ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله:۸۰۴۰۰ زمان پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۰۳/۱۵

بررسی تأثیر پلیمر مایع بر نفوذپذیری بتن با سنگدانه‌های بازیافتی

فرشاد کبیری[۱]، سینا مسلمی[۲]

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 پلیمر مایع بر نفوذپذیری بتن حاوی سنگدانه بازیافتی و مقایسه آن با سنگدانه معمولی می‌باشد. در این پژوهش از ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی سیمان پلیمر مایع به عنوان افزودنی استفاده شد و ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی شد. برای بررسی نفوذپذیری بتن از آزمون جذب مویینگی آب استفاده گردید. در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۷ روزه حاوی سنگدانه بازیافتی مشاهده می‌شود که نمونه‌هایی که قسمتی از سنگدانه آن بازیافتی بوده ضریب جذب آب آن بیشتر می‌باشد. این افزایش میزان جذب مویینه آب با بیشتر شدن مقدار سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی، سیر صعودی طی می‌کند. در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۲۸ روزه حاوی سنگدانه بازیافتی مشاهده می‌شود که آهنگ جذب آب مویینه نمونه‌ها کمتر شده که به دلیل تکمیل شدن تقریبی مراحل هیدراتاسیون بتن می‌باشد. در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۷ روزه حاوی پلیمر مایع مشاهده می‌شود که این ماده باعث می‌شود فاصله دانه‌های سیمان با هم و فاصله سیمان با سنگدانه‌ها به خوبی پر شود و میزان خلل و فرج بتن کاهش یابد و میزان جذب مویینه آب را کاهش می‌دهد. در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۲۸ روزه حاوی پلیمر مایع مشاهده می‌شود که نفوذپذیری نمونه‌ها به دلیل تکمیل هیدراتاسیون بتن کاهش بسیاری داشته است. در طرح‌های اختلاط حاوی پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی، نمونه‌هایی که دارای پلیمر مایع بیشتری هستند از افزایش جذب آب سنگدانه بازیافتی جلوگیری کرده‌اند.

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

۱- مقدمه

بتن یک ماده متخلخل و نفوذپذیر است. وجود خلل و فرج به خودی خود تاثیری در نفوذپذیری بتن ندارد؛ بلکه ارتباط موجود بین این خلل و فرج است که عامل اصلی نفوذپذیری می‌باشد. هرچه این ارتباط محدودتر گردد نفوذپذیری کمتر می‌شود و اگر ساختار بتن به گونه‌ای باشد که هیچ گونه ارتباطی بین این منافذ نباشد و یا به عبارتی منافذ موجود محبوس باشند میتوان با اطمینان گفت که این منافذ تاثیری بر نفوذپذیری ندارند ولی در حالت عادی به علت تشکیل لوله‌های مویین در اطراف این منافذ بر اثر پدیده مویینگی نفوذ آب در بتن تشدید می‌گردد (Basheer, 2018: 93-103).

عواملی همچون محدودیت منابع شن و ماسه طبیعی، عدم بازیافت نخاله‌های ساختمانی، کمبود مدفن‌های زباله، پدید آمدن مسائل متعدد زیست محیطی، افزایش هزینه ساخت و تولید به دلیل کمبود بحرانی سنگدانه طبیعی و همچنین اهمیت محیط

زیست، دولت‌ها را بر آن داشت تا با رویکردی جدید نسبت به این پدیده برخورد نمایند. وجود معضلات مطرح شده، رشد فناوری و در نهایت افزایش توان برای عرضه شن و ماسه‌ی بیشتر، منجر به استفاده از نخاله‌های بتنی به عنوان جایگزین سنگدانه‌های طبیعی شد. نتیجه این امر پدید آمدن مصالحی جدید همچون سنگدانه بازیافتی بتنی در ساخت و ساز بود. به طور کلی، سنگدانه بازیافتی از دو قسمت تشکیل شده است: الف) سنگدانه‌های طبیعی اولیه و ب) ذرات سیمان هیدراته‌ی چسبیده به سنگدانه طبیعی اولیه (Arshad, 2017: 83-97).

