

## بررسی تاثیر عمل آوری در پساب ناشی از شستشوی کامیون‌های حمل بتن بر خواص مکانیکی بتن معمولی و الیافی

غلامرضا اسدالله فردی<sup>۱</sup>، امیرمسعود صالحی<sup>۲</sup>، مریم تقی زاده<sup>۳</sup>

۱- استاد دانشگاه خوارزمی تهران

۲- استادیار دانشگاه خوارزمی تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد

Std\_taghizadeh@khu.ac.ir

### چکیده

امروزه کاربرد بتن به علت در دسترس بودن، سهولت در اجرا، مقاوم بودن و شکل پذیری آن در صنعت ساخت و ساز روبه افزایش است. از سوی دیگر، با توجه به کمبود منابع آب شیرین در ایران و اینکه کشورمان جزو کشورهای گرم و خشک محسوب می‌شود بحران آب شرب در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. در همین راستا، پژوهش با هدف بررسی تاثیر استفاده از پساب ناشی از شستشوی کامیون‌های حمل بتن و کارخانه تولید بتن در عمل‌آوری آن بر خواص مکانیکی بتن الیافی و معمولی صورت گرفت. برای این منظور، ضمن اندازه‌گیری خواص شیمیایی پساب، مقاومت فشاری ۷، ۲۸، ۵۶، و ۹۰ روزه نمونه‌های بتنی مکعبی ۱۵ سانتی‌متری تهیه و مورد آزمون قرار گرفت. همچنین نمونه‌های استوانه‌ای ۱۵\*۳۰ سانتی‌متر برای آزمایش مقاومت کششی و تیرهای با ابعاد ۵۰\*۱۰\*۱۰ سانتی‌متر برای آزمایش مقاومت خمشی تهیه و بررسی گردید. نتایج نشان داد استفاده از پساب ناشی از شستشوی ماشین‌آلات تهیه بتن در عمل‌آوری آن نه تنها موجب کاهش مقاومت فشاری، کششی و خمشی نمی‌شود بلکه باعث افزایش آن نیز می‌شود. این افزایش در مقاومت فشاری برای بلندمدت (۹۰ روز) محسوس‌تر و در سایر سنین تقریباً بی‌تاثیر است. همچنین این نوع عمل‌آوری مقاومت کششی ۲۸ روزه را تا ۱۵ درصد و مقاومت خمشی را تا ۷ درصد بهبود می‌بخشد. بطور کلی استفاده از این نوع پساب در نگهداری نمونه‌های بتنی در مناطقی که با محدودیت آب شرب برای عمل‌آوری بتن بدون ایجاد اثر منفی بر خواص مکانیکی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: عمل‌آوری، خواص مکانیکی، بتن الیافی، بتن معمولی، پساب

### مقدمه

از گذشته‌های دور انسان‌ها و آب پیوندی مستحکم داشته‌اند. منابع آب در شکل‌گیری اکثر تمدن‌ها دارای نقش مهم و حیاتی داشته به گونه‌ای که بخشی از آیین‌ها و مراسم ملل مختلف درباره این مایع مهم و حیاتی است. امروزه ۱/۱ میلیارد نفر در جهان به آب شیرین و سالم دسترسی ندارند و در هر ۲۰ ثانیه یک انسان در اثر بیماری‌های مربوط به آب، جان خود را از دست می‌دهد که ۹۹٪ آن‌ها کودکان زیر ۵ سال می‌باشند [۱]. یکی دیگر از چالش‌های عمده در خصوص منابع محدود آب، افزایش جمعیت جهان است که همگان نیاز به آب شیرین دارند. در کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس مانند کویت، روزهانه حدود ۲ میلیون دلار جهت تهیه ۱٫۱ میلیون مترمکعب آب آشامیدنی از آب دریا هزینه می‌شود [۲]. بعد از آب، بتن پرمصرف‌ترین ماده توسط انسان است [۳] که با دقت در روند تهیه و تولید آن می‌توان اثرات مخربی که ممکن است بر محیط‌زیست داشته را پیش‌بینی کرد. سالیانه در حدود ۶ میلیارد تن بتن در

