



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

سامان رحیمی<sup>۱\*</sup>، نورعلی حق دوست<sup>۲</sup>، رسول ایلخانی پور<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی

۲- هیئت علمی دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی

۳- هیئت علمی دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی

\*Samanrahimi1369@gmail.com

ارسال: دی ماه ۹۷ پذیرش: بهمن ماه ۹۷

### چکیده

کارایی بتن را می توان 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 مهم ترین پارامترهای تأثیرگذار در کارایی بتن را می توان مقدار آب در مخلوط بتن، مقدار سیمان، دانه بندی سخت دانه، دمای مخلوط بتن و رطوبت محیط دانست. هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر روی کارایی بتن با دانه بندی 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 جنبه های مختلف زیست محیطی توجیه پذیر باشد. کاربرد پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهری در تولید بتن غیرمسلح، نه تنها باعث بهبود بعضی از شاخص های عملکردی بتن از قبیل کارایی و مقاومت فشاری می شود، بلکه امکان صرفه جویی در مصرف منابع آب تازه و مدیریت منابع آبی موجود را فراهم می آورد.

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

### ۱- مقدمه

با توجه به تمایل به افزایش جمعیت در کشور و به فرض نائل شدن به آن و بر اساس جمعیت ۱۰۰ میلیون نفر در ده سال آینده، می توان تحلیل کرد برای توسعه همه جانبه بر اساس اطلاعات و داده های در دسترس به سرانه آب حدود ۲۰۰۰ مترمکعب نیاز است که برای جمعیت مورد اشاره حدود ۲۰۰ میلیارد مترمکعب در سال خواهد بود اما در حال حاضر میزان آب تجدید پذیر در کشور حدود ۱۲۰ میلیارد مترمکعب است که نشانگر کمبود آبی حدود ۸۰ میلیارد مترمکعب برای توسعه کشور است. با فرض جمع آوری و تصفیه فاضلاب های اجتماعات شهری، سالیانه حدود ۶ میلیارد مترمکعب آب نامتعارف وجود خواهد داشت که

حدود ۷-۸ درصد کمبود از این پیش گفته است. اما این میزان آب نامتعارف تأمین کننده حدود ۷۰ 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 [۱].

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. به‌طور معمول افزایش مقدار آب و سیمان و ماسه باعث کارایی بتن می‌گردد. برای اندازه‌گیری تعیین هم‌ای ابعاد کارایی بتن تاکنون هیچ روش مشخصی ابداع نشده است اما از آنجا که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کارایی بتن روانی (شلی و سفتی) بتن است که می‌توان از آزمایش اسلامپ، کارایی انواع بتن را ارزیابی نمود [۲].

یکی از پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت بتن دمای بتن می‌باشد. از آنجا که واکنش هیدراسیون سیمان یک واکنش شیمیایی نسبتاً کند می‌باشد درجا حرارت بتن در هر مرحله از عمر آن در روند 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، ۱۳۸۸). آبرگیری 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 مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که کیفیت آب در خواص مصالح حاکی مورد استفاده تأثیر می‌گذارد، لذا می‌توان از این پارامتر در برابر شاخص بسیار مهم مقاومت فشاری از لحاظ کاربرد آجر در دیوارهای باربر، دقت نمود [۳].

تمام ناخالصی‌ها ممکن است بر خواص بتن اثر منفی نداشته باشد ترکیبات شیمیایی موجود در آب ممکن است در واکنش‌های شیمیایی شرکت کند و در نتیجه بر تنظیمات، سخت شدن و کارایی آن تأثیر بگذارد [۳].

حدود ۸۰ 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 [۴]. محمدی و شادمند (۱۳۹۲) [۵] 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:

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

در حال حاضر طراحی و ساخت بتن بیشتر به صورت تجربی مطرح بوده است و در این مطالعه با استفاده از آزمایش اسلامپ عملکرد کارایی بتن با پساب شهری مورد مطالعه 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 به صورت بحران درآمده است. کشور ما با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک آن از آب‌های شیرین بهره کمی برده است. 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 مورد توجه قرار گرفته است. (عابدکوپایی و همکاران، ۱۳۹۴). فاضلاب شهری به‌طور معمول حدوداً ۴۰۰ میلی گرم در لیتر مواد آلی دارد. بعد از آنکه فاضلاب وارد سیستم تصفیه می‌شود، غلظت مواد آلی آن تا ۲۰ میلی گرم کاهش می‌یابد و این مقدار کمتر از آن است که بتواند اثر محسوس روی مقاومت بتن بگذارد. جهت امکان‌سنجی استفاده از فاضلاب شهری بعد از تصفیه (به‌عنوان آب اختلاط بتن) بلوک‌های مکعبی بتن با ابعاد  $15 \times 15 \times 15$  سانتیمتر با پساب خروجی از واحدهای اولیه، ثانویه و تکمیلی، تهیه شده و مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه آن‌ها با مقاومت فشاری بتن تهیه شده از آب آشامیدنی مقایسه می‌شود. مطابق استانداردهای آمریکا (AC) و انگلستان B.S در صورتی که کاهش مقاومت بتن تهیه شده از پساب کمتر از ۱۰ درصد مقاومت بتن تهیه شده از آب آشامیدنی باشد، پساب مورد استفاده برای اختلاط بتن قابل قبول است. به‌منظور بررسی تأثیر ناخالصی‌های آب نگهداری، روی گیرش و کسب مقاومت بتن، تعدادی از بلوک‌های بتنی به مدت ۷ و ۲۸ روز در پسابی نگهداری شده‌اند که به‌عنوان آب اختلاط مورد استفاده قرار گرفته است. پساب خروجی جهت سنجش کیفیت در آزمایشگاه تحت آنالیز قرار گرفته 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 در صورتی که 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 تهیه شده از آب آشامیدنی کمتر از ۱۰ درصد خواهد بود و روی مقاومت ۷ روزه بتن تأثیر محسوس تری نسبت به مقاومت ۲۸ روزه بتن می‌گذارد (مهردادی و همکاران، ۱۳۸۸) 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 هیچ کدام 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 گفته شده آزمایش اسلامپ برای کنترل کارگاهی و تغییرات پیمانانه به پیمانانه و ساعت به ساعت مصالح مصرفی در بتن بسیار مفید است [۶].