هرچند که از بدو پیدایش بتن، تحول اندکی در آن بوجود آمده، لیکن طیف وسیع کاربرد بتن عملاً بیانگر این مطلب است که مزایای بیشماری که این نوع مصالح از آن برخودار است، سایر موارد آن را تحت الشعاع قرار می‌دهد. در طراحی یک پروژه، بکارگیری مصالح مناسب و مقاوم از مهمترین وظایف یک مهندس به حساب می‌آید. در قرن بیستم پلیمرها نقش زیادی در دگرگونی صنایع بخصوص صنعت ساختمان ایفا کردند. بطوریکه این صنعت به عنوان بزرگترین مصرف کننده با ۲۵ تا ۳۰ درصد از کل پلیمرها را تشکیل دادند. مهندسین با توجه به نقایص بتن ازجمله مقاومت کششی کم، یخزدگی، سایش، خوردگی در برابر عوامل شیمیایی و فیزیکی و محدودیت‌های کاربردی غیر از صنعت ساختمان به فکر ایجاد تحول در صنعت بتن در زمان شکوفایی صنعت پلیمر شدند و تحقیقات گسترده‌ای صورت داده‌اند تا با استفاده از پلیمر در بتن ضمن رفع بسیاری از مشکلات بتن از این مصالح به شکل بهتر در ساختمان استفاده نمایند. به نظر میرسد با این تکنیک ساخت بتن ضمن پوشش بسیاری از نواقص بتن در آینده شاهد تحولات وسیعی در صنعت ساختمان باشیم که شاید اکنون ساخت آن با تکنولوژی موجود گران باشد ولیکن با کاهش در هزینه‌هایی دیگر و زمان و افزایش دوام پروژه بسیار کارگشا خواهد بود (جزایری،۱۳۹۴).

در فرآیند پلیمری شدن، مولکول‌های مونومر به طور شیمیایی به هم متصل می‌شوند تا پلاستیکی سخت و شیشه‌ای مانند، به نام پلیمر را ایجاد نمایند. پلیمرهای استفاده شده در بتن پلیمری برای ایجاد خواص مورد نیاز تعمیراتی فرموله شده‌اند (ملکان، ۱۳۹۷).

Vipulanandan عملکرد بتن پلیمری با رزین پلی استر و نیز بتن پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه را بررسی کرد. وی، در این پژوهش خواص ایستا از جمله روابط تنش، کرنش، مدول کشسانی، ضریب پواسون، بیشینه تنش و بیشینه کرنش را مطالعه کرد که نشان از تأثیر مثبت پلیمر داشت. (Vipulanandan, 2017)

Reis و همکاران برای تقویت خواص مکانیکی شکست و خمشی بتن پلیمری از الیاف کربن و شیشه استفاده کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، افزودن الیاف در مقادیر کم (تا ٪۲) باعث افزایش ۱۳ درصدی مقاومت بتن در برابر شکست می شود (Reis, 2016: 523-528).

با توجه به مقدمه اشاره شده، این پژوهش به دنبال استفاده از طرح اختلاطی جدید برای بهبود عملکرد نفوذپذیری بتن است. روند کلی این تحقیق به صورت آزمایشگاهی است و نتایج به دست آمده از آزمایشگاه، معیار مناسبی برای قضاوت در مورد بتن مسلح به پلیمر مایع با سنگدانه‌های بازیافتی، طرح اختلاط جدید و مقایسه آن‌ها با بتن‌های سنتی 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.

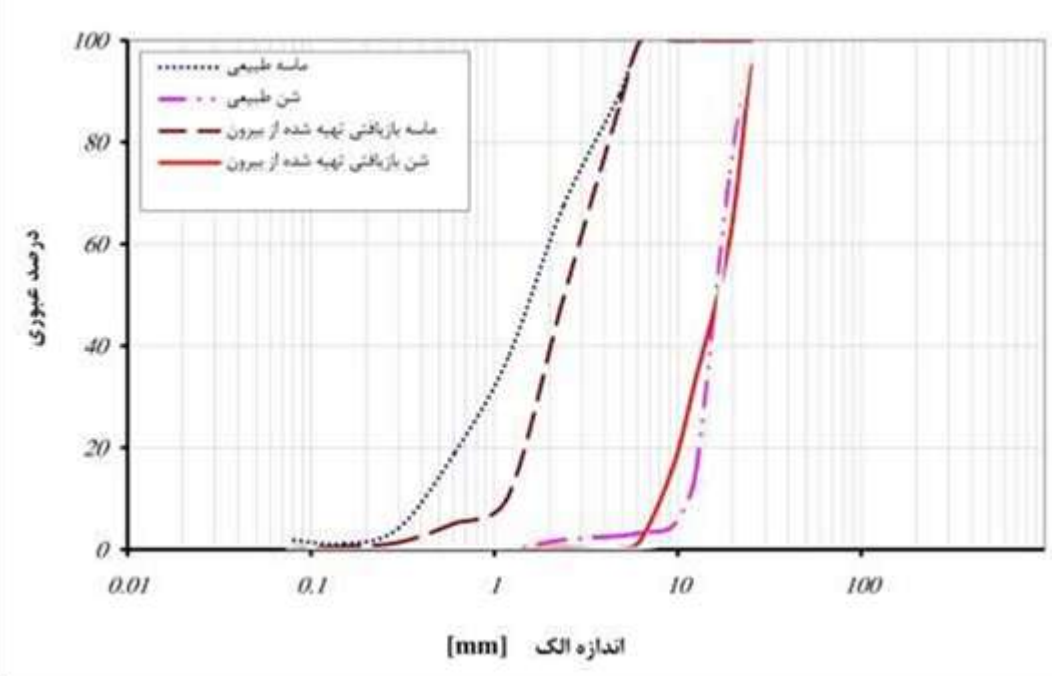
جدول شماره (۳) نتایج آزمایش دانه بندی مصالح سنگی

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 نفوذپذیری بتن

برای بررسی نفوذپذیری بتن از آزمون جذب مویینگی آب استفاده می‌گردد.