جهان مصرف می‌شود که میزان مصرف این ماده در ساخت و سازها ۱۰ برابر مصرف فولاد است [۴] که پتانسیل بالقوه‌ای جهت استفاده از روش‌هایی که اثرات زیست‌محیطی فرآیند بتن را کاهش دهند احساس می‌شود. از یک سو استانداردهای اجرای ساختمان، استفاده از آب قابل شرب که مواد جامد آن به‌ندرت بیش از ۲۰۰۰ ppm و به‌طور معمول کمتر از ۱۰۰۰ ppm باشد، را برای ساخت و عمل‌آوری بتن توصیه نموده‌اند [۵]. و از طرف دیگر، برای ساخت هر مترمکعب بتن حدوداً ۱۵۰ لیتر آب مورد نیاز است که با توجه به کم‌آبی‌های کشورمان، مقدار زیادی محسوب می‌شود. از طرفی برای هرماشین حمل و اختلاط بتن بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ گالن آب مصرف می‌شود [۶]. افزایش تقاضا برای آب با رشد جمعیت و صنعتی‌تر شدن روبه‌گسترش است و همین امر باعث کاهش آب شیرین در دسترس شده است. درعین حال، امروزه بیش از هر زمان دیگری، فاضلاب تولید می‌شود و مواد زائد مختلف از طریق پساب دفع می‌گردد. اگر این پساب به‌طور مناسبی دفع نگردد، محیط‌زیست و افرادی که در مجاورت آن هستند را در معرض خطر قرار خواهد داد [۷]. معضل آب و ورود فاضلاب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی به محیط‌زیست مشکلات جدیدی را مطرح کرده است. یکی از طرح‌های جدیدی که اخیراً ذهن محققان و دوستداران محیط‌زیست را مشغول ساخته، استفاده از پساب ناشی از شستشوی کامیون‌های حمل بتن و کارخانه‌های تولید بتن در ساخت و عمل‌آوری بتن است. برآورد شده است که پس از استفاده از بتن تهیه‌شده در یک کامیون حمل بتنی با گنجایش ۹ مترمکعب بتن تازه (تقریباً ۲۲۰۰۰ کیلوگرم بتن)، حدود ۴۰۰-۲۰۰ کیلوگرم بتن باقی می‌ماند که معمولاً با ۷۰۰ تا ۱۳۰۰ لیتر آب شستشو می‌شود و پساب تولیدی شامل سنگ‌دانه‌ها و آبی با قلیایی‌ات بالا، ذرات جامد محلول و معلق است و خاصیت قلیایی زیادی دارد [۸]. اگر آب ناشی از شستشوی بتن دوباره استفاده شود، به این معنی خواهد بود که میلیون‌ها مترمکعب آب آشامیدنی ذخیره می‌شود و دفع بی‌خطری نیز صورت گرفته است [۹]. در سال ۱۳۸۸ مهرداد و همکاران بر روی استفاده از پساب تصفیه‌شده فاضلاب شهری در تهیه و نگهداری بتن مطالعاتی را انجام داده و بیان داشتند 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 تهیه‌شده از آب آشامیدنی کمتر از ۱۰ درصد خواهد بود و روی مقاومت ۷ روزه بتن تاثیر محسوس‌تری نسبت به مقاومت ۲۸ روزه بتن می‌گذارد [۱۰]. در همان سال در پژوهش دیگری که توسط خضری و همکاران تحت عنوان تولید بتن از لجن فاضلاب شهری صورت گرفت آمده است که بهترین درصد جایگزینی لجن با آب اختلاط بتن ۲۵ و ۵۰٪ است، چراکه در درصدهای بالاتر (۷۵ و ۱۰۰٪) به دلیل افزایش میزان ناخالصی‌ها بخصوص ناخالصی‌های آلی مقاومت فشاری کاهش می‌یابد بطوری که با در نظر گرفتن اختلاف متوسط مقاومت فشاری این نمونه‌ها با متوسط مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد، مطابق با استانداردهای آمریکا (ACI) و انگلستان (BS) در محدوده اختلاف ۱۰٪ قرار نمی‌گیرد [۱۱]. در سال ۱۳۹۷ امامی و همکاران به بررسی استفاده از پساب تصفیه‌شده صنعتی در تهیه و عمل‌آوری بتن غیر مسلح پرداختند، نتایج آنان حاکی از این بود که استفاده و ترکیب پساب صنعتی با آب شرب در تهیه و نگهداری بتن موجب افزایش مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ برای پساب صنعتی به ترتیب ۲۷،۲ و ۹،۴ درصد و در نمونه‌های حاوی ترکیب پساب و آب شرب به ترتیب ۴۸،۲ و ۷۱،۴ درصد شد [۱۲]. به همین منظور امکان‌سنجی استفاده از پساب ناشی از شستشوی کامیون‌های حمل بتن و کارخانه تولید بتن در عمل‌آوری بتن معمولی و الیافی در دانشکده فنی دانشگاه خوارزمی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۱- مواد و روش انجام آزمایش

