جذب آب بتن سخت شده‌ی ساخته شده با سنگدانه‌های بازیافتی و اثر پلیمر مایع بر آن

فرشاد کبیری[1]، سینا مسلمی[2]

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده فنی و مهندسی

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، دانشکده فنی و مهندسی

farshadkabiri@ymail.com

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی جذب آب بتن سخت شده حاوی سنگدانه بازیافتی و مقایسه آن با سنگدانه معمولی و اثر پلیمر مایع بر آن‌ها می‌باشد. برای بررسی جذب آب بتن سخت شده از آزمون جذب آب در بتن سخت شده طبق استاندارد BS1881 استفاده گردید. آزمونه‌ها بعد از ساخت به مدت ۷ روز عمل آوری شده و سپس به مدت ۲۱ روز در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شد تا خشک شوند و در انتها در سن ۲۸ روزه آزمایش‌های مورد نظر انجام گردید. در نتایج آزمون جذب آب در بتن سخت شده مشاهده می‌شود که استفاده از سنگدانه‌های بازیافتی باعث افزایش نفوذپذیری بتن می‌شود، زیرا آب افتادگی و گیر افتادن حباب‌های هوا زیر این سطوح بیشتر بوده که عدم پیوستگی بین سنگدانه و خمیره سیمان را به همراه دارد، پس این نواحی افزایش نفوذ را به همراه دارد. ولی مشاهده می‌شود که پلیمر مایع، جذب آب نمونه‌های بتنی را به صورت خیلی محسوسی کاهش می‌دهد. و مشاهده می‌شود نمونه‌هایی که دارای پلیمر مایع بیشتری هستند از افزایش جذب آب سنگدانه بازیافتی جلوگیری می‌کنند. همچنین جذب آب نمونه‌ها در ۳۰ دقیقه اول کمتر از ۱۲۰ دقیقه نخست می‌باشد که به دلیل ماندگاری بیشتر نمونه در آب می‌باشد. در این نمونه‌ها بهترین حالت در نمونه دارای ٪۲ پلیمر مایع و ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی در ۳۰ دقیقه نخست می‌باشد که ۳ برابر کمتر از جذب آب نمونه شاهد می‌باشد.

کلمات کلیدی: بتن، پلیمر مایع، سنگدانه بازیافتی، نفوذپذیری آب، جذب آب بتن

۱- مقدمه

بتن بهترین نمونه برای توصیف یک ماده نفوذپذیر و متخلخل است. تخلخل بتن مقدار منافذ و سوراخ‌های داخل بتن می‌باشد که با درصدی از مجموع حجم ماده نشان داده می‌شود. نفوذپذیری بتن نیز بیانی از چگونگی ارتباط میان منافذ می‌باشد. تخلخل و نفوذپذیری بتن به کمک یکدیگر اجازه تشکیل مسیری برای انتقال آب به درون ماده را همراه با ایجاد شکافی که هنگام انقباض بوجود می‌آید، می‌دهد (Mehta,2017).

امروزه وجود ضایعات بتنی مشکلات زیادی را برای محیط زیست به وجود آورده است، از طرفی مواد معدنی مورد استفاده در بتن نیز محدود است و لذا به کارگیری سنگدانه‌های ضایعاتی بتنی در بتن جدید منجر به کاهش تخریب زیست محیطی و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده می‌گردد.

بتن پلیمری در مقایسه با بتن‌های متداول دارای خواص مکانیکی قابل توجهی است، اگرچه قیمت آن به مراتب نسبت به بتن‌های سیمانی بیشتر است، با توجه به خواص خوب مکانیکی بتن پلیمری، با کاهش هزینه‌های ساخت، میتوان استفاده از این نوع بتن را افزایش داد. (شکریه و همکاران، ۱۳۹۴)، ترکیب جدیدی برای بهبود خواص و کاهش هزینه ساخت بتن پلیمری ارائه کرده‌اند. بدین منظور به جای استفاده معمول از سنگدانه‌های ریز و درشت تفکیک شده واختلاط آن‌ها با نسبت مناسب، فقط از ماسه سیلیسی استفاده شده است. همچنین، در ساخت این بتن، رزین پلی‌استر به‌کار گرفته شده است که دارای هزینه کمتری نسبت به سایر رزین‌های استفاده شده، (به عنوان مثال رزین اپوکسی) است. با انجام آزمون‌های مختلف فشاری و خمش سه نقطه‌ای مشخص شد، بتن پلیمری ساخته شده در پژوهش حاضر در مقایسه با نمونه‌های بتن پلیمری ساخته شده با رزین اپوکسی با ترکیب بهینه، دارای استحکام فشاری بیشتر (٪۲۰ بهبود در استحکام فشاری) و استحکام خمشی تقریباً برابرند. بنابراین با استفاده از ترکیب معرفی شده، میتوان هزینه‌های ساخت بتن پلیمری را بدون تضعیف خواص مکانیکی آن، به مقدار قابل توجهی کاهش داد. همچنین، مدل میکرومکانیکی دو فازی برای تخمین استحکام فشاری بتن پلیمری استفاده شده است. با استفاده از مدل میکرومکانیکی دو فازی، خواص مکانیکی بتن پلیمری محاسبه شد. مقایسه نتایج پیش بینی شده با نتایج تجربی نشان می‌دهد، تطابق خوبی بین آنها برقرار است (٪۶/۸ خطا). خواص مکانیکی بسیار خوب بتن پلیمری ساخته شده از رزین پلی‌استر در این پژوهش و قیمت کمتر آن نسبت به بتن‌های پلیمری ساخته شده با رزین اپوکسی به قابلیت افزایش کاربرد این بتن می‌افزاید.