در این روش میزان آب جذب شده را میتوان با مقدار فضاهای موئینه نمونه‌های گوناگون بتنی و شکل و پیوستگی آن‌ها ارتباط داد. بالا بودن مقدار جذب آب موئینه و مقدار بالا آمدگی آب در نمونه‌های بتن، می تواند نشانگر ضعف ساختار ماتریس سیمانی، نفوذپذیری بالای آن و خطر تخریب در حملات کلرایدی باشد. جهت انجام این آزمایش طبق استاندارد BS EN 480-1997:5، نمونه‌های مکعبی ۱۵ سانتیمتری در سن آزمایش از محلول آب آهک خارج و جهت رسیدن به وزن ثابت به مدت ۱۴ روز در آون با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده خواهند شد. سپس نمونه‌ها پس از توزین درون ظرف آبی قرار داده می‌شوند، به گونه‌ای که سطح آب به اندازهٔ ۵ میلیمتر از تراز کف نمونه‌ها بالاتر باشد، وزن نمونه‌ها پس از ۳، ۶، ۲۴ و ۷۲ ساعت قرارگیری در آب، قرائت خواهند شد.

جذب مویینگی آب را با پارامتری به نام ضریب جذب مویینگی نیز می‌توان بیان نمود که در حقیقت نرخ جذب سطحی مایع توسط جسم جامد متخلخل را نشان می‌دهد. ضریب جذب مویینگی آب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{W}{A\sqrt{t}} \qquad (۱)$$

که در آن W میزان آب جذب شده توسط نمونه در انتهای آزمایش، A سطح مقطع نمونه و t مدت زمان که همان ۷۲ ساعت می‌باشد.

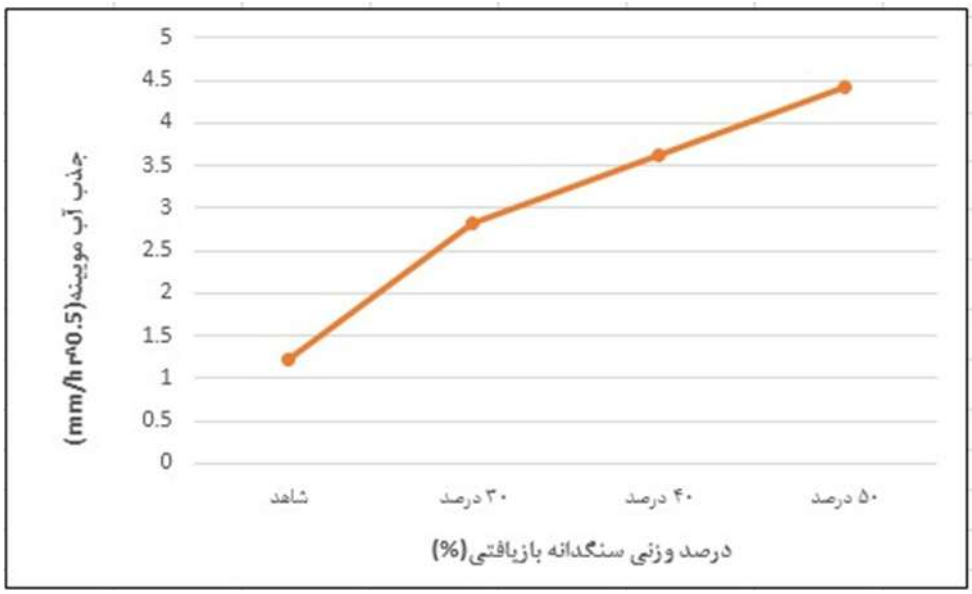
۳- نتایج

۳-۱- تأثیر سنگدانه بازیافتی

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

جدول (۷) نتایج ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۷ روزه دارای سنگدانه بازیافتی

مقدار سنگدانه بازیافتی	ضریب جذب مویینگی آب
۰٪	۱/۲۳۲
۳۰٪	۲/۸۲۳
۴۰٪	۳/۶۱۲
۵۰٪	۴/۴۲۳



شکل شماره(۳) نمودار ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۷ روزه دارای سنگدانه بازیافتی

