشته شده است که نمونه های برداشته شده از آب های مورد استفاده ی آزمایش, در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه ارومیه گروه مهندسی خاک آنالیز شده و ذرات موجود در هر یک از نمونه های پساب فاضلاب شهری و آب آشامیدنی در شکل شماره 4 آمده است.

3– یافته ها

3–1– آزمایش اسلامپ با آب سالم

با توجه به آزمایش های انجام گرفته در آزمایشگاه دکتر فرهودی گروه مهندسی آب به نتایج مربوطه در جداول 1 تا 3 دست یافتیم.

3–2–آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه شسته

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه ی شسته با دانه‌بندی جدول 4 و باضریب نرمی 4/5 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/6 باشد، به نتایج زیر طبق جدول شماره 4 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از صفر سانتی متر شروع و در نهایت به 4 سانتی متر رسید.

جدول 4- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته با آب سالم

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0
1به 6	29/5	0/4
1به 5	29/5	0/5
1به 4	29/5	1/5
1به 3	29/5	4

3–3– آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه نشسته

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه ی شسته نشده با دانه‌بندی جدول 4 فصل سوم و باضریب نرمی 4/90 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/6 باشد، به نتایج زیر طبق جدول شماره 5 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از 0 سانتی متر شروع و در نهایت بدون هیچ افت اسلامپی کار پایان یافت.

جدول 5- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم (با نسبت آب به سیمان 0/6)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0
1به 6	29/5	0
1به 5	29/5	0

3–4– اسلامپ ماسه شسته وماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب شهری

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج آزمایشات به این نتیجه می رسیم که درماسه شسته با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 و ضریب نرمی 4/56 و درماسه نشسته اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان 0/7 و ضریب نرمی 4/50 با آب پساب شهری به نتایج جدول 6 رسیدیم که در این آزمایش ها میزان اسلامپ (حد روانی بتن) حدوداً کمتر از ده درصد دست یافتیم. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از 0 سانتی متر تا 4/5 سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از 0 تا 6/5 سانتی متر و تقریبا یک و نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول 6- نتایج اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ ماسه شسته (cm)	اسلامپ ماسه نشسته اصلاح شده (cm)
1به7	0	0
1به6	0/4	0/3
1به5	0/5	5/5
1به4	1/5	1.5
1به3	4/5	6/5

3-5- آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه شسته نشده

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه شسته نشده با دانه‌بندی شکل 1 و باضریب نرمی 4/56 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/7 باشد، زیرا در نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 رطوبت ماسه و سیمان کم بود نمی‌توانست از این درصد وزنی استفاده نمود بنابراین نسبت وزنی آب به سیمان را 0/7 درنظر میگیریم. به نتایج زیر طبق جدول شماره 7 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از 0 سانتی متر شروع و در نهایت به 7/5 سانتی متر رسید.

جدول 7- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم (درصد وزنی آب به سیمان 0/7)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0
1به 6	29/5	0/4
1به 5	29/5	0/5
1به 4	29/5	1/7
1به 3	29/5	7/5

3-6- آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه شسته نشده اصلاح شده

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه شسته نشده اصلاح شده با دانه‌بندی شکل 1 و باضریب نرمی 4/56 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/7 باشد، زیرا در نسبت وزنی آب به سیمان 0.6 رطوبت ماسه و سیمان کم بود نمی‌توانست از این درصد وزنی استفاده نمود بنابراین نسبت وزنی آب به سیمان را 0/7 درنظر میگیریم. به نتایج زیر طبق جدول شماره 8 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از 0 سانتی متر شروع و در نهایت به 5/5 سانتی متر رسید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 8- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم (درصد آب به سیمان 0/7)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0
1به 6	29/5	0
1به 5	29/5	0
1به 4	29/5	0/7
1به 3	29/5	5/5

3-7- آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری

با توجه به آزمایش های انجام گرفته در آزمایشگاه دکتر فرهودی گروه مهندسی آب به نتایج مربوطه در جداول (3-4) تا (3-7) دست یافتیم.

3-8- آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری برای ماسه شسته

در انجام آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری و ماسه ی شسته با دانه‌بندی شکل 1 و باضریب نرمی 4/90 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/6 باشد، به نتایج زیر طبق جدول 9 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از 0 سانتی متر شروع و در نهایت به 4/5 سانتی متر رسید.