در پژوهش (صدرممتازی و همکاران،۱۳۹۲)، سنگدانه‌های بازیافتی بتنی به عنوان ریزدانه و درشت دانه در بتن جدید مورد استفاده قرار گرفت. نسبت جایگزینی ریزدانه و درشت دانه بازیافتی بتنی با شن و ماسه طبیعی و با درصدهای مشابه به ترتیب برابر ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است. مقدار سیمان در تمامی طرح های اختلاط ۳۷۵ کیلوگرم در هر مترمکعب بتن و نسبت آب به سیمان مقدار ثابت ۰/۴۵در نظر گرفته شده است. آزمایش جریان اسلامپ روی بتن تازه و آزمایش‌های بتن سخت شده شامل مقاومت فشاری در سنین ۷، ۲۸، ۶۰ و ۹۰ روزه، مقاومت کششی، خمشی، جذب آب و سرعت امواج التراسونیک نیز در سن ۲۸ روزه برای تعیین خواص فیزیکی-مکانیکی نمونه‌ها به کار گرفته شدند. با افزایش درصد جایگزینی سنگدانه‌های بتنی بازیافتی با سنگدانه‌های طبیعی، کاهش در مقاومت فشاری، کششی، خمشی و سرعت امواج التراسونیک و همچنین افزایش در درصد جذب آب ۲۴ ساعته‌ی نمونه‌ها مشاهده شده است. استفاده از سنگدانه‌های بازیافتی بتنی در بتن جدید دارای فوایدی نظیر کاهش جزئی وزن واحد حجم بتن نیز می‌باشد.

با توجه به اهمیت مساله دوام و توسعه پایدار در مقاله (عسکری قوچانی و همکاران، ۱۳۹۶) نفوذپذیری بتن بازیافتی مورد بررسی قرار گرفت. در این بتن بازیافتی به جای سنگدانه‌های طبیعی از بتن تخریبی استفاده شده است. به دلیل تخلخل بیشتر سنگدانه‌های بازیافتی نسبت به سنگدانه‌های طبیعی، نفوذپذیری بتن بازیافتی بیشتر می‌باشد. از این رو، نفوذپذیری آب نمونه‌های بتنی با آزمایش‌های استاندارد جذب آب کل، جذب آب مویینه و عمق نفوذ آب تحت فشار بررسی می‌شود. نمونه‌های با ۵ طرح اختلاط گوناگون بر اساس روش ملی طرح مخلوط بتن ساخته شدند که شامل ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی به عنوان ریزدانه و درشت دانه به جای سنگدانه طبیعی، میکروسیلیس با دو نسبت ۵/۷ و ۱۵ درصد سیمان، مواد کریستال ساز با نسبت یک درصد و فوق روان کننده می‌باشند. مقدار سیمان با عیار ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان با نسبت ۰/۴۵ در همگی طرح‌ها ثابت است. یافته‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهند چنانچه در طرح اختلاط بتن بازیافتی از افزودنی میکروسیلیس استفاده شود، مقاومت فشاری بیشتر و جذب آب مویینه کمتری در مقایسه با بتن معمولی به دست می‌آید. ولی، استفاده از افزودنی‌های میکروسیلیس در نمونه‌های بازیافتی تأثیری بر جذب آب کل ندارد و نیز میکروسیلیس، سبب کاهش مقدار عمق نفوذ آب نسبت به نمونه بتن بازیافتی بدون میکروسیلیس می‌شود.

(Barbuta و همکاران، ۲۰۱۶) بتن پلیمری ساخته شده با انواع مختلف مواد زاید و افزودنی‌های مختلف مانند (پودر آهک، پودر سنگ مرمر و خاکستر بادی برای بدست آوردن رزین اپوکسی متراکم شده را در دو تیپ (۰-۴) میلیمتر و (۴-۸) میلیمتر

توصیف کرده‌اند. ساختار میکروسکوپی بتن پلیمری در این مقاله به وسیله تجزیه الکتریکی آنالیز شد و سپس با آزمایش (مقاومت فشاری، مقاومت پیچشی، مقاومت کششی) تعیین شد. مواد افزودنی آهک و خاکستر بادی در بتن پلیمری خواص مکانیکی بتن را بهبود بخشید ولی پودر خاک رس خواص مکانیکی را در مقایسه با نبودن آن کاهش داد.
این پژوهش به دنبال بهبود عملکرد جذب آب بتن است. روند کلی این تحقیق به صورت آزمایشگاهی است و نتایج به دست آمده از آزمایشگاه، معیار مناسبی برای قضاوت در مورد بتن ساخته شده با سنگدانه‌های بازیافتی و پلیمر مایع، طرح اختلاط جدید و مقایسه آن‌ها با بتن‌های معمولی خواهد بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مصالح مورد استفاده