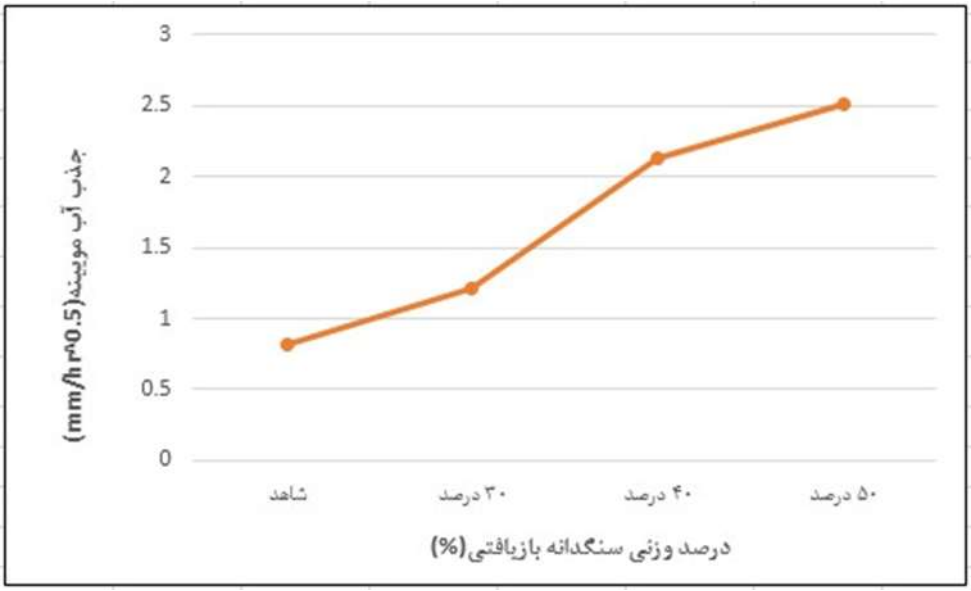
در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۷ روزه حاوی سنگدانه بازیافتی مشاهده می‌شود نمونه‌هایی که قسمتی از سنگدانه آن بازیافتی بوده ضریب جذب آب آن بیشتر می‌باشد. این افزایش میزان جذب مویینه آب با بیشتر شدن مقدار سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی، سیر صعودی طی می‌کند. بتن خرد شده چگالی کمتر و تخلخل بیشتر و در نتیجه

جذب آب بیشتری نسبت به سنگدانه طبیعی دارد. همچنین میزان جذب آب در روزهای اول بیشتر می‌باشد که به دلیل تکمیل نشدن هیدراتاسیون بتن می‌باشد. می‌بینم که در بدترین حالت زمانی که ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی شده است ۲/۶ برابر جذب آب مویینه نمونه‌ها بیشتر شده است.

نتایج آزمون جذب مویینگی آب بتن‌هایی که ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد، سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی شده است برای نمونه‌های ۲۸ روزه در جدول شماره (۸) و نمودار شکل شماره (۴) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۸) نتایج ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه۲های ۲۸ روزه دارای سنگدانه بازیافتی

مقدار سنگدانه بازیافتی	ضریب جذب مویینگی آب
۰٪	۰/۸۲۳
۳۰٪	۱/۲۱۲
۴۰٪	۲/۱۲۳
۵۰٪	۲/۵۱۲



شکل شماره (۴) نمودار ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۲۸ روزه دارای سنگدانه بازیافتی

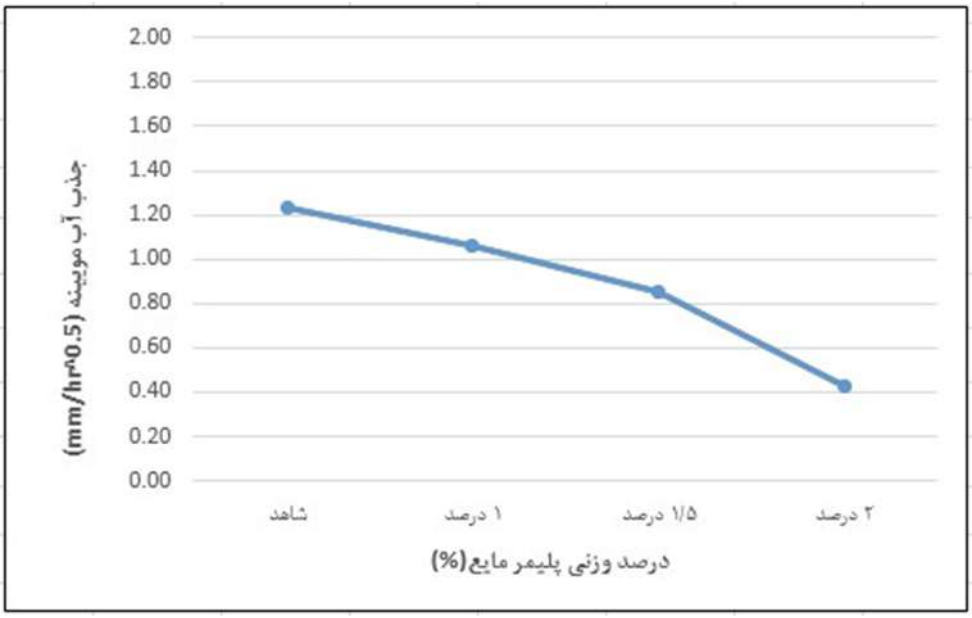
در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۲۸ روزه حاوی سنگدانه بازیافتی مشاهده می‌شود که آهنگ جذب آب مویینه نمونه‌ها کمتر شده که به دلیل تکمیل شدن تقریبی مراحل هیدراتاسیون بتن می‌باشد. ولی باز هم این ضریب جذب در نمونه‌های دارای سنگدانه بازیافتی بیشتر می‌باشد. در این نمونه‌ها بیشترین جذب آب مویینه در نمونه ۵۰ درصد سنگدانه بازیافتی و ۱/۲ برار نمونه شاهد می‌باشد.