## ۲- 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 می‌باشد. در راستای تحقق اهداف این تحقیق آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک کاربردی دکتر فرهودی، گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شده است.

### ۲-۱- وسایل آزمایش

قالب باید از ورق فلزی به ضخامت حداقل ۵/۱ میلیمتر و با سطح داخلی کاملاً 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  $40 \times 40$  یا  $50 \times 50$  سانتی‌متر، یک مخروط فلزی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که قطر بالای آن ۱۰ سانتی‌متر و قطر پایین آن ۲۰ 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، به طوری 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.

## ۲-۲- 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 (۳) 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 ۲۵ 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 ماریچی از محیط به سمت مرکز وارد نمایید. 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 مجدداً مقداری بتن روی آن ریخته و سطح قالب را با میله توسط حرکات اره‌ای و غلطکی صاف کنید اطراف قالب و روی صفحه زیرین را تمیز کرده و قالب را به آرامی و بطور عمودی بالا بکشید. بالا کشیدن قالب باید ظرف ۵ تا ۱۰ 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 ۵ 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 برخوردار نیست

## ۲-۳- نتیجه آزمایش

اسلامپ بتن در این آزمایش با استفاده از فرمول زیر تعیین و به نزدیکترین مضرب ۵ میلیمتر گرد می‌شود:

$$h_m - h_s = \text{اسلامپ}$$

$h_m$  و  $h_s$  به ترتیب عبارتند از ارتفاع قالب و ارتفاع بتن پس از برداشتن قالب بر حسب میلیمتر. چنانچه اسلامپ کمتر از ۱۰ میلیمتر باشد چنین نتیجه گرفته می‌شود که بتن مورد آزمایش دارای روانی مناسب برای انجام آزمایش اسلامپ نمی‌باشد

## ۲-۴- 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 می‌گردد. متناظر با هر محدودی اسلامپ، وضعیتی از درجه ی کارایی تعریف می‌شود. اسلامپ ۲۵ mm - ۰ به عنوان درجه کارایی خیلی پایین، اسلامپ ۱۰۰ mm - ۵۰ به عنوان درجه کارایی پایین، اسلامپ ۱۰۰ - ۵۰ به عنوان درجه کارایی متوسط و نهایتاً اسلامپ ۱۸۰ mm - ۱۰۰ به عنوان درجه کارایی معرفی می‌شود. در انتخاب اسلامپ اگر تجربه قبلی موجود نباشد، می‌توان از توصیه‌های زیر استفاده کرد: اسلامپ ۲۵ mm - ۰ برای کف‌ها و جاده‌های بتنی که با ماشین‌های ویرنه اتوماتیک مرتعش می‌شوند، مناسب است. در حد بالایی این محدوده از اسلامپ، ممکن است بتن با ماشین‌های ویرنه کنترل شونده با دست، مرتعش شود.

اسلامپ ۵۰ - ۲۵ mm برای کف ها و جاده های بتنی که با ماشین های ویرنه 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، می توان در بتن ریزی بدون ویرنه فونداسیون ها و یا بتن ریزی همراه با ویرنه مقاطع بتنی با آرماتورکم، استفاده نمود.

اسلامپ ۱۰۰ - ۵۰ 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 ۱۸۰ mm - ۱۰۰ mm برای مقاطعی با آرماتوربندی انبوه و متراکم مناسب است. این محدوده از اسلامپ معمولا برای ویرنه کردن مناسب نیست [۷].