در این پژوهش تلاش شده است که مصالح به کار رفته جهت ساخت نمونه‌ها با توجه به محدودیت‌های ASTM33 باشد.
مصالح مورد استفاده برای تهیه نمونه‌های بتنی عبارتند از:

- شن و ماسه با توجه به استاندارد ASTM33
- شن و ماسه بازیافتی
- سیمان تیپ ۲
- پلیمر مایع
- قالب‌های آزمایش به اندازه ۱۵ ×۱۵ ×۱۵ سانتی متر
- کوبه تراکم
- مخروط اسلامپ
- ترازوی دیجیتال

۲-۲- مشخصات و ویژگی‌های مصالح به کار رفته

۲-۲-۱- سیمان

در این تحقیق از سیمان پرتلند تیپ دو استفاده شده است. مشخصات فیزیکی و شیمیایی این سیمان به ترتیب در جداول شماره (۱) و (۲) ارائه شده است.

جدول شماره (۱) مشخصات فیزیکی سیمان مورد استفاده در این تحقیق

مشخصه‌ی فیزیکی	سطح مخصوص (m^2/kg)	زمان گیرش		مقاومت فشاری (MPa)		
		اولیه (دقیقه)	ثانویه (ساعت)	۳ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه
مقدار	۲۹۰۰	۹۰	۴	۱۳	۲۴	۳۶/۵

جدول ۲-۲ مشخصات شیمیایی سیمان مورد استفاده در این تحقیق

ترکیبات شیمیایی	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O
درصد موجود در سیمان	۲۱/۶۸	۵/۹	۳/۲	۶۳/۵	۱/۸	۱/۷	۰/۲	۰/۷

۲-۲-۲- آب

آب استفاده شده در این تحقیق، از آب شرب تهیه شده است که از نظر کیفیت مورد قبول می‌باشد.

۲-۲-۳- مصالح بازیافتی

برای سنگدانه‌های بازیافتی از بلوک‌های بتنی جا مانده از آزمایش‌های فشاری و خمشی آزمایشگاه بتن استفاده شد.
این بلوکها پس از انتخاب به کارخانه شن و ماسه منتقل و سپس توسط سنگ شکن‌های کارخانه خرد شد و بخش ریزدانه (ماسه) و درشت دانه (شن) آن جدا گردید.

۲-۲-۴- ماسه طبیعی (N.S)

ماسه طبیعی، ماسه رودخانه ای شسته شده است که از کارخانه شن و ماسه تهیه شد.

۲-۲-۵ -شن طبیعی (N.G)

شن طبیعی مصرفی از نوع گرد گوشه بوده که از کارخانه تهیه شد.
حداکثر اندازه اسمی شن‌های مصرفی (طبیعی و بازیافتی تهیه شده از آزمایشگاه) ۲۵ میلی متر بوده است. نتایج آزمایش‌های انجام گرفته بر روی مصالح سنگی در جداول شماره (۳) و (۴) ملاحظه می‌گردد.

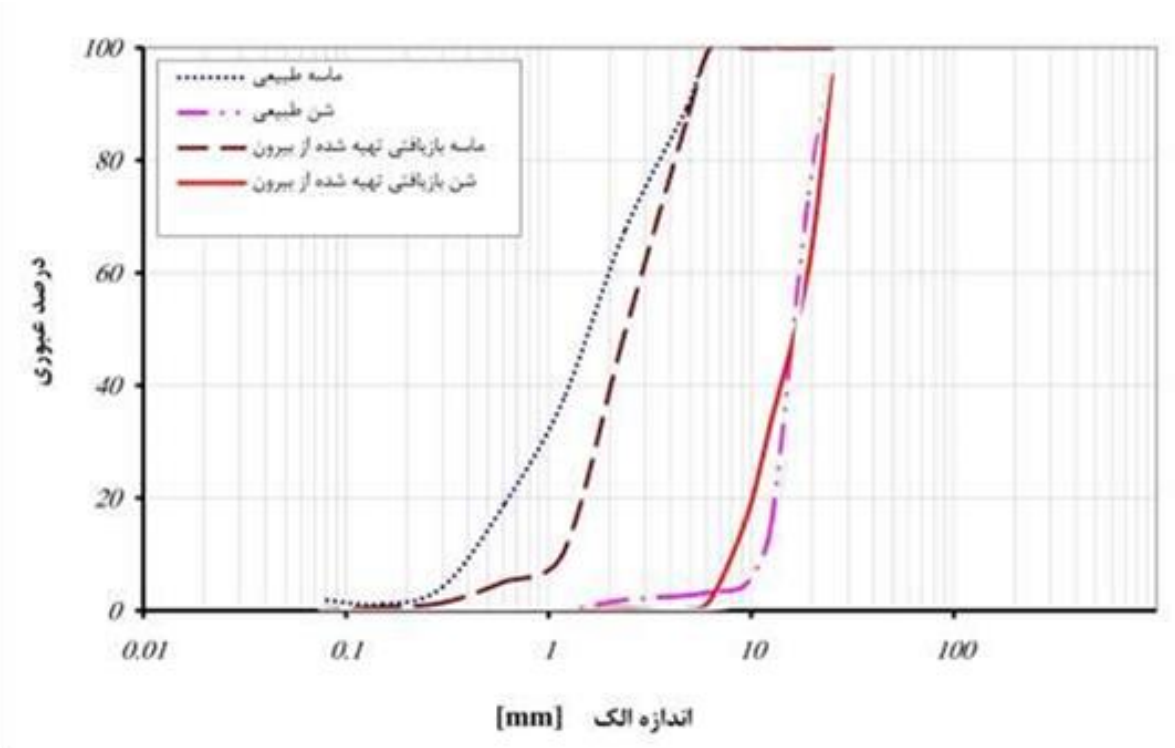
جدول شماره (۳) نتایج آزمایش دانه بندی مصالح سنگی