جدول 9- اسلامپ در ماسه شسته با پساب فاضلاب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0
1به 6	29/5	0/4
1به 5	29/5	0/5
1به 4	29/5	1/5
1به 3	29/5	4/5

3-9- آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری برای ماسه شسته نشده

در انجام آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری و ماسه ی شسته نشده با دانه‌بندی شکل 1 و باضریب نرمی 4/5 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/7 باشد، به نتایج زیر طبق جدول 10 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از 0/3 سانتی متر شروع و در نهایت به 14 سانتی متر رسید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول10- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده با پساب فاضلاب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0/3
1به 6	29/5	0/5
1به 5	29/5	0/8
1به 4	29/5	2/5
1به 3	29/5	14

3-10- آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری برای ماسه شسته نشده اصلاح شده

در انجام آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری و ماسه ی شسته نشده اصلاح شده با دانه‌بندی شکل 1 و باضریب نرمی 4/5 و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر 0/7 باشد، به نتایج زیر طبق جدول 11 دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ 29/5 سانتی متر در نظر گرفته شد ونسبت های وزنی نیز از 1 به 7 تا 1به 3 در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از 0 سانتی متر شروع و در نهایت به 6/5 سانتی متر رسید.

جدول 11- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب فاضلاب شهری (درصد آب به سیمان 0/7)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
1به 7	29/5	0
1به 6	29/5	/3
1به 5	29/5	0/5
1به4	29/5	1
1به 3	29/5	6/5

4- نتایج

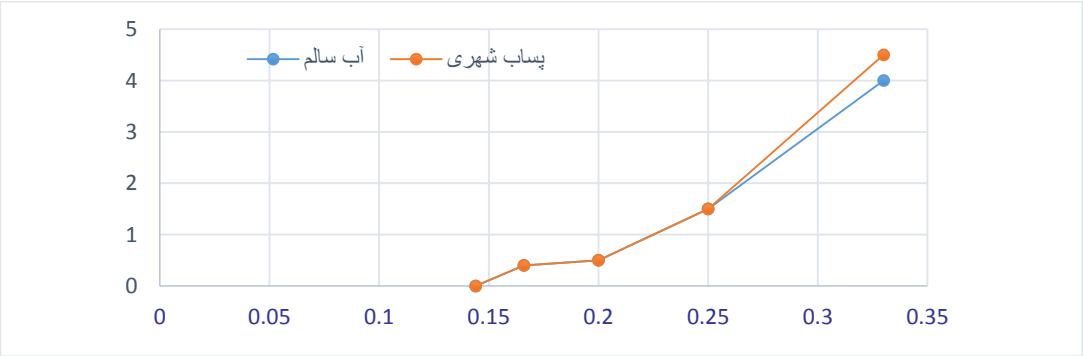
4-1- اسلامپ ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری

با توجه به آزمایشات انجام گرفته شده درماسه شسته با آب سالم و پساب شهری، با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 به نتایج مورد نظر در جدول 12 دست یافتیم، می‌توان گفت که در این آزمایشات میزان اسلامپ بدست آمده طبق شکل 5 ناچیز بوده و تقریبا برابر صفر می باشد. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از 0 سانتی متر تا 4 سامنتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از 0 تا 4/5 سانتی متر و تقریبا نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول 12- نتایج اسلامپ در ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری (نسبت وزنی آب به سیمان 0/6)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ باآب سالم cm	اسلامپ در پساب شهری (cm)
1به 7	0	0
1به6	0/4	0/4
1به5	0/5	0/5
1به4	1/5	1.5
1به3	4	4/5

www.SID.ir



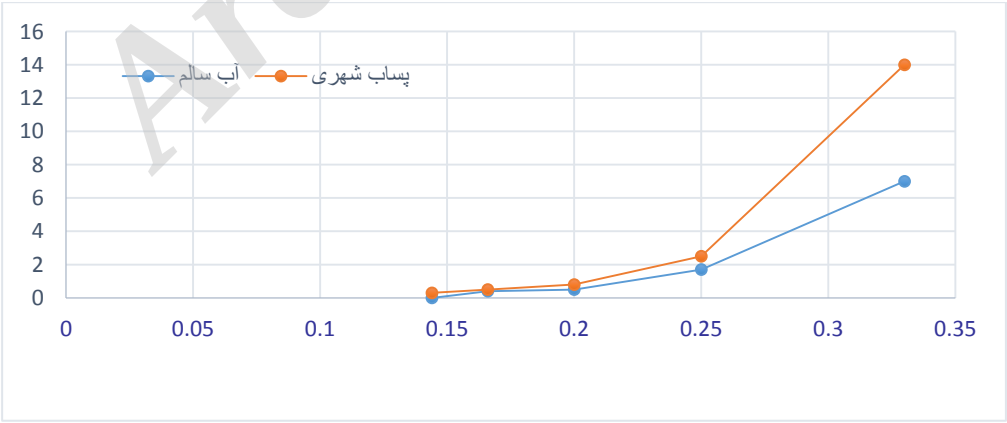
شکل 5- نتایج اسلامپ در ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری