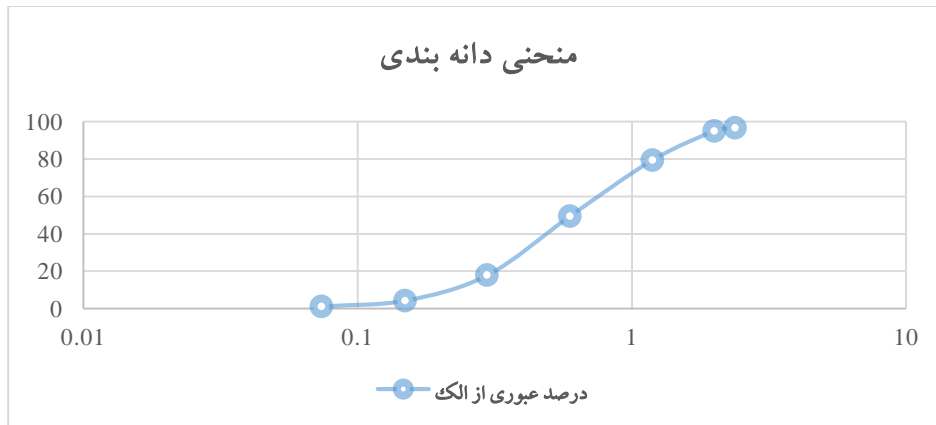
## ۲-۵- مشخصات فنی بتن - اسلامپ

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 ۵۰۵) کنترل می شود و پیمانکاران موظفند بتن موردنظر را بر اساس اسلامپهای خواسته شده در مشخصات فنی خصوصی و نقشه های اجرایی تهیه نمایند بتن هایی که به هنگام ریختن، اسلامپ شان 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 بتن های 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 ۴ گروه سفت، خمیری، شل و آبکی تقسیم می شود که میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات مختلف بر اساس جدول زیر توصیه می گردد [۸]. در تحقیق مد نظر از سه نوع دانه بندی شسته و نشسته و ماسه نشسته اصلاح شده استفاده گردیده است که به شرح شکل ۱ تا ۳ می باشد.

جدول ۱- دانه بندی 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		

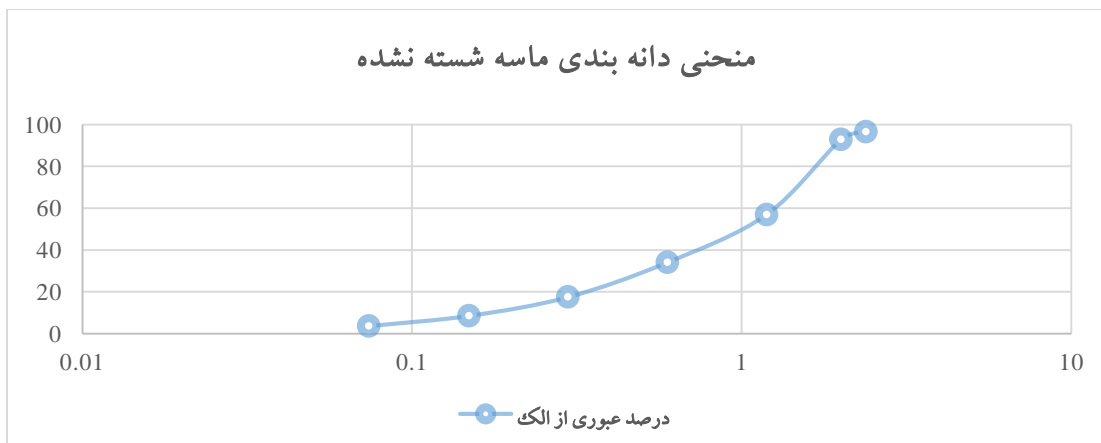
با توجه به جدول ۱ ضریب نرمی ماسه شسته ۴/۵ و ضریب نرمی ماسه نشسته با توجه به جدول ۲، ۴/۹۰ و ضریب نرمی ماسه نشسته اصلاح شده با توجه به جدول ۳، ۴/۵۶ میباشد. حال با توجه به دانه بندی های انجام شده ضریب نرمی ماسه شسته و ماسه اصلاح شده نشسته تقریبا برابر و به حدود صفر درصد اختلاف معنی داری رسید.



شکل ۱- دانه بندی ماسه شسته

جدول ۲- دانه بندی ماسه شسته نشده

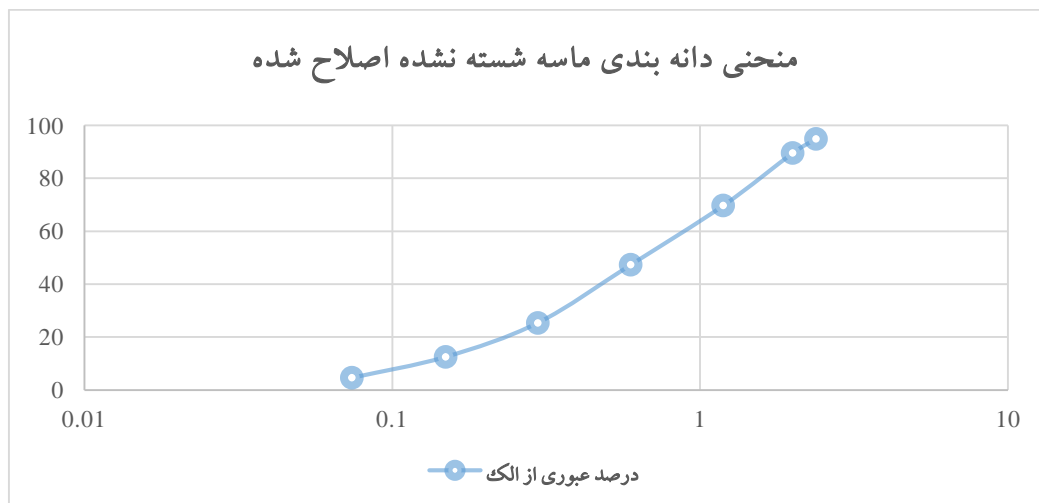
شماره الک	قطر سوراخ	وزن باقی	درصد باقی روی هر الک	تجمع درصد باقی
8	2.38	33	3.510638298	3.510638298
10	2	35	3.723404255	7.234042553
16	1.19	337	35.85106383	43.08510638
30	0.595	215	22.87234043	65.95744681
50	0.297	156	16.59574468	82.55319149
100	0.149	84	8.936170213	91.4893617
200	0.074	46	4.893617021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