اندازه الک (mm)	شن بازیافتی بیرون (درصد عبوری)	ماسه بازیافتی بیرون (درصد عبوری)	شن طبیعی (درصد عبوری)	ماسه طبیعی (درصد عبوری)
۲۵	۹۵	۱۰۰	۹۷/۵	۱۰۰
۱۹	۶۰	۱۰۰	۷۲/۴	۱۰۰
۱۲/۵	۳۳/۳۶	۱۰۰	۱۴/۸۴	۱۰۰
۹/۵	۱۶/۶	۱۰۰	۴/۸۴	۱۰۰
۶/۵	۲	۱۰۰	۳/۳۳	۱۰۰
۴/۷۵	۰/۱۶	۸۶/۵	۲/۶۷	۸۹
۲/۳۶	۰/۲۵	۴۹	۱/۸۷	۶۷/۲۵
۱/۱۸	-	۱۰/۲	۰/۷۰	۳۷/۴۱
۰/۶	-	۵/۱	-	۱۸/۷۴
۰/۳	-	۱/۴	-	۴/۲
۰/۱۵	-	۰/۶	-	۱/۱۲
۰/۰۷۵	-	۰/۱	-	۱/۹۷

جدول شماره (۴) مشخصات فیزیکی مصالح سنگی

نوع سنگدانه	چگالی ظاهری در حالت اشباع با سطح خشک	جذب آب (٪)
شن طبیعی	۲/۶	۰/۷
ماسه طبیعی	۲/۵۶	۲/۷
شن بازیافتی تهیه شده از بیرون	۲/۳۸	۶/۸۳

همچنین در شکل شماره (۱) منحنی دانه بندی مصالح، برای ماسه طبیعی، شن طبیعی، شن بازیافتی تهیه شده از بیرون و ماسه بازیافتی تهیه شده از بیرون مشاهده می‌گردد.



شکل شماره (۱): منحنی‌های دانه بندی مصالح سنگی

همچنین در شکل شماره (۲) مصالح مصرفی استفاده شده در طرح اختلاط نشان داده شده است.

شکل شماره (۲): الف) شن طبیعی، ب) شن بازیافتی تهیه شده از بیرون، ج) ماسه بازیافتی تهیه شده از بیرون د) ماسه طبیعی

۲-۲-۶- پلیمر مایع

Carboxal HF5000 فوق روان کننده نسل جدید بتن، بر پایه پلی کربکسیلات اتر است، که مشخصات فنی آن در جدول شماره (۵) ارائه شده است.

جدول شماره (۵) مشخصات فنی پلیمر مایع Carboxal HF5000

مشخصه	شرح
شکل ظاهری	مایع ویسکوز
رنگ	شفاف یا شیری
غلظت	۴۰ درصد
PH	۶ الی ۸
Na2O	کمتر از ٪۰/۵
مقدار کلراید	کمتر از ٪۰/۱
چگالی	۱/۱(gr/cm^3)
میزان مصرف	۰/۳ الی ۱/۵ درصد وزن سیمان

۲-۳- طرح اختلاط

در این طرح اختلاط ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی سیمان پلیمر مایع به عنوان افزودنی و ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی می‌شود، که در جدول شماره (۶) ارائه شده است.

جدول شماره (۶) طرح اختلاط

نام طرح	پلیمر مایع (g)	مقدار آب (Lit)	مقدار سیمان (kg)	مقدارسنگدانه بازیافتی (kg)	مقدار سنگدانه طبیعی (kg)
A1	۰	۴	۸	۰	۴۱
A2	۸۰	۴	۸	۰	۴۱
A3	۱۲۰	۴	۸	۰	۴۱
A4	۱۶۰	۴	۸	۰	۴۱
A5	۰	۴	۸	۱۲	۲۹
A6	۰	۴	۸	۱۶	۲۵
A7	۰	۴	۸	۲۰/۵۰	۲۰/۵۰
A8	۸۰	۴	۸	۱۲	۲۹
A9	۱۲۰	۴	۸	۱۲	۲۹
A10	۱۶۰	۴	۸	۱۲	۲۹
A11	۸۰	۴	۸	۱۶	۲۵
A12	۱۲۰	۴	۸	۱۶	۲۵
A13	۱۶۰	۴	۸	۱۶	۲۵
A14	۸۰	۴	۸	۲۰/۵۰	۲۰/۵۰
A15	۱۲۰	۴	۸	۲۰/۵۰	۲۰/۵۰
A16	۱۶۰	۴	۸	۲۰/۵۰	۲۰/۵۰