پساب مورد استفاده در این تحقیق که برای عمل‌آوری نمونه‌های بتنی استفاده شد، پساب ناشی از شستشوی کامیون‌های حمل بتن است که از کارخانه تولید بتن سپهر بتن وندیداد نظرآباد طی ۱ ساعت جمع‌آوری شده و در مدت زمان کمتر از ۲۴ ساعت مورد آنالیز قرار گرفته است. جدول ۱ نتایج آنالیز پساب مصرفی را ارائه می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات شیمیایی پساب مصرفی

پارامتر	نماد	مقدار بر حسب ppm
قدرت شیمیایی	pH	۱۱/۲۲
کل مواد جامد محلول	TDS	۱۸۷۲
کلر	CL(-)	۳۰/۲
سولفات	SO <sub>4</sub> (2-)	۵۰/۹

سیمان مصرفی در این پژوهش، پرتلند تپ ۲ آبیگ قزوین بوده، که جدول ۲ آنالیز شیمیایی و جدول ۳ خصوصیات فیزیکی آن را نشان می‌دهد. سنگدانه بکار رفته در تهیه مخلوط بتنی از نوع شن بادامی، شن نخودی و ماسه منطقه هشتگرد استان البرز است که با نسبت حجمی ۱:۲:۲ ترکیب شدند و در جدول ۴ خصوصیات فیزیکی آن آورده شده است.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی سیمان پرتلند مصرفی

درصد	عنوان ترکیب و یا ویژگی
۲۷،۵۲	SiO <sub>۲</sub>
۱،۵۸	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
۶،۶۸	Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
۸۲،۲۶	CaO
۶،۶۲	MgO
۹،۶۲	SO <sub>۳</sub>
۷،۸۶	K <sub>۲</sub> O
۷،۶۵	Na <sub>۲</sub> O
۰،۶۹	پسماند نامحلول <sup>۱</sup>
۰،۸۵	افت سرخ شدن <sup>۲</sup>

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی سیمان مصرفی

مقدار	واحد	عنوان ویژگی
۰/۰۸	%	انبساط اتوکلاو (سلامت سیمان)
۳۱۷۰	Cm <sup>۲</sup> /g	نرمی
۲۰۹	Kg/ cm <sup>۲</sup>	مقاومت فشاری ۳ روزه
۳۸۲	Kg/ cm <sup>۲</sup>	مقاومت فشاری ۷ روزه
۴۳۱	Kg/ cm <sup>۲</sup>	مقاومت فشاری ۲۸ روزه
۱۱۵	min	زمان گیرش اولیه
۲۵۰	min	زمان گیرش نهایی
	گزارش شده است.	چگالی سیمان ۳۲۰۰ Kg/ cm <sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>Insoluble Residue

<sup>۲</sup>Loss of Ignition

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی مصالح سنگی مصرفی

وزن مخصوص ( Kg/cm <sup>3</sup> )	جذب آب (%)	حداکثر اندازه دانه ( mm)	نام سنگدانه
۲,۶۹	۱,۸	۱۹	شن بادامی شکسته
۲,۶۷	۱,۱	۱۲,۵	شن نخودی
۲,۵۳	۳,۶	۵	ماسه