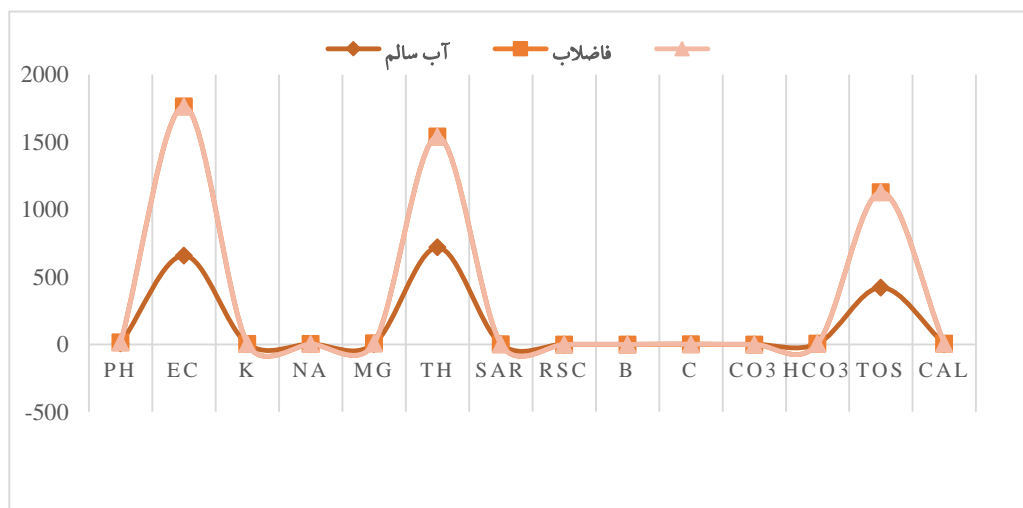
شکل ۲- شکل دانه بندی ماسه شسته نشده

جدول ۳- دانه بندی 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 ۳- شکل دانه بندی ماسه نشسته اصلاح شده



شکل ۴- شکل تجزیه آب استفاده شده در پژوهش

## ۲-۶- منبع تأمین پساب فاضلاب شهری و آب آشامیدنی

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 ۴ آمده است.

### ۳- یافته ها

#### ۳-۱- آزمایش اسلامپ با آب سالم

با توجه به آزمایش های انجام گرفته در آزمایشگاه دکتر فرهودی گروه مهندسی آب به نتایج مربوطه در جداول ۱ تا ۳ دست یافتیم.

#### ۳-۲- آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه شسته

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه ی شسته با دانه بندی جدول ۴ و باضریب نرمی  $4/5$  و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر  $0/6$  باشد، به نتایج زیر طبق جدول شماره ۴ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ  $29/5$  سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از صفر سانتی متر شروع و در نهایت به ۴ سانتی متر رسید.

جدول ۴- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته با آب سالم

افت اسلامپ (cm)	اندازه اسلامپ (cm)	نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)
۰	۲۹/۵	۷ به ۱
۰/۴	۲۹/۵	۶ به ۱
۰/۵	۲۹/۵	۵ به ۱
۱/۵	۲۹/۵	۴ به ۱
۴	۲۹/۵	۳ به ۱

#### ۳-۳- آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه نشسته

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه ی شسته نشده با دانه بندی جدول ۴ فصل سوم و باضریب نرمی  $4/90$  و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر  $0/6$  باشد، به نتایج زیر طبق جدول شماره ۵ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ  $29/5$  سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از ۰ سانتی متر شروع و در نهایت بدون هیچ افت اسلامی کار پایان یافت.