۳-۲- تأثیر پلیمر مایع

نتایج آزمون جذب مویینگی آب بتن‌هایی که در آن‌ها ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی سیمان، پلیمر مایع استفاده شده است برای نمونه‌های ۷ روزه در جدول شماره (۹) و نمودار شکل شماره (۵) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۹) نتایج ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۷ روزه دارای پلیمر مایع

مقدار پلیمر مایع	ضریب جذب مویینگی آب
۰٪	۱/۲۳۲
۱٪	۱/۰۱۶
۱/۵٪	۰/۸۵۶
۲٪	۰/۴۲۳



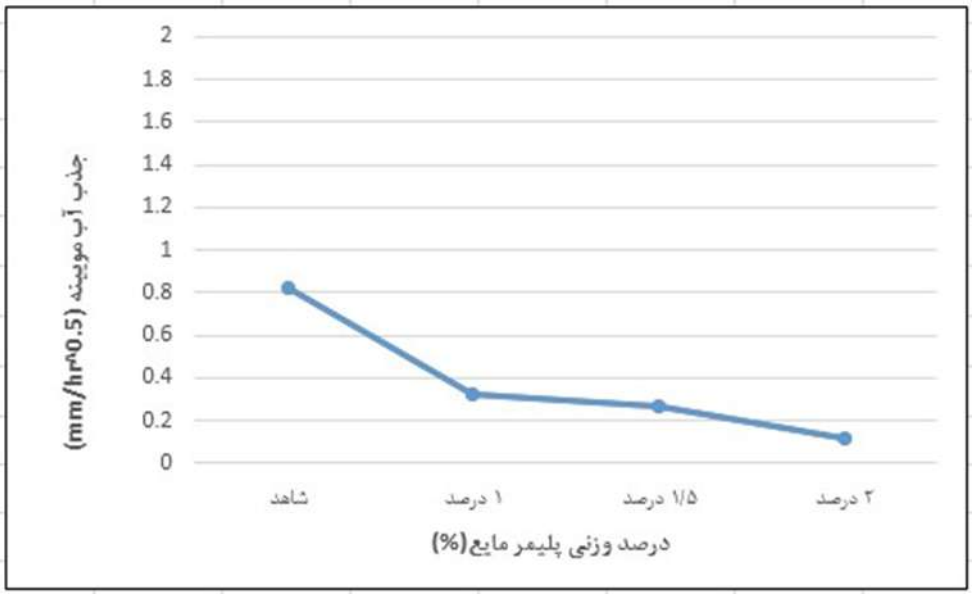
شکل شماره (۵) نمودار ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۷ روزه دارای پلیمر مایع

در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۷ روزه حاوی پلیمر مایع مشاهده می‌شود که این ماده باعث می‌شود فاصله دانه‌های سیمان با هم و سیمان با سنگدانه به خوبی پر شود و میزان خلل و فرج بتن کاهش یابد و میزان جذب مویینه آب را کاهش می‌دهد. البته اصولاً مقدار مورد استفاده از این نوع مواد در طرح اختلاط نباید بیشتر از ۲ درصد باشد؛ چون نتایج عکس در پی خواهد داشت. می‌بینم که ۲ درصد پلیمر مایع باعث کاهش ۱/۹ برابر جذب آب مویینه بتن می‌شود.

نتایج آزمون جذب مویینگی آب بتن‌هایی که در آن‌ها ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی سیمان، پلیمر مایع استفاده شده است برای نمونه‌های ۲۸ روزه در جدول شماره (۱۰) و نمودار شکل شماره (۶) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۱۰) نتایج ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۲۸ روزه دارای پلیمر مایع

مقدار پلیمر مایع	ضریب جذب مویینگی آب
۰٪	۰/۸۲۳
۱٪	۰/۳۲۱
۱/۵٪	۰/۲۶۹
۲٪	۰/۱۲۱



شکل شماره (۶) نمودار ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۲۸ روزه دارای پلیمر مایع

در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۲۸ روزه حاوی پلیمر مایع مشاهده می‌شود که کاهش نفوذپذیری نمونه‌ها به دلیل تکمیل هیدراتاسیون بتن خیلی بیشتر شده و در میزان ٪۲ پلیمر مایع، شاهد ۵/۸ برابر کاهش جذب آب مویینه نسبت به نمونه شاهد هستیم. که این یک ویژگی عالی این مواد می‌باشد.