۲-۴- تهیه نمونه‌ها، قالب گیری و نگهداری آن‌ها

ابتدا شن و ماسه را در داخل میکسر ریخته و سپس میکسر را روشن میکنیم و در حین عمل اختلاط سنگدانه‌ها، به تدریج سیمان را اضافه می‌نماییم و عمل اختلاط را یک دقیقه ادامه می‌دهیم. سپس آب مصرفی را با پلیمر مایع مخلوط کرده و به مدت یک دقیقه بهم می‌زنیم و به آرامی به مخلوط درحال گردش اضافه می‌کنیم. نمونه‌های فشاری در ابعاد ۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰ میلیمتری ساخته شده و بتن‌های مربوط بعد از اختلاط و کنترل روان بودن در قالب‌ها ریخته شده و با میله‌های مخصوص به صورت مرحله‌ای متراکم گردیده وتا سن مورد نظر در محیط آبی نگهداری می‌شود.

۲-۵- بررسی جذب آب در بتن سخت شده

در آزمایش جذب آب بتن سخت شده، آزمونه‌های عمل آوری شده، پس از خشک شدن در محیط آزمایشگاه توزین می‌شوند (وزن خشک اولیه). با ثبت دقیق زمان به مدت تقریباً ۳ روز داخل آب غوطه ور می‌شوند تا به یک وزن ثابت برسند. در این مدت در زمان‌هایی، از داخل آب خارج شده و سطح آنها با یک پارچه خشک می‌گردد و سپس توزین می‌شوند. معمولاً پس از گذشت یک روز روند تغییرات وزن آزمونه‌ها اندک است. مقدار درصد جذب آب آزمونه‌ها در هر زمان با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید. سپس با رسم نمودار زمان-درصد جذب آب می توان نحوه تغییر وزن و جذب آب طرح‌ها را مشاهده نمود.

$$\text{درصد آب جذب شده} = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن m_0 وزن نمونه خشک و m وزن نمونه مرطوب می‌باشد.

۳- نتایج

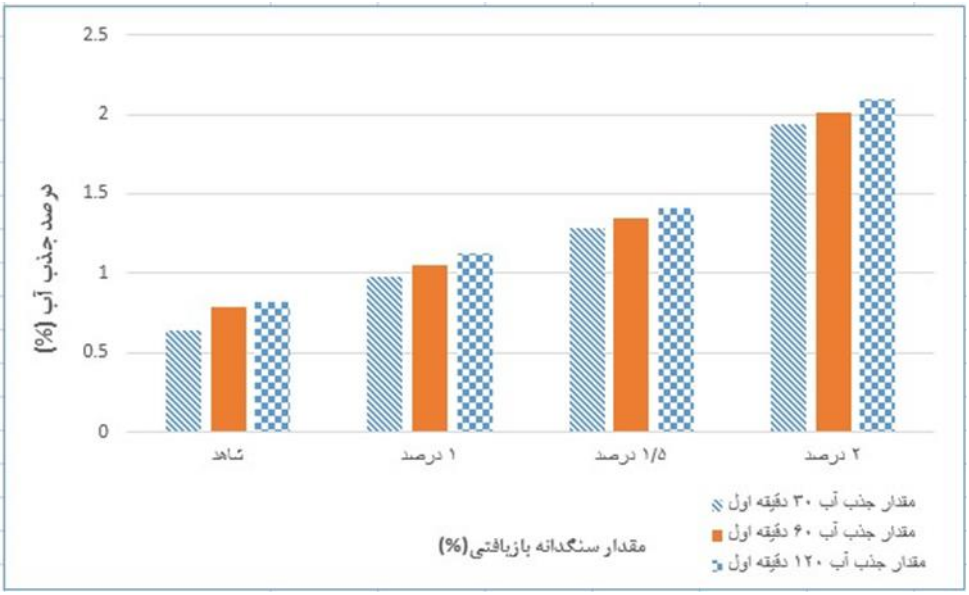
این آزمایش طبق استاندارد BS 1881 انجام پذیرفت. آزمونه‌ها بعد از ساخت به مدت ۷ روز عمل آوری شده و سپس به مدت ۲۱ روز در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شده تا خشک شوند و در انتها در سن ۲۸ روزه آزمایش‌های مورد نظر انجام گردید. وزن خشک آزمونه‌ها اندازه گیری شد و بعد به مدت ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه به طور کامل در آب قرار داده شد به طوریکه تا ۵ سانتی متری روی آن‌ها آب قرار بگیرد. پس از خارج نمودن آزمونه از آب و خشک کردن سطح آنها با پارچه خشک، آزمونه توزین شده و وزن آن به عنوان وزن مرطوب ثبت گردید. با استفاده از رابطه شماره (۱) که قبلاً به آن اشاره شد، درصد جذب آب ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه آزمونه‌ها اندازه گیری گردید.

۳-۱- تأثیر سنگدانه بازیافتی

نتایج آزمون جذب آب بتن‌هایی که ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد، سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی شده است، در جدول شماره (۷) و نمودار شکل شماره (۳) نشان داده شده‌اند.