جدول ۵- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم (با نسبت آب به سیمان  $0/6$ )

افت اسلامپ (cm)	اندازه اسلامپ (cm)	نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)
۰	۲۹/۵	۷ به ۱
۰	۲۹/۵	۶ به ۱
۰	۲۹/۵	۵ به ۱

#### ۳-۴- اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب شهری

با توجه به نتایج آزمایشات به این نتیجه می رسیم که در ماسه شسته با نسبت وزنی آب به سیمان  $0/6$  و ضریب نرمی  $4/56$  و در ماسه نشسته اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان  $0/7$  و ضریب نرمی  $4/50$  با آب پساب شهری به نتایج جدول ۶ 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 ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از ۰ سانتی متر تا  $4/5$  سانتی



متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از ۰ تا ۶/۵ سانتی متر و تقریباً یک و نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول ۶- 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 نشده اصلاح شده (cm)
۷ به ۱	۰	۰
۶ به ۱	۰/۴	۰/۳
۵ به ۱	۰/۵	۵/۵
۴ به ۱	۱/۵	۱/۵
۳ به ۱	۴/۵	۶/۵

### ۳-۵- آزمایش اسلامپ با آب سالم برای ماسه شسته نشده

در انجام آزمایش اسلامپ با آب سالم و ماسه شسته نشده با دانه بندی شکل ۱ و با ضریب نرمی ۴/۵۶ و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر ۰/۷ باشد، زیرا در نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶ رطوبت ماسه و سیمان کم بود نمی توانست از این درصد وزنی استفاده نمود بنابراین نسبت وزنی آب به سیمان را ۰/۷ در نظر میگیریم. به نتایج زیر طبق جدول شماره ۷ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ ۲۹/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از ۰ سانتی متر شروع و در نهایت به ۷/۵ سانتی متر رسید.

جدول ۷- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم (درصد وزنی آب به سیمان ۰/۷)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
۷ به ۱	۲۹/۵	۰
۶ به ۱	۲۹/۵	۰/۴
۵ به ۱	۲۹/۵	۰/۵
۴ به ۱	۲۹/۵	۱/۷
۳ به ۱	۲۹/۵	۷/۵

### ۳-۶- 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 دانه بندی شکل ۱ و با ضریب نرمی ۴/۵۶ و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر ۰/۷ باشد، زیرا در نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶ رطوبت ماسه و سیمان کم بود نمی توانست از این درصد وزنی استفاده نمود بنابراین نسبت وزنی آب به سیمان را ۰/۷ در نظر میگیریم. به نتایج زیر طبق جدول شماره ۸ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ ۲۹/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از ۰ سانتی متر شروع و در نهایت به ۵/۵ سانتی متر رسید.

جدول ۸- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم (درصد آب به سیمان ۰/۷)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
۷ به ۱	۲۹/۵	۰
۶ به ۱	۲۹/۵	۰
۵ به ۱	۲۹/۵	۰
۴ به ۱	۲۹/۵	۰/۷
۳ به ۱	۲۹/۵	۵/۵

### ۳-۷- 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 (۳-۴) تا (۳-۷) دست یافتیم.

### ۳-۸- آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری برای ماسه شسته

در انجام آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری و ماسه ی شسته با دانه بندی شکل ۱ و با ضریب نرمی ۴/۹۰ و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر ۰/۶ باشد، به نتایج زیر طبق جدول ۹ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ ۲۹/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از ۰ سانتی متر شروع و در نهایت به ۴/۵ سانتی متر رسید.

جدول ۹- اسلامپ در ماسه شسته با پساب فاضلاب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
۷ به ۱	۲۹/۵	۰
۶ به ۱	۲۹/۵	۰/۴
۵ به ۱	۲۹/۵	۰/۵
۴ به ۱	۲۹/۵	۱/۵
۳ به ۱	۲۹/۵	۴/۵

### ۳-۹- آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری برای ماسه شسته نشده

در انجام آزمایش اسلامپ با پساب فاضلاب شهری و ماسه ی شسته نشده با دانه بندی شکل ۱ و با ضریب نرمی ۴/۵ و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر ۰/۷ باشد، به نتایج زیر طبق جدول ۱۰ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ ۲۹/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از ۰/۳ سانتی متر شروع و در نهایت به ۱۴ سانتی متر رسید.

جدول ۱۰- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده با پساب فاضلاب شهری

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
۷ به ۱	۲۹/۵	۰/۳
۶ به ۱	۲۹/۵	۰/۵
۵ به ۱	۲۹/۵	۰/۸
۴ به ۱	۲۹/۵	۲/۵
۳ به ۱	۲۹/۵	۱۴

### ۳-۱۰- 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 دانه بندی شکل ۱ و باضریب نرمی ۴/۵ و با نسبت وزنی آب به سیمان برابر ۰/۷ باشد، به نتایج زیر طبق جدول ۱۱ دست یافت. همان طور که مشاهده می گردد اندازه اسلامپ ۲۹/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد و نسبت های وزنی نیز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ در نظر گرفته شدند همان طور که ملاحظه می شود افت اسلامپ از ۰ سانتی متر شروع و در نهایت به ۶/۵ سانتی متر رسید.