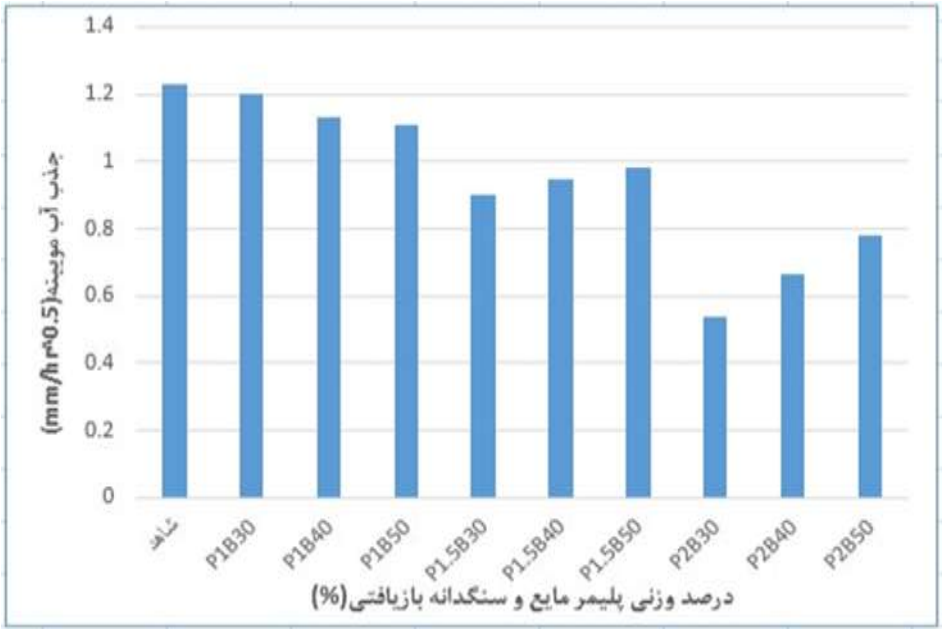
۳-۳- تأثیر پلیمر مایع با سنگدانه بازیافتی

نتایج آزمون جذب مویینگی 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 برای نمونه‌های ۷ روزه در جدول شماره (۱۱) و نمودار شکل شماره (۷) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۱۱) نتایج ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۷ روزه دارای پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی

مقدار پلیمر مایع	مقدار سنگدانه بازیافتی	جذب مویینگی آب
۰٪	۰٪	۱/۲۳۲
۱٪	۳۰٪	۱/۲۰۱

۱٪	۴۰٪	۱/۱۳۲
۱٪	۵۰٪	۱/۱۱۰
۱/۵٪	۳۰٪	۰/۹۰۱
۱/۵٪	۴۰٪	۰/۹۵۰
۱/۵٪	۵۰٪	۰/۹۸۱
۲٪	۳۰٪	۰/۵۳۶
۲٪	۴۰٪	۰/۶۶۴
۲٪	۵۰٪	۰/۷۸۱



شکل شماره (۷) نمودار ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۷ روزه دارای پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی

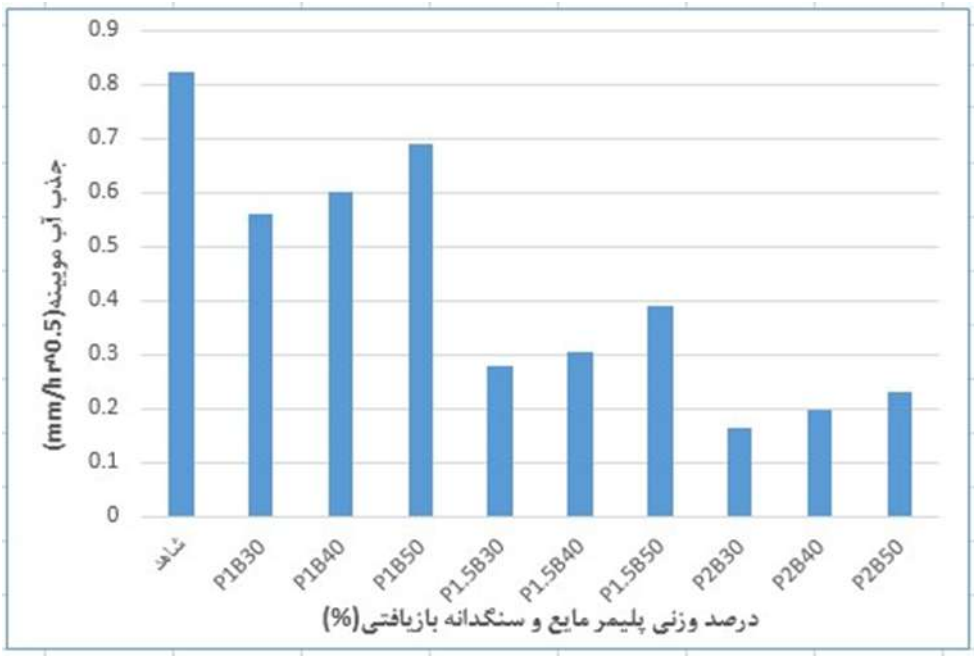
در نتایج آزمون جذب مویینگی آب نمونه‌های ۷ روزه حاوی پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی مشاهده می‌شود که پلیمر مایع از افزایش جذب آب مویینه نمونه‌های حاوی سنگدانه بازیافتی جلوگیری می‌کند. در نمونه‌های حاوی ٪۲ پلیمر مایع که دارای ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی می‌باشد، پلیمر مایع خیلی بهتر عمل می‌کند. این عمل به دلیل پر شدن خلل و فرج به وجود آمده حاصل از وجود سنگدانه بازیافتی، توسط پلیمر مایع می‌باشد که به مانند یک چسب عمل می‌کند.