4-2- اسلامپ ماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری

با توجه به آزمایشات انجام شده درماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری، با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 در نسبت وزنی سیمان به سخت دانه 1 به 7 الی 1 به 3 بدلیل وجود ریز دانه های سیلتی و رسی در ماسه نشسته آب کافی برای تشکیل اسلامپ نبود در نتیجه نسبت وزنی آب به سیمان 0/7 را در نظر گرفتیم که به نتایج مورد نظر درجدول 13 دست یافتیم، می‌توان گفت که در این آزمایشات میزان اسلامپ بدست آمده طبق شکل 6 می باشد. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از 0 سانتی متر تا 7 سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از 0/3 تا 14 سانتی متر و تقریبا نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.که تغییرات با پساب شهری بسیار زیاد و چشمگیر می باشد

جدول 13- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ باآب سالم cm	اسلامپ در پساب شهری (cm)
1به7	0	0/3
1به6	0/4	0/5
1به5	0/5	0/8
1به4	1/7	2/5
1به3	7	14



شکل 6- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری

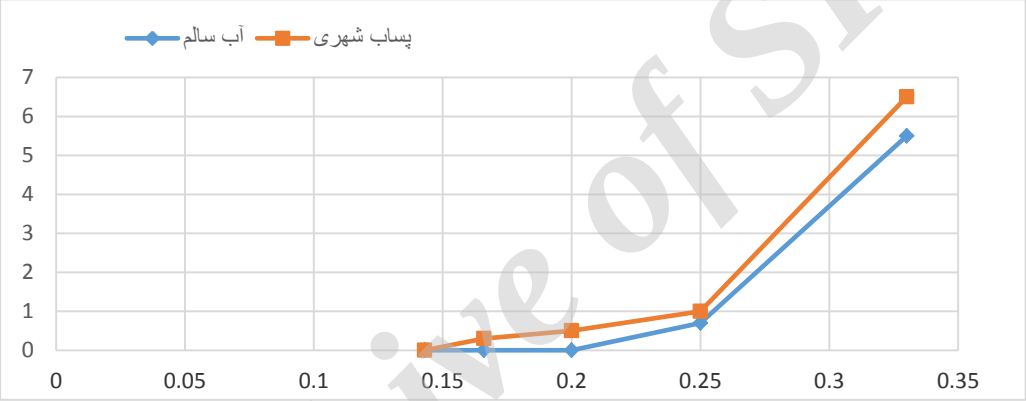
4-3- اسلامپ ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم و پساب شهری

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به آزمایشات انجام شده درماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم و پساب شهری، با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 در نسبت های وزنی سیمان به سخت دانه 1 به 7 الی 1 به 3 بدلیل وجود ریز دانه های سیلتی و رسی در ماسه شسته نشده اصلاح شده آب کافی برای تشکیل اسلامپ نبود در نتیجه نسبت وزنی آب به سیمان 0/7 را در نظر گرفتیم که به نتایج مورد نظر در جدول (3-11) دست یافتیم، می‌توان گفت که در این آزمایشات میزان اسلامپ بدست آمده طبق شکل 7 می باشد. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از 0 سانتی متر تا 5/5 سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از 0 تا 6/5 سانتی متر.