جدول (۷) نتایج آزمون جذب آب در نمونه‌های دارای سنگدانه بازیافتی

مقدار سنگدانه بازیافتی	درصد جذب آب		
	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه	۱۲۰ دقیقه
۰٪	۰/۶۴	۰/۷۹	۰/۸۲
۳۰٪	۰/۹۸	۱/۰۵	۱/۱۲
۴۰٪	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۴۱
۵۰٪	۱/۹۴	۲/۰۱	۲/۱۰



شکل شماره(۳): نمودار آزمون جذب آب در نمونه‌های دارای سنگدانه بازیافتی

بر اساس نتایج به دست آمده برای ویژگی‌های فیزیکی سنگدانه بازیافتی می‌توان نتیجه گرفت که وجود لایه‌ای از ملات هیدراته شده قدیمی در اطراف سنگدانه بازیافتی باعث می‌شود تا ویژگی‌های فیزیکی این سنگدانه در مقایسه با مصالح طبیعی از کاهش چشمگیری برخوردار باشد، که با کوچکتر شدن اندازه ذرات سنگدانه بازیافتی این کاهش بیشتر می‌گردد.

با توجه به نتایج آزمون جذب آب مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار سنگدانه بازیافتی از ۳۰ درصد به ۵۰ درصد، جذب آب نمونه‌های حاوی سنگدانه بازیافتی رفته رفته بیشتر می‌شود. به طوری که در نمونه حاوی ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی، مقدار ملات هیدراته شده قدیمی در اطراف درشت دانه های بازیافتی افزایش می‌یابد و همین موضوع منجر به افزایش جذب آب بتن می‌گردد. همچنین زمان ماندگاری نمونه در آب جهت توزین، با افزایش از ۳۰ دقیقه الی ۱۲۰ دقیقه، شاهد افزایش میزان جذب آب به اندازه کم می‌باشیم.

۳-۲- تأثیر پلیمر مایع

نتایج آزمون جذب آب بتن‌هایی که در آن‌ها ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی سیمان، پلیمر مایع استفاده شده است در جدول شماره (۸) و نمودار شکل شماره (۴) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۹) نتایج آزمون جذب آب در نمونه‌های دارای پلیمر مایع

مقدار سنگدانه بازیافتی	درصد جذب آب		
	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه	۱۲۰ دقیقه
۰٪	۰/۶۴	۰/۷۹	۰/۸۲
۱٪	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۵۱
۱/۵٪	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۳۸
۲٪	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۳

شکل شماره (۴): نمودار آزمون جذب آب در نمونه‌های دارای پلیمر مایع

هر دو بخش خمیره سیمان و سنگدانه‌ها دارای منافذی هستند و در نتیجه بتن ساخته شده نیز دارای این حفرات بوده که در اثر عدم تراکم کامل آن و یا آب انداختن بتن می‌باشد.این منافذ در بتن حجمی در حدود ۱ تا ۱۰ در صد حجم بتن را تشکیل می‌دهند که به حد بالای ۱۰ درصد اصطلاحاً بتن کرمو اطلاق می‌شود. نکته قابل توجه این است که از آنجا که حفرات سنگدانه‌ها توسط خمیره سیمان پر می‌شود نتیجه می‌گیریم که میزان منافذ بتن به طور زیادی تحت تاثیر منافذ و حفرات موجود در خمیره سیمان است.

افزودنی‌های شیمیایی بتن مخصوصاً روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها باعث کاهش نسبت آب به سیمان طرح شده و همچنین در یک نسبت پایین‌تر آب به سیمان افزایش کارایی بتن را سبب شده و با افزایش کارایی بتن، میزان حفرات ناخواسته که عمدتاً ناشی از تراکم ناصحیح می‌باشد، کاهش می‌یابد. این امر نیز کاهش در نفوذپذیری بتن را به همراه دارد، همچنین فرآیند ریختن وتراکم آن نیز تسهیل می‌یابد.

حجم فضای خالی داخل بتن را میتوان از نفوذپذیری آن به وسیله جذب آب فهمید، مهم‌ترین علت نفوذپذیری بتن نداشتن فشردگی لازم و وجود خلل و فرج در بتن است.

میزان نسبت آب به سیمان موجود در طرح اختلاط بتن از عوامل مهم در تعیین نفوذپذیری بتن می‌باشد به این ترتیب که هرچه نسبت آب به سیمان کمتر باشد نفوذپذیری بتن نیز کمتر خواهد بود، در بتن‌هایی که تحت شرایط یکسان عمل آوری قرار دارند هر چه مقدار سیمان موجود در طرح بیشتر باشد نفوذپذیری کمتر خواهد بود. پلیمر مایع موادی است که این نسبت آب به سیمان را کم می‌کند. همچنین استفاده از پلیمر مایع باعث می‌شود فاصله دانه‌های سیمان با هم و سیمان با سنگدانه به خوبی پر شود و میزان خلل و فرج بتن کاهش یابد.