نتایج آزمون جذب مویینگی 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 برای نمونه‌های ۲۸ روزه در جدول شماره (۱۲) و نمودار شکل شماره (۸) نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۱۲) نتایج ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۲۸ روزه دارای پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی

مقدار پلیمر مایع	مقدار سنگدانه بازیافتی	جذب مویینگی آب
۰٪	۰٪	۰/۸۲۳

۱٪	۳۰٪	۰/۵۶۱
۱٪	۴۰٪	۰/۶۰۳
۱٪	۵۰٪	۰/۶۹۱
۱/۵٪	۳۰٪	۰/۲۸۱
۱/۵٪	۴۰٪	۰/۳۰۶
۱/۵٪	۵۰٪	۰/۳۹۰
۲٪	۳۰٪	۰.۱۶۵
۲٪	۴۰٪	۰.۱۹۶
۲٪	۵۰٪	۰.۲۳۱



شکل شماره (۸) نمودار ضرایب جذب مویینگی آب در نمونه‌های ۲۸ روزه دارای پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی

مشاهده می‌شود که کاهش جذب آب مویینه در نمونه‌های ۲۸ روزه حاوی پلیمر مایع و سنگدانه بازیافتی خیلی بیشتر بوده و پلیمر مایع دوام بتن را به صورت خیلی خوب حفظ می‌کند. در این نمونه‌ها در بهترین حالت نمونه حاوی ٪۲ پلیمر مایع که دارای ٪۳۰ سنگدانه بازیافتی است، کاهش جذب آب مویینه ۳/۹ برابر نمونه شاهد بوده و در بدترین حالت نمونه حاوی ٪۱ پلیمر مایع که دارای ۵۰ درصد سنگدانه باز یافتی دارای ٪۱۹ کاهش جذب آب مویینه می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

عواملی همچون محدودیت منابع شن و ماسه طبیعی، عدم بازیافت نخاله‌های ساختمانی، کمبود مدفن‌های زباله، پدید آمدن مسائل متعدد زیست محیطی، افزایش هزینه ساخت و تولید به دلیل کمبود بحرانی سنگدانه طبیعی و همچنین اهمیت محیط زیست، دولت‌ها را بر آن داشت تا با رویکردی جدید نسبت به این پدیده برخورد نمایند. وجود معضلات مطرح شده، رشد فناوری و در نهایت افزایش توان برای عرضه شن و ماسه‌ی بیشتر، منجر به استفاده از نخاله‌های بتنی به عنوان جایگزین سنگدانه‌های طبیعی شد. نتیجه این امر پدید آمدن مصالحی جدید همچون سنگدانه بازیافتی بتنی در ساخت و ساز بود.

در قرن بیستم پلیمرها نقش زیادی در دگرگونی صنایع بخصوص صنعت ساختمان ایفا کردند. مهندسین با توجه به نقایص بتن ازجمله مقاومت کششی کم، یخزدگی، سایش، خوردگی در برابر عوامل شیمیایی و فیزیکی و محدودیت‌های کاربردی غیر از صنعت ساختمان به فکر ایجاد تحول در صنعت بتن در زمان شکوفایی صنعت پلیمر شدند و تحقیقات گسترده‌ای صورت داده‌اند تا با استفاده از پلیمر در بتن ضمن رفع بسیاری از مشکلات بتن از این مصالح به شکل بهتر در ساختمان استفاده نمایند. به نظر میرسد با این تکنیک ساخت بتن ضمن پوشش بسیاری از نواقص بتن در آینده شاهد تحولات وسیعی در صنعت ساختمان باشیم که بسیار کارگشا خواهد بود.