جدول 14- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشدهاصلاح شده با آب سالم و پساب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ باآب سالم cm	اسلامپ در پساب شهری (cm)
1به7	0	0
1به6	0	0/3
1به5	0	0/5
1به4	0/7	1
1به3	5/5	6/5



شکل 7- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم و پساب شهری

4-4- اسلامپ ماسه شسته وماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6

با توجه به نتایج آزمایشات (4-8-1) و (4-8-3) به این نتیجه می رسیم که درماسه نشسته با ضریب نرمی 4/90 و ماسه شسته نشده اصلاح شده با ضریب نرمی 4/56 و با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 با آب سالم و پساب شهری به نتایج جدول 15 رسیدیم که در این آزمایش ها میزان اسلامپ (حد روانی بتن) بدلیل نبود رطوبت کافی برای تشکیل اسلامپ صفر بود دست یافتیم. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم و پساب شهری بدون تغییر بوده است.

جدول 15- نتایج اسلامپ ماسه شسته وماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ ماسه نشسته (cm)	اسلامپ ماسه نشسته اصلاح شده (cm)
1به7	0	0
1به6	0	0
1به5	0	0
1به4	0	0
1به3	0	0

Archive of SID
www.SID.ir

4-5- اسلامپ ماسه شسته وماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم

با توجه به نتایج آزمایشات (4-8-1) و (4-8-3) به این نتیجه می رسیم که درماسه شسته با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 و ضریب نرمی 4/56 و درماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان 0/7 و ضریب نرمی 4/50 با آب سالم به نتایج جدول 16 رسیدیم که در این آزمایش ها میزان اسلامپ (حد روانی بتن) حدودآ کمتر از ده درصد دست یافتیم. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از 0 سانتی متر تا 4 سامنتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از 0 تا 5/5 سانتی متر و تقریبا نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول 16- نتایج اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ ماسه شسته (cm)	اسلامپ ماسه نشسته اصلاح شده (cm)
1به7	0	0
1به6	0/4	0
1به5	0/5	0
1به4	1/5	0/7
1به3	4	5/5

4-6- اسلامپ ماسه شسته وماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب شهری

با توجه به نتایج آزمایشات (4-8-1) و (4-8-3) به این نتیجه می رسیم که درماسه شسته با نسبت وزنی آب به سیمان 0/6 و ضریب نرمی 4/56 و درماسه نشسته اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان 0/7 و ضریب نرمی 4/50 با آب پساب شهری به نتایج جدول 17 رسیدیم که در این آزمایش ها میزان اسلامپ (حد روانی بتن) حدودآ کمتر از ده درصد دست یافتیم. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از 1به 7 تا 1به 3 ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از 0 سانتی متر تا 4/5 سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از 0 تا 6/5 سانتی متر و تقریبا یک و نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول 17- نتایج اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ ماسه شسته (cm)	اسلامپ ماسه نشسته اصلاح شده (cm)
1به7	0	0
1به6	0/4	0/3
1به5	0/5	5/5
1به4	1/5	1.5
1به3	4/5	6/5

5- نتیجه‌گیری

ارزیابی چرخه‌عمر، ابزاری کارا و توانمند در حوزه ارزیابی زیست‌محیطی است، اما در این تحقیق به دلیل محدودیت اطلاعات درارتباط با ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم و نیز اثرات هریک از آن‌ها، صرفا اثرات زیست‌محیطی مربوط به پدیده گرمایش جهانی مورد مطالعه قرارگرفت. براساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد منابع آب نامتعارف در صنعت بتن، به عنوان یک صنعت پرمصرف در جهان از نظر مصرف منابع آب، می تواند از جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی توجیه‌پذیر باشد. کاربرد پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در تولید بتن غیرمسلح، نه‌تنها باعث بهبود بعضی از شاخص‌های عملکردی بتن از قبیل کارایی و مقاومت فشاری می‌شود، بلکه امکان صرفه‌جویی در مصرف منابع آب تازه و مدیریت منابع آبی موجود را فراهم