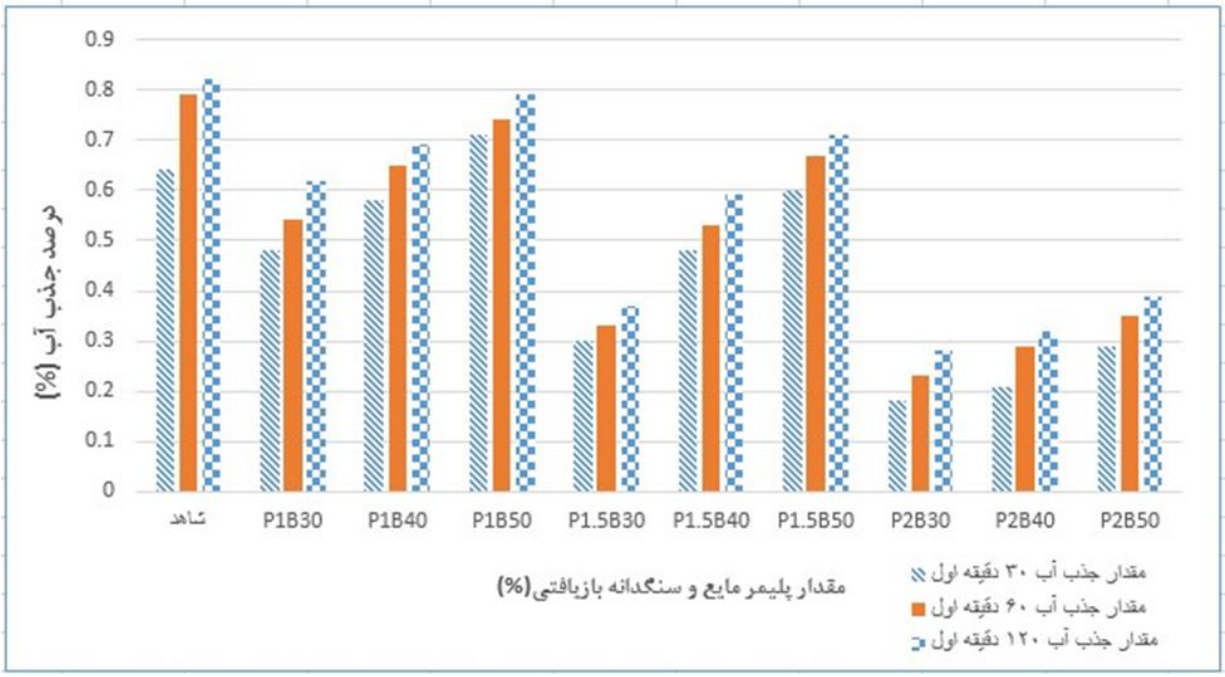
مشاهده می‌شود که پلیمر مایع، جذب آب نمونه‌های بتنی را به صورت خیلی محسوسی کاهش می‌دهد به طوریکه نمونه دارای ٪۲ پلیمر مایع جذب آب نمونه‌ها را در ۱۲۰ دقیقه اول ۲/۵ برابر کمتر از نمونه شاهد کاهش داده است.

۳-۳- تأثیر پلیمر مایع با سنگدانه بازیافتی

نتایج آزمون جذب آب بتن‌هایی که در آن‌ها ۱، ۱/۵ و۲ درصد وزنی سیمان پلیمر مایع استفاده شده و ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی شده است، در جدول شماره (۱۰) و نمودار شکل شماره (۵) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۱۰) نتایج آزمون جذب آب در نمونه‌های دارای پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی

مقدار پلیمر مایع	مقدار سنگدانه بازیافتی	درصد جذب آب		
		۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه	۱۲۰ دقیقه
۰٪	۰٪	۰/۶۴	۰/۷۹	۰/۸۲
۱٪	۳۰٪	۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۶۲
۱٪	۴۰٪	۰/۵۸	۰/۶۵	۰/۶۹
۱٪	۵۰٪	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۹
۱/۵٪	۳۰٪	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۷
۱/۵٪	۴۰٪	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۵۹
۱/۵٪	۵۰٪	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۷۱
۲٪	۳۰٪	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۸
۲٪	۴۰٪	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۳۲
۲٪	۵۰٪	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۳۹



شکل شماره (۵): نمودار آزمون جذب آب در نمونه‌های دارای پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی

نوع سنگدانه‌ها از پارامترهای مهم در نفوذپذیری بتن می‌باشد. استفاده از سنگدانه‌های بازیافتی باعث افزایش نفوذپذیری بتن می‌شود، زیرا آب افتادگی و گیر افتادن حباب‌های هوا زیر این سطوح بیشتر بوده که عدم پیوستگی بین سنگدانه و خمیره سیمان را به همراه دارد، پس این نواحی افزایش نفوذ را به همراه دارد.

مشاهده می‌شود که در این طرح‌های اختلاط، نمونه‌هایی که دارای پلیمر مایع بیشتری هستند از افزایش جذب آب سنگدانه بازیافتی جلوگیری کرده‌اند. همچنین جذب آب نمونه‌ها در ۳۰ دقیقه اول کمتر از ۱۲۰ دقیقه نخست می‌باشد که به دلیل ماندگاری بیشتر نمونه در آب می‌باشد. در این نمونه‌ها بهترین حالت در نمونه دارای ٪۲ پلیمر مایع و ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی در ۳۰ دقیقه نخست می‌باشد که ۳ برابر کمتر از جذب آب نمونه شاهد می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

تخلخل بتن مقدار منافذ و سوراخ‌های داخل بتن می‌باشد که با درصدی از مجموع حجم ماده نشان داده می‌شود. نفوذپذیری بتن نیز بیانی از چگونگی ارتباط میان منافذ می‌باشد. تخلخل و نفوذپذیری بتن به کمک یکدیگر اجازه تشکیل مسیری برای انتقال آب به درون ماده را همراه با ایجاد شکافی که هنگام انقباض بوجود می‌آید، می‌دهد.