پس از انجام آزمایش دانه بندی سنگدانه ها منطبق با استاندارد ASTM C ۱۳۶ (۱۰) (نمودار ۱) و مشخص شدن حجم و وزن هریک از مصالح اقدام به توزین به جهت اجرای طرح اختلاط شد. ساخت و عمل آوری نمونه های آزمایشی بتن در آزمایشگاه طبق استاندارد ایران ۵۸۱ [ ۱۱ ] و در دمای محیط انجام گردید و مخلوط بتنی مطابق با طرح مخلوط ارائه در جدول ۵ تهیه شد. در ادامه نمونه برداری از بتن تازه طبق استاندارد ۳۲۰۱ ایران سال ۱۳۷۰ [ ۱۲ ] انجام شده است. مخلوط بتنی در سه لایه و هر لایه ۲۵ ضربه توسط کوبه مخصوص در قالب ها ریخته و متراکم گردیده و سطح آنها تسطیح شد. در مجموع ۲۴ نمونه های مکعبی ۱۵\*۱۵ برای بررسی مقاومت فشاری، ۶ تیر ۱۰\*۱۰\*۵۰ جهت بررسی مقاومت خمشی و ۴ نمونه استوانه ای ۱۵\*۳۰ برای آزمایش مقاومت کششی تهیه شدند و پس از ۲۴ ساعت از قالب خارج و به درون پساب قرار داده شدند. در گام بعدی نمونه های مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه بر اساس استاندارد ۶۰۴۸ [ ۱۳ ] و ASTM C ۳۹ [ ۱۴ ]، مقاومت کششی بتن به روش دو نیم نمودن آزمونه های استوانه ای قالب گیری شده مطابق استاندارد ۶۰۴۷ ایران سال ۱۳۸۲ [ ۱۵ ] و ASTM C ۴۹۶ [ ۱۶ ] و مقاومت خمشی بتن مطابق با استاندارد ۴۹۰ ایران (۱۳۸۶) [ ۱۷ ] و ASTM C ۷۸ [ ۱۸ ] انجام گرفت.

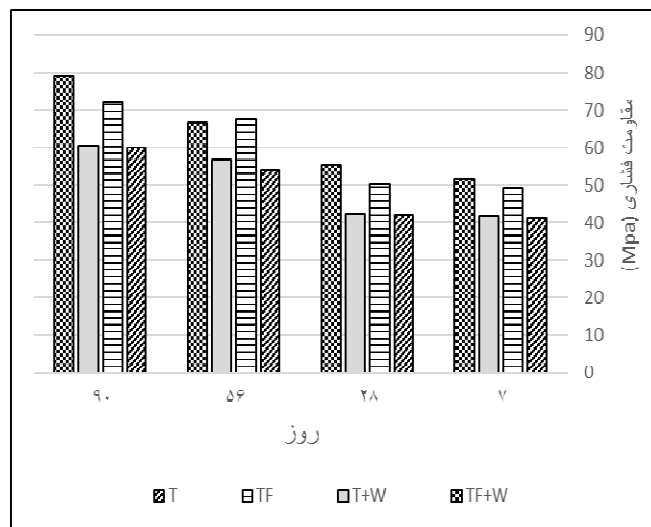
جدول ۵- طرح های اختلاط بتن

نام طرح	سیمان (kg)	آب شرب (L)	نسبت آب به سیمان (W/C)	ماسه (kg)	شن ریز (kg)	شن درشت (kg)
T	۴۰۰	۱۸۸	۰,۴۷	۸۹۴, ۵	۴۸۳	۴۱۱, ۵