جدول ۱۱- نتیجه اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب فاضلاب شهری (درصد آب به سیمان ۰/۷)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اندازه اسلامپ (cm)	افت اسلامپ (cm)
۷ به ۱	۲۹/۵	۰
۶ به ۱	۲۹/۵	۰/۳
۵ به ۱	۲۹/۵	۰/۵
۴ به ۱	۲۹/۵	۱
۳ به ۱	۲۹/۵	۶/۵

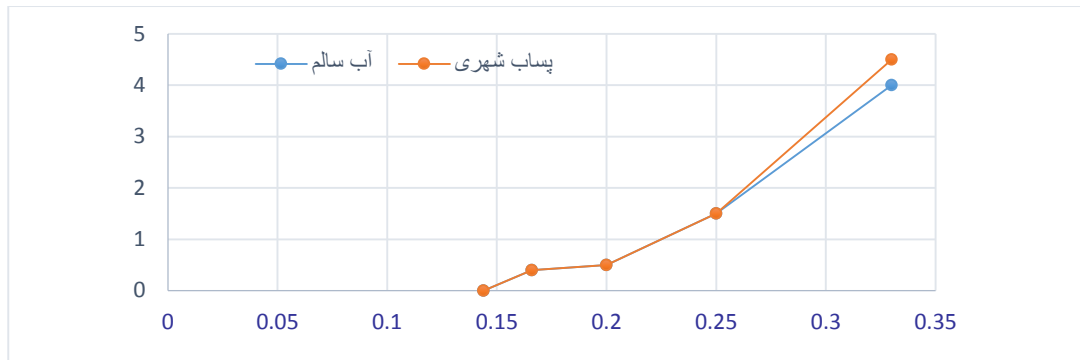
### ۴- نتایج

#### ۴-۱- اسلامپ ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری

با توجه به آزمایشات انجام گرفته شده در ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری، با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶ به نتایج مورد نظر در جدول ۱۲ دست یافتیم، می توان گفت که در این آزمایشات میزان اسلامپ بدست آمده طبق شکل ۵ ناچیز بوده و تقریباً برابر صفر می باشد. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از ۰ سانتی متر تا ۴ سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از ۰ تا ۴/۵ سانتی متر و تقریباً نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول ۱۲- نتایج اسلامپ در ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری (نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶)

نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)	اسلامپ با آب سالم cm	اسلامپ در پساب شهری (cm)
۷ به ۱	۰	۰
۶ به ۱	۰/۴	۰/۴
۵ به ۱	۰/۵	۰/۵
۴ به ۱	۱/۵	۱/۵
۳ به ۱	۴	۴/۵



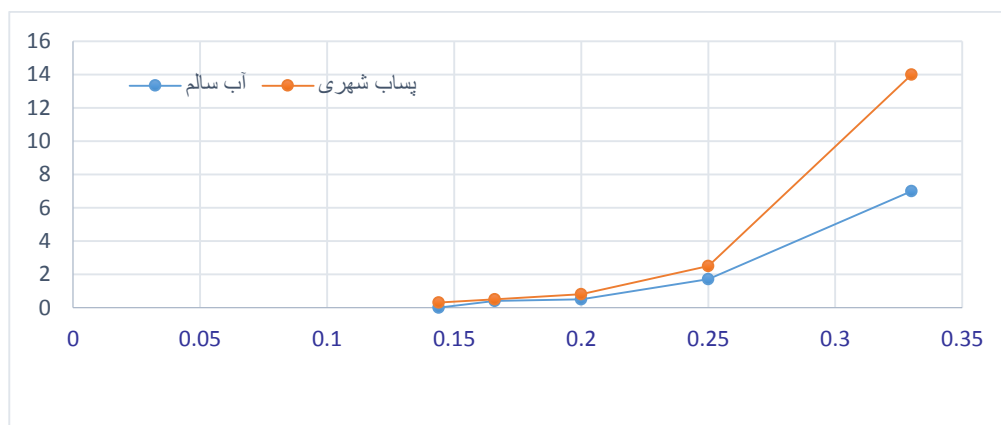
شکل ۵- نتایج اسلامپ در ماسه شسته با آب سالم و پساب شهری

#### ۴-۲- اسلامپ ماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری

با توجه به آزمایشات انجام شده در ماسه 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 در جدول ۱۳ دست یافتیم، می توان گفت که در این آزمایشات میزان اسلامپ بدست آمده طبق شکل ۶ می باشد. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از  $1$  به  $7$  تا  $1$  به  $3$  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 تقریباً نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است. که تغییرات با پساب شهری بسیار زیاد و چشمگیر می باشد

جدول ۱۳- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری

اسلامپ در پساب شهری (cm)	اسلامپ با آب سالم cm	نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)
$0/3$	$0$	$7$ به $1$
$0/5$	$0/4$	$6$ به $1$
$0/8$	$0/5$	$5$ به $1$
$2/5$	$1/7$	$4$ به $1$
$14$	$7$	$3$ به $1$



شکل ۶- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده با آب سالم و پساب شهری

