تحقیقات بتن
سال هفدهم، شمارهٔ اول
بهار ۱۴۰۳
ص ۱۱۹ – ۱۱۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴

تأثیر استفاده از متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن بر روی مقاومت فشاری و خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر

سجاد بایگی *
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام، تربت جام، ایران.

چکیده
استفاده از افزودنی‌ها به بتن باعث تغییر در خواص مکانیکی و رئولوژی بتن می‌شود. بتن پودری واکنش‌پذیر دارای مقاومت بالاتری نسبت به بتن معمولی است. در این تحقیق به بررسی تأثیرتأثیر افزودن الیاف پلی‌پروپیلن و متاکائولن بر روی مقاومت فشاری، کششی و خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر به‌صورت جداگانه و هنگامی‌که این دو ماده با هم در بتن پودری واکنش‌پذیر اضافه گردد، پرداخته شده است. در این پژوهش ٦٩ نمونه برای بررسی عملکرد بتن پودری واکنش‌پذیر مورد آزمایش قرار گرفته است. مقدار افزودنی متاکائولن به مقدار ۱، ۲، ۳ و ٤ درصد وزنی سیمان و الیاف پلی‌پروپیلن به مقدار ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی سیمان استفاده شده است. نتایج نشان دهنده آن است که با افزایش ۳ درصد متاکائولن به بتن پودری واکنش‌پذیر مقاومت فشاری تا ۲۳ درصد افزایش خواهد یافت. افزودن ۲ درصد وزنی سیمان از الیاف پلی‌پروپیلن به بتن پودری واکنش پذیرباعث افزایش مقاومت خمشی تا ۳۲ درصد خواهد شد. برای افزایش همزمان مقاومت فشاری و خمشی استفاده همزمان از متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن باعث افزایش مقاومت فشاری تا ۱۱ درصد و مقاومت خمشی تا ۱۹ درصد خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: بتن پودری واکنش‌پذیر، متاکائولن، الیاف پلی‌پروپیلن، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی.

* نویسنده مسئول: sajjad.baygi@gmail.com

۱- مقدمه

بتن پودری واکنش‌پذیر نسبت به بتن معمولی مقاومت فشاری بالاتری دارد. برای افزایش عملکرد بتن پودری واکنش‌پذیر می‌توان مواد افزودنی به بتن اضافه کرد. با افزودن الیاف پلی‌پروپیلن مقاومت کششی بتن به مقدار قابل توجهی افزایش خواهد یافت. یکی دیگر از افزودنی‌ها متاکائولن می‌باشد که برای افزایش مقاومت فشاری از این نوع ماده می‌توان استفاده کرد. به دلیل مقاومت بالا و دوام زیاد بتن پودری واکنش‌پذیر تحقیقات زیادی در مورد این نوع بتن انجام شده است [۱و۲]. برای برطرف کردن نقاط ضعف ذاتی که در بتن وجود دارد مانند شکنندگی بالا و مقاومت کششی پایین استفاده از مواد افزودنی پیشنهاد شده است [۳].

در مقایسه با بتن معمولی مواد تشکیل دهنده بتن پودری واکنش‌پذیر دارای ساختار همگن‌تر و متراکم‌تر به دلیل ۱- محدود کردن نسبت آب به سیمان کمتر ۰/۲ ۲- حذف سنگ‌دانه درشت ۳- بهینه‌سازی اندازه ذرات ۴- انجام عملیات پخت مخصوص و ۵- افزودن الیاف می‌باشد که به طور مؤثر می‌تواند مقاومت کششی، خمشی و شکل‌پذیری را به‌طور چشمگیری افزایش دهد [۴]. الیاف پلی‌پروپیلن یکی از انواع الیاف است که باعث افزایش عملکرد بتن می‌شود[۵]. عوامل زیادی بر روی عملکرد بتن که در آن از الیاف استفاده شده تأثیر گذار می‌باشد، مانند طول الیاف، نسبت طول به قطر و نوع الیاف [۶].