لازم به ذکر است که در نمونه های حاوی الیاف در مخلوط بتنی فوق الذکر به ازای هر متر مکعب بتن ۰,۷۳ درصد الیاف فلزی اضافه شده است. دو دلیل برای بررسی بتن الیاف فولادی در این تحقیق مورد نظر بوده است. ابتدا با توجه تمرکز تحقیق بر روی خواص خمشی و کششی بتن (و نیز آزمایش چقرمگی که نتایج آن در تحقیق حاضر ارائه نشده است)، هدف تولید بتن هایی با مقاومت خمشی و کششی بالا مورد نظر بوده است. علاوه بر این، با بررسی چسبندگی الیاف بکار رفته در بتن، میزان خوردگی الیاف فولادی در بتن با پساب و بدون آن مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین جهت تمایز نمونه ها، نمونه های فاقد الیاف به اختصار T و نمونه های حاوی الیاف با نشان Tf بیان شده اند که هر دو نوع در آب شرب عمل آوری شدند. نمونه های بتن معمولی بوده و بتن الیافی که در پساب نگهداری شدند نیز به ترتیب با نشان T+W و TF+W نمایش داده شدند.

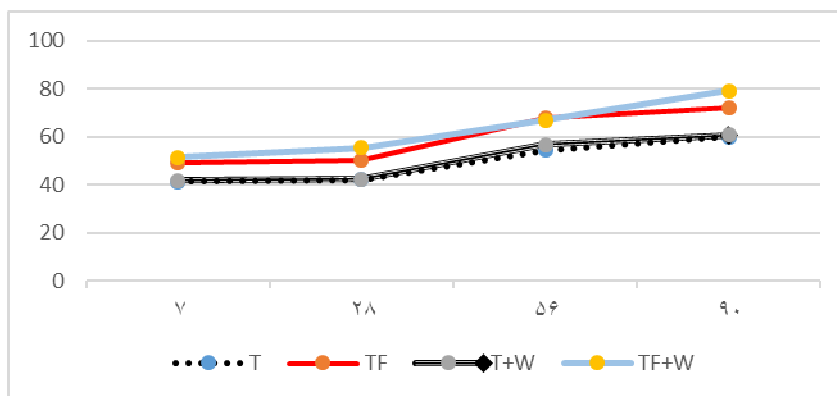
### بحث و بررسی

نتایج حاصل از شکست نمونه‌ها در سنین ۷، ۲۸، ۵۶ و ۹۰ روزه پس از میانگین‌گیری از سه آزمون به ترتیب در شکل ۲ نشان داده شده است. با مقایسه نتایج حاصل از شکست نمونه‌های کنترل و نمونه‌هایی که در پساب نگهداری شدند مشاهده می‌شود که با گذشت زمان نرخ افزایش مقاومت فشاری افزایشی و در نگاه کلی ثابت است.



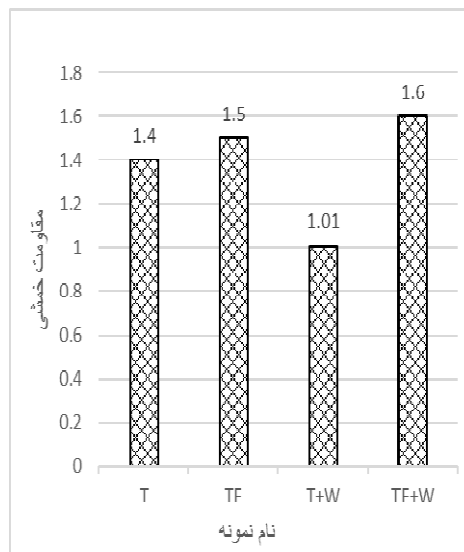
شکل ۲- مقایسه مقاومت فشاری

مقاومت فشاری نمونه‌های نوع TF، T+W و TF+W به ترتیب طی ۹۰ روز در مقایسه با نمونه‌های نوع شاهد ۲۰، ۱،۲ و ۳۱،۸ درصد افزایش داشتند. افزودن الیاف و نگهداری نمونه‌ها در پساب باعث بهبود در مقاومت شده‌است. بطوری که مقاومت فشاری گزارش شده برای نمونه حاوی الیافی که در پساب عمل‌آوری شدند ۷۹،۱ مگاپاسکال و برای نمونه‌های نوع TF ۷۲ مگاپاسکال می‌باشد که ۹،۸ درصد افزایش را نشان می‌دهد.