امروزه وجود ضایعات بتنی مشکلات زیادی را برای محیط زیست به وجود آورده است، از طرفی مواد معدنی مورد استفاده در بتن نیز محدود است و لذا به کارگیری سنگدانه‌های ضایعاتی بتنی در بتن جدید، منجر به کاهش تخریب زیست محیطی و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده می‌گردد.

بتن پلیمری در مقایسه با بتن‌های متداول دارای خواص مکانیکی قابل توجهی است، اگرچه قیمت آن به مراتب نسبت به بتن‌های سیمانی بیشتر است، با توجه به خواص خوب مکانیکی بتن پلیمری، با کاهش هزینه‌های ساخت، میتوان استفاده از این نوع بتن را افزایش داد.

در آزمایش جذب آب بتن سخت شده، آزمونه‌های عمل آوری شده، پس از خشک شدن در محیط آزمایشگاه توزین می‌شوند (وزن خشک اولیه). با ثبت دقیق زمان به مدت تقریباً ۳ روز داخل آب غوطه ور می‌شوند تا به یک وزن ثابت برسند. در این

مدت در زمان‌هایی، از داخل آب خارج شده و سطح آنها با یک پارچه خشک می‌گردد و سپس توزین می‌شوند. معمولاً پس از گذشت یک روز روند تغییرات وزن آزمونه‌ها اندک است. مقدار درصد جذب آب آزمونه‌ها در هر زمان با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید. سپس با رسم نمودار زمان-درصد جذب آب می توان نحوه تغییر وزن و جذب آب طرح‌ها را مشاهده نمود.

$$\text{درصد آب جذب شده} = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن m_0 وزن نمونه خشک و m وزن نمونه مرطوب می‌باشد.

این آزمایش طبق استاندارد BS 1881 انجام پذیرفت. آزمونه‌ها بعد از ساخت به مدت ۷ روز عمل آوری شده و سپس به مدت ۲۱ روز در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شده تا خشک شوند و در انتها در سن ۲۸ روزه آزمایش‌های مورد نظر انجام گردید. وزن خشک آزمونه‌ها اندازه گیری شد و بعد به مدت ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه به طور کامل در آب قرار داده شد به طوریکه تا ۵ سانتی متری روی آن‌ها آب قرار بگیرد. پس از خارج نمودن آزمونه از آب و خشک کردن سطح آنها با پارچه خشک، آزمونه توزین شده و وزن آن به عنوان وزن مرطوب ثبت گردید. با استفاده رابطه شماره (۱) که قبلاً به آن اشاره شد، درصد جذب آب ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه آزمونه‌ها اندازه گیری گردید.

با توجه به آزمایش‌های انجام شده، می‌توان نتایج زیر را در مورد جذب آب بتن سخت شده‌ی ساخته شده با سنگدانه‌های بازیافتی و اثر پلیمر مایع بر آن، بدست آورد:

- سنگدانه بازیافتی موجب افزایش جذب آب نمونه‌ها می‌شود و با افزایش مقدار سنگدانه بازیافتی، میزان جذب آب بتن نیز رفته رفته بیشتر می‌شود.
- استفاده از پلیمر مایع باعث می‌شود فاصله دانه‌های سیمان با هم و سیمان با سنگدانه به خوبی پر شود و میزان خلل و فرج بتن کاهش یابد و پلیمر مایع جذب آب نمونه‌های بتنی را به صورت بسیار محسوسی کاهش می‌دهد.
- در طرح‌های اختلاط حاوی پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی، نمونه‌هایی که دارای پلیمر مایع بیشتری هستند از افزایش جذب آب سنگدانه بازیافتی جلوگیری می‌کنند.

مراجع

۱. شکریه، محمود مهرداد، رضوانی، سینا، ۱۳۹۴. «ساخت و شناسایی یک بتن پلیمری و تخمین استحکام فشاری با استفاده از مدل میکرومکانیکی دوفازی»، مجله علوم و تکنولوژی پلیمری، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۲. صدرممتازی، علی، طهمورثی، محمد هادی، نصرتی ،حسن، ۱۳۹۲، بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی سنگدانه‌های ضایعاتی بتنی، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان.

۳. عسکری قوچانی، مجتبی؛ ندا بقیعی؛ منصور قلعه نوی و مسعود عطاریان، ۱۳۹۶، بررسی اثر میکروسیلیس بر نفوذپذیری بتن با سنگدانه‌های بازیافتی، ششمین کنفرانس ملی و دومین کنفرانس بین المللی مصالح و سازه‌های نوین در مهندسی عمران، یزد، دانشگاه یزد.

4. M. Barbuta, M. Rujanu, A. Nicuta, 2016. Characterization of Polymer Concrete with Different Wastes Additions. 9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, Tirgu Mures, Romania.
5. Mehta, P.K. & Monteiro, P.J.M. (2017), "Concrete –Microstructure, Properties and Materials", 3rd Edition, McGraw-Hill, New York.