یازیچی و همکاران به بررسی تأثیر سرباره کوره آهن‌گدازی و خاکستر بادی با هدف کاهش میزان سیمان و دوده سلیس پرداختند که نتایج آزمایش‌ها نشان داد جایگزینی ۱۰ درصد خاکستر بادی و سرباره کوره آهنگدازی مقاومت فشاری ۲۸۰ مگاپاسکال را بدست می‌دهد [۷]. چاخرلو و شروانیتبار به مطالعهٔ تأثیر پودرسنگ آهک به‌عنوان جایگزین ماسه سیلیسی در بتن پودری واکنشی پرداختند. در پژوهش آن‌ها جایگزینی ۲۱ درصد پودر سنگ آهک به جای ماسه سیلسی بیشترین مقاومت فشاری را کسب کرد و افزودن پودر سنگ آهک باعث کاهش جذب آب نمونه‌ها گردید [۸]. لیو و همکاران به بررسی اثر پودر سنگ آهک بر مشخصات بتن پودری واکنش پذیر پرداختند. آنها توانستند به مقاومت فشاری ۱۶۰ مگاپاسکال و مقاومت خمشی ۳۶/۱ مگاپاسکال با افزودن پودر سنگ آهک به میزان ۲۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب و با نسبت آب به سیمان ۰٫۵ برسند. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در خصوص بتن پودری واکنش پذیر خصوصا تأثیر سنگ‌دانه‌های مختلف صورت گرفته است [۹].

هیو و همکاران به بررسی تأثیر استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن هنگام افزایش دما بر روی مقاطع بتنی ساخته شده به وسیله بتن پودری واکنش‌پذیر پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از مقدار الیاف به میزان ۲ درصد وزنی سیمان بهترین تأثیر بر روی جلوگیری از کاهش مقاومت را نشان داد [۱۰]. عبید و همکاران تأثیر استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن بر روی خزش تیرهای ساخته شده از بتن پودری واکنش پذیر را مورد بررسی قرار دادند [۱۱].

معراجی و همکاران در تحقیقی به بررسی اثر استفاده از الیاف مختلف بر خواص بتن پودری واکنش پذیر پرداختند. بدین منظور نوعی الیاف فولادی مستقیم کوتاه و نوعی الیاف کربن ریز شده مورد استفاده قرار گرفتند. مقدار الیاف فولادی به میزان حدود ۲/۵ درصد حجمی و مقدار الیاف کربن در حدود ۲/۵ درصد وزن سیمان مصرفی، در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که برخلاف انتظار، افزودن الیاف کربن به بتن پودری واکنش پذیر، تأثیر مثبتی بر مقاومت فشاری و خمشی ندارد. ولی با افزودن الیاف فولادی در حدود ۲/۵ درصد حجمی، مقاومت فشاری نمونه‌ها، حدودا ۱۱ درصد و مقاومت خمشی از ۹ مگاپاسکال به ۲۵ مگاپاسکال افزایش یافته است [۱۲]. حجازی و عبدالهی به بررسی تأثیر پودر شیشه، نانو سیلیس، الیاف شیشه‌ای و پلی‌پروپیلن بر خصوصیات مکانیکی بتن پودری واکنش‌پذیر پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود ۱۹ طرح اختلاط مختلف را برای بررسی عملکرد ۷ و ۲۸ روزه بتن پودری واکنش پذیر مورد آزمایش قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن پودر شیشه به‌عنوان جایگزین ماسه باعث کاهش ۲/۵ درصد مقاومت فشاری و افزایش ۵ درصدی مقاومت خمشی گردید. همچنین افزودن پودر شیشه به‌عنوان جایگزین سیمان تأثیر چندانی بر مقاومت خمشی و فشاری نداشت. افزودن نانو سیلیس باعث افزایش ۴ درصدی مقاومت فشاری و ۱۷ درصدی مقاومت خمشی گردید. افزودن نانو سیلیس و پودر شیشه به صورت هم زمان به عنوان جایگزین سیمان باعث افزایش ۱۲ درصدی مقاومت فشاری گردید ولی تأثیر چندانی بر مقاومت خمشی نداشت. افزودن الیاف شیشه‌ای باعث کاهش ۶ درصدی مقاومت فشاری و افزایش چشمگیر مقاومت خمشی تا ۳۰ درصدی شد. الیاف پلی-پروپیلن باعث کاهش ۱۲ درصدی مقاومت فشاری و افزایش۱۵