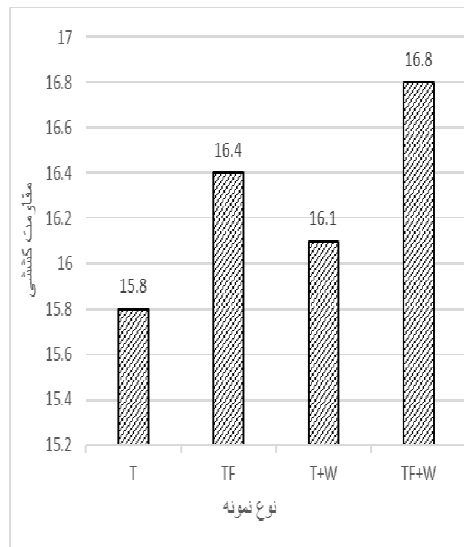
شکل ۳- نرخ رشد مقاومت فشاری

بطور کلی عمل آوری در پساب باعث شده تا نمونه‌های بتنی همواره رشد مقاومت فشاری را نشان دهند و همانگونه که از شکل برمی آید نمونه‌های مذکور در صورتی که با الیاف فلزی نیز تقویت شوند حتی مقاومت بیشتری در مقایسه با نمونه‌هایی که در آب شرب نگهداری شدند از خود نشان می‌دهند. با دقت در شکل ۳، می‌توان بیان داشت که نوع آبی که نمونه‌های بتن معمولی در آن قرار داشتند در میزان مقاومت فشاری ۲۸ و ۹۰ روزه اثر چندانی نداشته است. در بین نمونه‌های بتن الیافی، عمل آوری با پساب همواره اثر مثبتی داشته و باعث افزایش مقاومت فشاری شده است. لازم به ذکر است که نرخ کسب مقاومت، خصوصاً پس از سن ۲۸ روز در بین آزمون‌های الیافی بیشتر است. می‌توان گفت چنانچه مقاومت ۲۸ روزه مد نظر باشد نوع عمل آوری تأثیر چشمگیری بر مقاومت فشاری نخواهد داشت و در دراز مدت اثر مثبت خود را نشان می‌دهد.



شکل ۳- مقاومت خمشی

همچنین نمونه‌ها بعد از ۲۸ روز عمل آوری مورد آزمایش مقاومت خمشی نیز قرار گرفتند. از هر نوع بتن سه نمونه در پساب و سه نمونه در آب شرب قرار داده شدند و سپس میانگین مقاومت‌های خمشی بدست آمده گزارش گردید. نمونه‌هایی که در پساب عمل آوری شده و شامل دو نوع بتن الیافی و بتن فاقد الیاف است مقاومت خمشی ۱،۶ و ۱،۰۱ مگاپاسکال و آزمون‌هایی که در آب شرب نگهداری شدند به ترتیب ۱،۵ و ۱،۴ مگاپاسکال را تحت آزمایش داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشات، می‌توان بیان داشت که در صورت مقایسه نمونه‌های بتن الیافی و بتن معمولی، بکارگیری الیاف فلزی در مخلوط بتنی و یا نگهداری در پساب باعث افزایش ۷،۱٪ مقاومت خمشی می‌گردد. این در حالی است که استفاده توأم از الیاف و پساب جهت عمل آوری نمونه‌ها اثر مثبت در مقاومت داشته و آن را تا حدود ۱۵٪ بیشتر می‌کند.