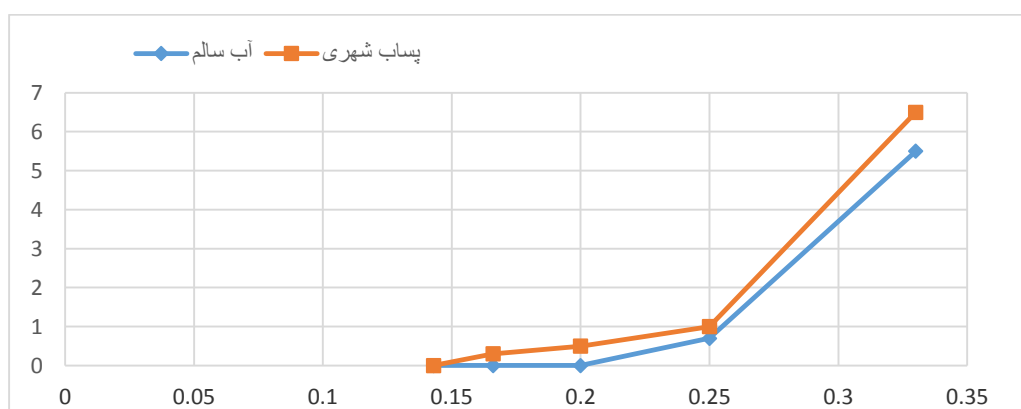
#### ۴-۳- اسلامپ ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم و پساب شهری

با توجه به آزمایشات انجام شده در ماسه 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 ۰/۷ را در نظر گرفتیم که به نتایج مورد نظر در جدول (۱۱-۳) دست یافتیم، می توان گفت که در این آزمایشات میزان اسلامپ بدست آمده طبق شکل ۷ می باشد. برابر جدول زیر مشاهده می شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از ۷ به ۱ تا ۳ به ۱ ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از ۰ سانتی متر تا ۵/۵ سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از ۰ تا ۶/۵ سانتی متر.

جدول ۱۴- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم و پساب شهری

اسلامپ در پساب شهری (cm)	اسلامپ با آب سالم cm	نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)
۰	۰	۷ به ۱
۰/۳	۰	۶ به ۱
۰/۵	۰	۵ به ۱
۱	۰/۷	۴ به ۱
۶/۵	۵/۵	۳ به ۱



شکل ۷- نتایج اسلامپ در ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم و پساب شهری

#### ۴-۴- اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶

با توجه به نتایج آزمایشات (۱-۸-۴) و (۳-۸-۴) به این نتیجه می رسیم که در ماسه نشسته با ضریب نرمی ۴/۹۰ و ماسه شسته نشده اصلاح شده با ضریب نرمی ۴/۵۶ و با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶ با آب سالم و پساب شهری به نتایج جدول ۱۵ 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 ۷ به ۱ تا ۳ به ۱ ادامه داشته اسلامپ با آب سالم و پساب شهری بدون تغییر بوده است.

جدول ۱۵- نتایج اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶

اسلامپ ماسه نشسته اصلاح شده (cm)	اسلامپ ماسه نشسته (cm)	نسبت وزنی سیمان به سخت دانه (C/G)
۰	۰	۷ به ۱
۰	۰	۶ به ۱
۰	۰	۵ به ۱
۰	۰	۴ به ۱
۰	۰	۳ به ۱

**۴-۵- اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با آب سالم**

با توجه به نتایج آزمایشات (۱-۸-۴) و (۳-۸-۴) به این نتیجه می‌رسیم که در ماسه شسته با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶ و ضریب نرمی ۴/۵۶ و در ماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۷ و ضریب نرمی ۴/۵۰ با آب سالم به نتایج جدول ۱۶ رسیدیم که در این آزمایش‌ها میزان اسلامپ (حد روانی بتن) حدوداً کمتر از ده درصد دست یافتیم. برابر جدول زیر مشاهده می‌شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از ۰ سانتی متر تا ۴ سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از ۰ تا ۵/۵ سانتی متر و تقریباً نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول ۱۶- 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 نشده اصلاح شده (cm)
۷ به ۱	۰	۰
۶ به ۱	۰/۴	۰
۵ به ۱	۰/۵	۰
۴ به ۱	۱/۵	۰/۷
۳ به ۱	۴	۵/۵

**۴-۶- اسلامپ ماسه شسته و ماسه شسته نشده اصلاح شده با پساب شهری**

با توجه به نتایج آزمایشات (۱-۸-۴) و (۳-۸-۴) به این نتیجه می‌رسیم که در ماسه شسته با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۶ و ضریب نرمی ۴/۵۶ و در ماسه شسته نشده اصلاح شده با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۷ و ضریب نرمی ۴/۵۰ با آب پساب شهری به نتایج جدول ۱۷ رسیدیم که در این آزمایش‌ها میزان اسلامپ (حد روانی بتن) حدوداً کمتر از ده درصد دست یافتیم. برابر جدول زیر مشاهده می‌شود که با توجه به نسبت وزنی سیمان به سخت دانه که از ۱ به ۷ تا ۱ به ۳ ادامه داشته اسلامپ با آب سالم از ۰ سانتی متر تا ۴/۵ سانتی متر تغییرات را دیده است ولی با آب پساب شهری از ۰ تا ۶/۵ سانتی متر و تقریباً یک و نیم سانتی متر بیشتر تغییرات را در خود جای داده است.