درصدی مقاومت خمشی گردید [۱۳]. سلواپریا و همکاران به بررسی تأثیر بتن پودری واکنش‌پذیر با الیاف بر روی مقاومت خمشی تیرها پرداختند. نتایج آنها نشان داد هنگام استفاده از الیاف در بتن پودری مقاومت خمشی تیرها تقریبا ۸ درصد افزایش خواهد یافت [۱۴]. ژانگ و همکاران به بررسی محاسبه مقاومت ستون‌های بتن پودری واکنش‌پذیر با الیاف فولادی پرداختند. نتایج آنها نشان داد مقاومت فشاری به مقدار چشمگیری افزایش خواهد یافت [۱۵].در این پژوهش جهت بررسی تأثیر افزودن الیاف پلی پروپیلن و متاکائولن بر روی مقاومت فشاری و خمشی بتن پودری واکنش پذیر، بتن‌هایی با مواد افزودنی الیاف پلی پروپیلن و متاکائولن با درصدهایی ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی سیمان مورد آزمایش قرار گرفته است. همچنین برای بررسی افزودن همزمان این دو ماده بر روی عملکرد بتن پودری واکنش‌پذیر درصدهای ۰/۵، ۱، ۱,۵ و ۲ درصد وزنی سیمان برای هر کدام از مواد در نظر گرفته شده است.

۲- انجام آزمایش‌ها

۲-۱- مصالح مصرفی و طرح اختلاط

مصالح استفاده شده برای ساخت بتن پودری واکنش‌پذیر شامل سیمان، ماسه سیلیس، پودر سیلیس، میکروسیلس، فوق روان کننده، الیاف و آب می‌باشد. طرح اختلاط مورد استفاده در این تحقیق از مرجع شماره [۱۵] استفاده شده است. سیمان استفاده شده برای ساخت بتن پودری واکنش‌پذیر، سیمان پرتلند نوع I کارخانه زاوه تربت حیدریه و میکروسیلیس محصول کارخانه فرو آلیاژ ایران انتخاب شده است. الیاف مورد استفاده دارای طول ۱۲ میلی‌متر، قطر ۲۰ میکرون و مقاومت کششی ۳۵۰ مگاپاسکال می‌باشند. مشخصات شیمیایی سیمان و میکروسیلیس استفاده شده در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. نسبت طرح اختلاط بتن پودری واکنش پذیر در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. در شکل ۱ منحنی دانه‌بندی مصالح سنگی مورد استفاده نشان داده شده است.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی بتن پودری واکنش پذیر

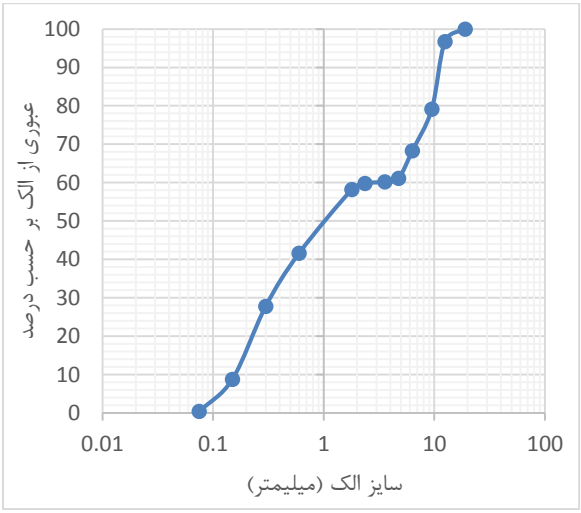
ترکیبات شیمیایی						
اجزای تشکیل دهنده	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3
سیمان	59.67	21.21	9.08	4.32	2.02	2.41
میکروسیلیس	0.16	95.89	0.22	0.1	0.11	-
پودر سیلیس		>99				

جدول ۲- طرح اختلاط بتن پودری واکنش پذیر (برحسب وزن سیمان)

سیمان	میکروسیلیس	ماسه سیلیسی	پودر سیلیس	فوق روان کننده	نسبت آب به سیمان
1	0.25	1.1	0.21	0.047	0.18

۲-۲- نمونه‌های مورد آزمایش

برای آماده سازی نمونه‌ها، ابتدا موادی که به صورت خشک مورد استفاده قرار می گیرند (سیمان، میکروسیلیس، ماسه سیلیسی و پودر سیلیس) به مدت ۵ دقیقه مخلوط شده و سپس آب و فوق روان کننده اضافه شده و به مدت ۷ دقیقه دیگر عمل مخلوط کردن ادامه خواهد یافت. سپس متاکائولن و یا الیاف پلی‌پروپیلن به تدریج به مخلوط اضافه شده و عمل اختلاط تا ۱۰ دقیقه دیگر ادامه خواهد یافت. برای انجام هر آزمایش ۳ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت و میانگین ۳ آزمایش به‌دست آمده به عنوان مقاومت نمونه مورد آزمایش ثبت شد. همه نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون قالب قرا گرفتند و بعد از درآوردن از قالب، ۴۸ ساعت در آب ۵۰ درجه