شکل ۴- مقاومت کششی

مقاومت کششی نیز مشابه مقاومت خمشی انجام گرفت. پس از انجام آزمون دو نیم شدن، مقاومت کششی نمونه های بتن فاقد الیافی که به عنوان شاهد مد نظر قرار گرفتند و در آب شرب و پساب قرار داشتند به ترتیب ۱۵،۸ و ۱۶،۴ مگاپاسکال و نمونه های بتن الیافی به ترتیب ۱۶،۱ و ۱۶،۸ مگاپاسکال گزارش گردید که با مقایسه نتایج استفاده از الیاف و پساب به صورت منفرد و چه بصورت توأم باعث افزایش مقاومت کششی می شود. با توجه به آنالیز پساب مورد استفاده، مقدار pH پساب ۱۱،۲۲ ذکر شده و با توجه به نتایج آمده در پژوهشی تحت عنوان تاثیر استفاده از آب های قلیایی به عنوان آب مخلوط بتنی بر خواص مکانیکی ملات سیمانی نوشته کوماک، عمل آوری نمونه های بتنی در آبی که خاصیت قلیایی دارد به افزایش مقاومت فشاری کمک کرده و حتی استفاده از آن در مخلوط بتنی اثری مثبت بر خواص مکانیکی بتن دارد؛ که این موضوع با نتیجه بدست آمده در پژوهش حاضر مطابقت دارد [۱۹]. از جمله دلایل بهبود مقاومت، هیدراسیون مناسب تر محصولات سیمانی در محیط های قلیایی و نیز ترکیب پایدارتر هیدروکسید کلسیم ذکر شده است.

در مطالعه ای که توسط مهرداد و همکارانش با موضوعیت استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب شهری در تهیه و نگهداری بتن انجام شده ذکر شده که در نمونه هایی که آب نگهداری از نوع پسابی است مقاومت فشاری مطلوب تری بدست آمده است [۸]. در این بتن ها نیز با توجه به فرایند تصفیه فاضلاب شهری، این آب دارای pH بالاتر از ۷ بوده و محیط هیدراسیون محصولات سیمانی را قلیایی تر نموده است و باعث بهبود محصولات هیدراسیون شده است. در مطالعات امامی و همکارانش که به بررسی استفاده از پساب تصفیه شده صنعتی در تهیه و عمل آوری بتن غیر مسلح پرداختند نیز بیان گردیده که استفاده از آب ترکیبی و پساب صنعتی به جای آب شرب باعث افزایش مقاومت فشاری نمونه ها شده است، بنابراین استفاده از این آب های نامتعارف، محدودیتی برای ساخت بتن غیر مسلح به وجود نیاورد [۹]. در کلیه این پساب ها، قلیایی بودن آب ها مهم می باشد و در صورت که پساب بکار رفته محیط را به سمت اسیدی شدن برود، علاوه بر کیفیت کمتر محصولات هیدراسیون، پس از مدتی باعث تسریع در خوردگی میلگردها می گردد.

### محدودیت تحقیق

یکی از مشکلات مهم تولید بتن های بازیافتی که حاصل از مصرف ضایعات در بتن می باشد. در تحقیقات حاضر با برداشت پساب بتن در بازه های مختلف زمانی و در شرایط مختلف سعی گردید پساب بتن مصرفی بگونه ای باشد که تغییرات احتمال در کیفیت پساب در تحقیق در نظر گرفته شود. با این حال بر اساس مروری بر تحقیقات گذشته، pH پساب مصرفی مهم بوده و قلیایی بودن آن در بیشتر موارد باعث بهبود نسبی خواص می گردد.

### نتیجه گیری

نمونه های بتنی در دو نوع بتن الیافی و فاقد الیاف با استفاده از آب شرب ساخته شده و نیمی از نمونه ها در پساب و نیم دیگر در آب شرب عمل آوری شدند. جهت تعیین مقاومت فشاری نمونه ها در سنین ۷، ۲۸، ۵۶، ۹۰ روزه و نمونه های استوانه ای و تیرها جهت آزمایش مقاومت کششی و خمشی در سن ۲۸ روز مورد آزمون قرار گرفتند و نتایج آن به شرح زیر گزارش گردید:

- 1- استفاده از پساب برای عمل آوری نمونه های بتن الیافی و معمولی باعث افزایش مقاومت فشاری در بلند مدت می شود و در مقاومت ۲۸ روزه تاثیر چشمگیری ندارد.
- 2- مقاومت کششی و خمشی نمونه هایی که در پساب عمل آوری شدند به ترتیب ۱۵ تا ۱۶ درصد و حدوداً ۷ درصد افزایش یافته و تاثیر مثبتی بر این مقاومت ها داشت.
- 3- بطور کلی استفاده از پساب ناشی از شستشوی کامیون های حمل بتن و کارخانه تولید بتن در عمل آوری نمونه ها باعث بهبود خواص مکانیکی بتن می شود.