جدول ۱۷- 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 نشده اصلاح شده (cm)
۷ به ۱	۰	۰
۶ به ۱	۰/۴	۰/۳
۵ به ۱	۰/۵	۵/۵
۴ به ۱	۱/۵	۱/۵
۳ به ۱	۴/۵	۶/۵

**۵- نتیجه‌گیری**

ارزیابی چرخه عمر، ابزاری کارا و توانمند در حوزه ارزیابی زیست محیطی است، اما در این تحقیق به دلیل محدودیت اطلاعات در ارتباط با ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم و نیز اثرات هر یک از آن‌ها، صرفاً اثرات زیست محیطی مربوط به پدیده گرمایش جهانی مورد مطالعه قرار گرفت. براساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد منابع آب نامتعارف در صنعت بتن، به عنوان یک صنعت پرمصرف در جهان از نظر مصرف منابع آب، می‌تواند از جنبه‌های مختلف زیست محیطی توجیه پذیر باشد. کاربرد پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در تولید بتن غیرمسلح، نه تنها 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. از

سوی دیگر، با جایگزینی آب اختلاط با پساب در هر میلیون مترمکعب بتن غیرمسلح، می توان در حدود ۱۰۰ مگاوات ساعت در مصرف برق صرفه جویی کرد و نیز از انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۹۰ مگاتن معادل CO<sub>2</sub> 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 ۱ به ۷ تا ۳ در ماسه ی شسته و نشسته و ماسه ی نشسته اصلاح شده که نسبت آب به سیمان در ماسه ی شسته ۰/۶ بوده و میزان اختلاف اسلامپ با آب سالم و پساب شهری بوجود آمده ناچیز بوده و میزان آب مورد نظر بدلیل پایین بودن درصد آب در ماسه ی نشسته از ۰/۷ استفاده شده است که میزان اختلاف یا حد روانی بتن در آب سالم و پساب فاضلاب شهری زیاد می باشد ولی در ماسه ی نشسته ی اصلاح شده با توجه به دانه بندی های انجام شده حد اختلاف اسلامپ (روانی بتن) تقریباً در آب سالم و فاضلاب شهری نزدیک یا برابر با هم می باشد و می توان بیان کرد که حد روانی یا اسلامپ ماسه ی شسته و نشسته ی اصلاح شده با آب سالم و پساب فاضلاب با درصد های میزان آب در ماسه ی شسته ۰/۶ و در ماسه ی نشسته ی اصلاح شده ۰/۷ ناچیز می باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه ی حسین حسین دوخت و همکاران در سال ۱۳۹۵ با عنوان مزایای زیست محیطی کاربرد پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب شهری در تولید بتن غیرمسلح (مطالعه موردی؛ کاربرد پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری اولنگ مشهد) همخوانی دارد و در یک راستا می باشد. همچنین نتایج این پژوهش در راستای پژوهش های انجام شده توسط محققینی مانند مهردادی و همکاران (۱۳۸۸)، نجیبی و همکاران (۱۳۸۹)، همچنین لی و همکاران (۲۰۰۱) می باشد و با نتایج محققین دیگر مانند استاک (۲۰۱۱)، میروننگ (۲۰۱۳)، عبدی و همکاران (۱۳۹۵) و روستایی و همکاران (۱۳۹۰) همخوان نمی باشد و به نحوی متناقض هم می باشند.

#### ۵-۱- پیشنهادات

۱. پیشنهاد می شود که اثر پساب فاضلاب شهری بر روی بتن غیر مسلح بررسی گردد.
۲. پیشنهاد می شود که اثرات پساب فاضلاب شهری بر مقاومت آجر فشاری بررسی گردد.
۳. پیشنهاد می شود که اثرات پساب فاضلاب شهری بر تخریبات زیست محیطی بررسی گردد.

#### ۶- مراجع

۱. حکیمی، ک؛ مهدوی؛ ب و رسولی. د. (۱۳۹۲). بررسی پساب شهری و روستایی و کارایی آنها در ساخت و تولید بتن. سومین کنگره مهندسی عمران. تهران.
۲. رزاقی، م؛ منصوری، ل. (۱۳۹۴). تولید بتن مسلح و غیر مسلح از پساب شهری و روستایی. دومین کنفرانس مهندسی عمران. دانشگاه شیراز پاییز ۱۳۹۴.
۳. سبحانی، ج. رحمانی، ف. رشیدی، م. (۱۳۸۹). بررسی فنی و اقتصادی کاربرد بتن خود تراکم در قطعات منهول های شبکه فاضلاب شیراز. مجله شیمیایی بتن پلاست. دوره ۳.
۴. قلهی، م. همکاران (۱۳۹۶). کاربرد پساب شهری و روستایی در تهیه و تولید بتن. مجله دانشگاه تربیت مدرس. شماره ۱۴.
۵. محمودی، ک. مهردادی، ن. نبی بید هندی، غ. فلاح نژاد، م. گل بابایی کوتنایی، ف. (۱۳۹۶). بررسی مقایسه ی کاربری پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب صنعتی با رویکرد مصرف انرژی، بازیافت آب. دوره ی ۲. شماره ۳
۶. مهردادی، ن. اکبریان، ا و حق الهی، ع. (۱۳۸۸) استفاده از پساب تصفیه شده شهری در تهیه و نگهداری بتن. مجله محیط شناسی، سال سی و پنج، شماره ۵،
۷. نجیبی، ع؛ ایراجیان، م. (۱۳۸۹). 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.

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