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی مصالح سنگی

سانتی‌گراد عمل‌آوری حرارتی شده و سپس در آب ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای انجام آزمایش مقاومت فشاری از نمونه‌های مکعبی با ابعاد ۱۰ سانتی‌متر و برای آزمایش مقاومت خمشی از نمونه‌هایی با ابعاد ۱۰*۱۰*۵۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای بررسی تأثیر افزودن الیاف پلی‌پروپیلن و متاکائولن بر روی مقاومت فشاری و خمشی بتن پودری واکنش پذیر مقادیر در نظر گرفته شده به صورت جدول ۳ می‌باشد. قالب‌های مورد استفاده برای انجام آزمایش فشاری و خمشی در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقدار افزودنی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن به بتن پودری واکنش‌پذیر (بر حسب درصد وزنی سیمان)

متاکائولن	۱	۲	۳	۴
الیاف پلی‌پروپیلن	۱	۲	۳	

الف- قالب آزمایش فشاری

ب- قالب آزمایش خمشی

شکل ۲- قالب‌های مورد استفاده برای آزمایش فشاری و خمشی

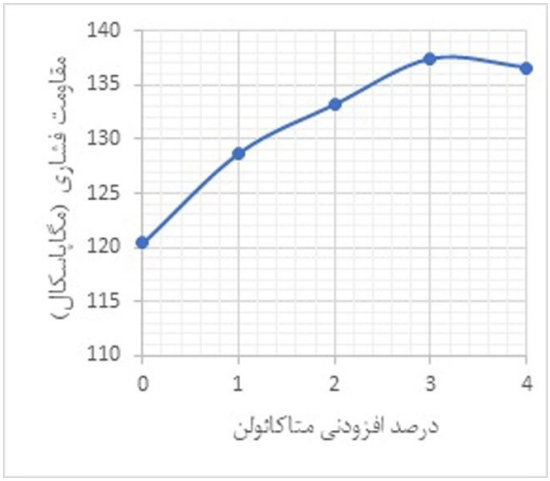
۳- نتایج آزمایشگاهی

۳-۱- مقاومت فشاری با متاکائولن

برای بررسی تأثیر افزودن متاکائولن بر مقاومت فشاری بتن پودری واکنش‌پذیر مقدار افزودنی متاکائولن ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی سیمان در نظر گرفته شده است. در این تحقیق منظور از نمونه شاهد، نمونه بتن پودری واکنش‌پذیر می‌باشد که در آن افزودنی متاکائولن یا الیاف پلی‌پروپیلن استفاده نشده است. در جدول ۴ و شکل ۳ مقاومت فشاری ۲۸ روزه آزمونه‌ها با درصدهای مختلف افزودنی متاکائولن نشان داده شده است.

جدول ۴- مقاومت فشاری آزمونه‌ها با و بدون افزودنی متاکائولن (مگاپاسکال)

نمونه شاهد با افزودنی متاکائولن	مقاومت فشاری
۰ درصد	۱۲۰/۴
۱ درصد	۱۲۸/۷
۲ درصد	۱۳۳/۲
۳ درصد	۱۳۷/۴
۴ درصد	۱۳۶/۶



شکل ۳- مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر با افزودنی متاکائولن (۲۸ روزه)

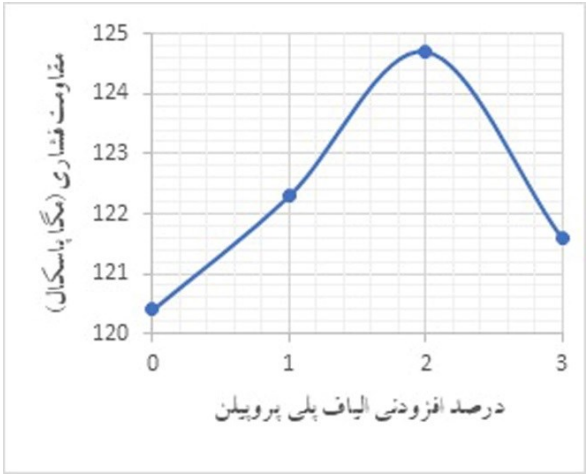
با افزودن متاکائولن تا ۳ درصد وزنی سیمان مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر تا ۲۳ درصد افزایش خواهد یافت. افزودن متاکائولن بیشتر از ۳ درصد وزنی سیمان باعث کاهش مقاومت فشاری خواهد شد.