برای بررسی نفوذپذیری بتن از آزمون جذب مویینگی آب استفاده می‌گردد. در این روش میزان آب جذب شده را میتوان با مقدار فضاهای موئینه نمونه‌های گوناگون بتنی و شکل و پیوستگی آن‌ها ارتباط داد. بالا بودن مقدار جذب آب موئینه و مقدار بالا آمدگی آب در نمونه‌های بتن، می تواند نشانگر ضعف ساختار ماتریس سیمانی، نفوذپذیری بالای آن و خطر تخریب در حملات کلرایدی باشد. جهت انجام این آزمایش طبق استاندارد BS 5 EN 480-1997، نمونه‌های مکعبی ۱۵ سانتیمتری در سن آزمایش از محلول آب آهک خارج و جهت رسیدن به وزن ثابت به مدت ۱۴ روز در آون با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده خواهند شد. سپس نمونه‌ها پس از توزین درون ظرف آبی قرار داده می‌شوند، به گونه‌ای که سطح آب به اندازهٔ ۵ میلیمتر از تراز کف نمونه‌ها بالاتر باشد، وزن نمونه‌ها پس از ۳، ۶، ۲۴ و ۷۲ ساعت قرارگیری در آب، قرائت خواهند شد.

جذب مویینگی آب را با پارامتری به نام ضریب جذب مویینگی نیز می‌توان بیان نمود که در حقیقت نرخ جذب سطحی مایع توسط جسم جامد متخلخل را نشان می‌دهد. ضریب جذب مویینگی آب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{W}{A\sqrt{t}} \qquad (۱)$$

که در آن W میزان آب جذب شده توسط نمونه در انتهای آزمایش، A سطح مقطع نمونه و t مدت زمان که همان ۷۲ ساعت می‌باشد.

با توجه به آزمایش‌های انجام شده، می‌توان نتایج زیر را در مورد تأثیر پلیمر مایع بر نفوذپذیری بتن با سنگدانه‌های بازیافتی، بدست آورد:

- استفاده از سنگدانه‌های بازیافتی در ساخت بتن موجب افزایش ضریب جذب آب بتن می‌شود. این افزایش میزان جذب مویینه آب با بیشتر شدن مقدار سنگدانه بازیافتی جایگزین سنگدانه طبیعی، سیر صعودی طی می‌کند و علت آن، چگالی کمتر و تخلخل بیشتر و در نتیجه جذب آب بیشتر بتن خرد شده نسبت به سنگدانه طبیعی است.
- استفاده از پلیمر مایع در بتن‌های ساخته شده با سنگدانه‌های طبیعی، باعث می‌شود فاصله دانه‌های سیمان با هم و سیمان با سنگدانه‌ها به خوبی پر شود و میزان خلل و فرج بتن کاهش یابد که منجر به کاهش فراوان نفوذپذیری بتن می‌شود، که علت آن تکمیل هیدراتاسیون بتن می‌باشد.
- پلیمر مایع از افزایش جذب آب مویینه در بتن‌های حاوی سنگدانه بازیافتی جلوگیری کرده و باعث کاهش بسیار زیاد جذب آب مویینه در بتن‌های حاوی سنگدانه بازیافتی شده و دوام بتن را به صورت خیلی خوب حفظ می‌کند. این عمل به دلیل پر شدن خلل و فرج به وجود آمده حاصل از وجود سنگدانه بازیافتی، توسط پلیمر مایع می‌باشد که به مانند یک چسب عمل می‌کند.

مراجع

۱. جزایری مقدس، سیدمحمود و مهرزاد شینی میدانی، ۱۳۹۴. «بتنهای پلیمری و نقش آن در آینده پروژههای عمرانی»، کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه شهری، مازندران، موسسه علمیتحقیقاتی کومه علم آوران دانش.

۲. ملکان، میثم و محمدعلی دشتی رحمت آبادی، ۱۳۹۷. «بتن پلیمری، همایش بین المللی معماری عمران وشهرسازی در آغاز هزاره سوم»، تهران، کانون سراسری انجمنهای صنفی مهندسان معمار ایران.

3. Arshad, M. and Ahmed, M. F. (2017). “Potential use of reclaimed asphalt pavement and recycled concrete aggregate in base/subbase layers of flexible pavements”. Constr. Build. Mater., 151: 83-97.
4. Basheer, L., Kropp, J. & Cleland, D.J. (2018). "Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review", Constr Build Mater, 15, 93–103.
5. Reis J.M.L. and Ferreira A.J.M., Assessment of Fracture Properties of Epoxy Polymer Concrete Reinforced with Short Carbon and Glass Fibers, Construct. Build. Mater., 18, 523-528, 2016.
6. Vipulanandan C. and Mantrala S.K., Behavior of Fiber Reinforced Polymer Concrete, Proceeding of the 1996 4th Materials Engineering Conference, 1160-1169, 2017.