Archive of SID

www.SID.ir

می‌آورد. از سوی دیگر، با جایگزینی آب اختلاط با پساب در هر میلیون مترمکعب بتن غیرمسلح، می توان در حدود 100 مگاوات‌ساعت در مصرف برق صرفه‌جویی کرد و نیز از انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان 90 مگاتن معادل CO_2 جلوگیری نمود. نکته مهم در کاربرد پساب به عنوان آب اختلاط، رعایت موارد بهداشتی توسط کارگران و افراد در معرض پساب است که بایستی آموزش و کنترل در این خصوص صورت پذیرد. در این پژوهش با استفاده از آزمایشات انجام شده از درصد های سیمان به سخت دانه 1به 7 تا 1به 3 در ماسه ی شسته و نشسته و ماسه ی نشسته اصلاح شده که نسبت آب به سیمان در ماسه ی شسته 6/. بوده و میزان اختلاف اسلامپ با آب سالم و پساب شهری بوجود امده ناچیز بوده ومیزان آب مورد نظر بدلیل پایین بودن درصد آب در ماسه ی نشسته از 0/7 استفاده شده است که میزان اختلاف یا حد روانی بتن در آب سالم وپساب فاضلاب شهری زیاد می باشد ولی در ماسه ی نشسته ی اصلاح شده با توجه به دانه‌بندی های انجام شده حد اختلاف اسلامپ (روانی بتن) تقریبا در آب سالم وفاضلاب شهری نزدیک یا برابر با هم می باشد و می‌توان بیان کرد که حد روانی یا اسلامپ ماسه ی شسته و نشسته ی اصلاح شده با آب سالم و پساب فاضلاب با درصدهای میزان آب در ماسه ی شسته 0/6 و در ماسه ی نشسته ی اصلاح شده 0/7 ناچیز می باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه ی حسین حسین دوخت و همکاران در سال 1395 با عنوان مزایای زیست‌محیطی کاربرد پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در تولید بتن غیرمسلح (مطالعه موردی؛ کاربرد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اولنگ مشهد) همخوانی دارد ودر یک راستا می باشد. همچنین نتایج این پژوهش در راستای پژوهش های انجام شده توسط محققینی مانند مهردادی و همکاران (1388)، نجیبی و همکاران (1389) .همچنین لی و همکاران (2001) می باشند و با نتایج محقیقن دیگر مانند استاک (2011)، میرونگ (2013)، عبدی و همکاران (1395) و روستایی وهمکاران (1390) همخوان نمی باشد وبه نحوی متناقض هم می باشند.

5-1- پیشنهادات

1. پیشنهاد می شود که اثر پساب فاضلاب شهری بر روی بتن غیر مسلح بررسی گردد.
2. پیشنهاد می شود که اثرات پساب فاضلاب شهری بر مقاومت آجر فشاری بررسی گردد.
3. پیشنهاد می شود که اثرات پساب فاضلاب شهری بر تخریبات زیست محیطی بررسی گردد.

6- مراجع

1. حکیمی، ک؛ مهدوی؛ ب و رسولی. د. (1392). بررسی پساب شهری وروستایی و کارایی آنها در ساخت وتولید بتن. سومین کنگره مهندسی عمران . تهران.

2. رزاقی،م؛ منصوری، ل. (1394). تولیید بتن مسلح وغیر مسلح از پساب شهری و روستایی. دومین کنفرانس مهندسی عمران. دانشگاه شیراز پاییز 1394.

3. سبحانی، ج. رحمانی.ف. رشیدی. م. (1389). بررسی فنی و اقتصادی کاربرد بتن خود تراکم در قطعات منهول های شبکه فاضلاب شیراز. مجله شیمیایی بتن پلاست. دوره3.

4. قلهی ، م. همکاران (1396). کاربرد پساب شهری و وروستایی در تهیه وتولید بتن. مجله دانشگاه تربیت مدرس. شماره14.

5. محمودی، ک. مهردادی، ن. نبی بید هندی، غ. فلاح نزاد، م. گل بابایی کوتنایی، ف. (1396). بررسی مقایسه ی کاربری پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب صنعتی با رویکرد مصرف انرژی، بازیافت آب. دوره ی 2. شماره 3

6. مهردادی، ن. اکبریان، ا و حق الهی، ع. (1388) استفاده از پساب تصفیه شده شهری در تهیه ونگهداری بتن. مجله محیط شناسی ، سال سی وپنج، شماره5،

7. نجیبی، ع؛ ایراجیان، م. (1389). طراحی و کنترل مخلوط های بتن. دانشگاه صنعتی شریف. انتشارات علم.

8. ASTM C33. (2012). Standard specification for concrete aggregates. Philadelphia American Society for Testing and Materials.

9. I ken Brea Duss Drof, N.,Makul.(2015). . Effect of sludge water from ready-mixed concrete plant on properties and durability of concrete. Elsevier, Cement & Concrete Composites 28 - 441–45.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Lee,O.S., M.R.,Salim, M.,Ismail, A.,Imtiaj.2001. Reusing treated effluent in concrete technology. Journal Technology, 34(F) Jun 2001: 1–10.

Archive of SID

www.SID.ir