## مراجع

[۱]- WHO (World Health Organization) (۲۰۰۲), Health through safe drinking water and basic sanitation, <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/en/)>, visited on January ۱۴, ۲۰۱۴.

[۲]- Al-Ghusain, I., & Terro, M. (۲۰۰۳). Use of treated wastewater for concrete mixing in Kuwait. Kuwait Journal of Science and Engineering, ۳۰(۱), ۲۱۳-۲۲۸.

[۳]- Neville A, Brooks J (۱۹۸۷) Concrete Technology. Longman, UK.

[۴]- Asadollahfardi, G., Asadi, M., Jafari, H., Moradi, A., & Asadollahfardi, R. (۲۰۱۵). Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete. Construction and Building Materials, ۹۸, ۳۰۵-۳۱۴.

[۵]- Silva, M., & Naik, T. R. (۲۰۱۰, June). Sustainable Use of Resources—Recycling of Sewage Treatment Plant Water in Concrete. In Proceeding of the Second International Conference on Sustainable Materials and Technologies (pp. ۱۷۳۱-۱۷۴۰).

[۶]- Khatib, J. ۲۰۰۹. Sustainability of building materials. Woodhead Publishing in Materials .

[۷]- Chatveera, B., & Lertwattanaruk, P. (۲۰۰۹). Use of ready-mixed concrete plant sludge water in concrete containing an additive or admixture. Journal of environmental management, ۹۰(5), 1901-1908.

[۸]- مهردادى، اکبریان، افروز، & حق‌اللهی. (۱۳۸۸). استفاده از پساب تصفیه‌شده فاضلاب شهری در تهیه و نگهداری بتن. محیط شناسی، ۳۵(۵۱).

[۹]- امامی، خ.، کابوسی، ک.، فدوی، م.، (۱۳۹۷). "بررسی استفاده از پساب تصفیه‌شده صنعتی در تهیه و عمل‌آوری بتن غیر مسلح". دومین کنگره علوم مهندسی آب و فاضلاب ایران، ۲۲ الی ۲۴ آبان

[10]- ASTM C۱۳۶. (۲۰۰۴), Standard method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

[۱۱]- استاندارد ۵۸۱ (۱۳۸۳)، بتن - ساخت و عمل‌آوری آزمونه‌های بتن در آزمایشگاه آیین کار، سازمان ملی استاندارد ایران، تهران، ایران.

[۱۲]- استاندارد ۳۲۰۱-۱ (۱۳۸۸)، بتن تازه - قسمت ۱- نمونه برداری، سازمان ملی استاندارد ایران، تهران، ایران.

[۱۳]- استاندارد ۶۰۴۸ (۱۳۸۹)، بتن - تعیین مقاومت فشاری آزمونه‌های استوانه‌ای - روش آزمون، سازمان ملی استاندارد ایران، تهران، ایران.

[۱۴]- ASTM C۳۹. (۲۰۰۴), Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

[۱۵]- استاندارد ۶۰۴۷ (۱۳۸۲)، بتن - تعیین مقاومت کششی دو نیم نمودن آزمونه‌های استوانه‌ای - روش آزمون، سازمان ملی استاندارد ایران، تهران، ایران.

[۱۶]- ASTM C۴۹۶. (۲۰۰۴), Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.



یازدهمین کنفرانس ملی بتن  
۱۴،۱۵،۱۶ مهرماه ۱۳۹۸  
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



[۱۷]- استاندارد ۴۹۰ تجدید نظر یکم (۱۳۸۶)، بتن-مقاومت خمشی بتن (با استفاده از میله سه شاخه ای)-روش آزمون، سازمان ملی استاندارد

ایران، تهران

[18]- ASTM C۷۸. (۲۰۰۲), Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

[۱۹]- Çomak, B. (۲۰۱۸). Effects of use of alkaline mixing waters on engineering properties of cement mortars. European Journal of Environmental and Civil Engineering, ۲2(6), 736-754.