۳-۲- مقاومت فشاری با الیاف پلی‌پروپیلن

برای بررسی تأثیر الیاف پلی‌پروپیلن بر روی مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر مقدار افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن به مقدار ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی سیمان در نظر گرفته شده است. در جدول ۵ و شکل ۴ مقاومت فشاری ۲۸ روزه آزمونه‌ها با درصدهای مختلف افزودنی الیاف متاکائولن نشان داده شده است.

جدول ۵- مقاومت فشاری آزمونه‌ها با و بدون افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن (مگاپاسکال)

نمونه شاهد با افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن	مقاومت فشاری
۰ درصد	۱۲۰/۴
۱ درصد	۱۲۲/۳
۲ درصد	۱۲۴/۷
۳ درصد	۱۲۱/۶



شکل ۴- مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر با افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن (۲۸ روزه)

بهینه‌ترین درصد افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن برای افزایش مقاومت فشاری بتن پودری واکنش‌پذیر ۲ درصد وزنی سیمان می‌باشد. با افزایش بیشتر از ۲ درصد وزنی سیمان الیاف پلی پروپیلن به بتن پودری واکنش پذیر، مقاومت فشاری کاهش خواهد یافت.

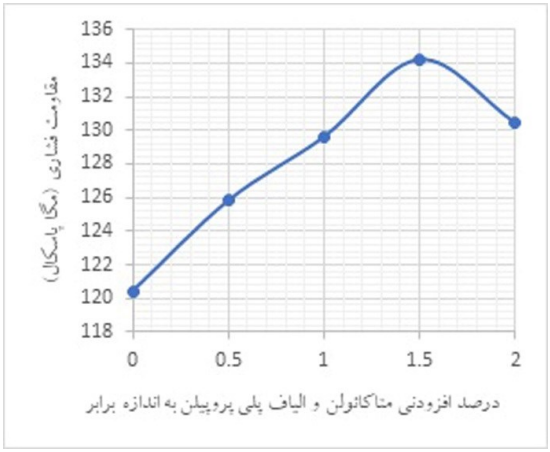
۳-۳- مقاومت فشاری با تأثیر همزمان متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن

به‌منظور بررسی تأثیر همزمان متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن بر روی مقاومت فشاری بتن پودری واکنش‌پذیر درصدهای در نظر گرفته شده برای این دو ماده به مقدار برابر می‌باشد. در این بخش مقدار افزودنی ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی سیمان برای هر کدام از مواد متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن در نظر گرفته شده است. در جدول ۶ و شکل ۵ مقاومت فشاری ۲۸ روزه آزمونه‌ها با درصدهای مختلف افزودنی‌های متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن نشان داده شده است.

با افزودن هم‌زمان متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن میزان افزایش مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر حداکثر ۱۲ درصد خواهد بود.

جدول ۶- مقاومت فشاری آزمونه‌ها با و بدون افزودنی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن به طور همزمان (مگاپاسکال)

نمونه شاهد با افزودنی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن	مقاومت فشاری
۰ درصد	۱۲۰/۴
۰/۵ درصد از هر ماده	۱۲۵/۸
۱ درصد از هر ماده	۱۲۹/۶
۱/۵ درصد از هر ماده	۱۳۴/۲
۲ درصد از هر ماده	۱۳۰/۴



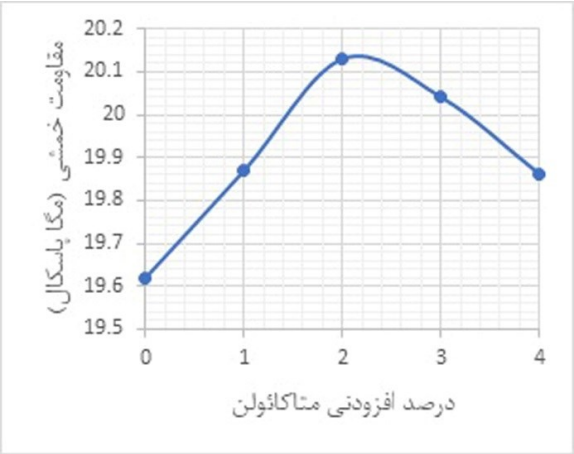
شکل ۵- مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر با افزودنی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن (۲۸ روزه)

۳-٤- مقاومت خمشی با متاکائولن

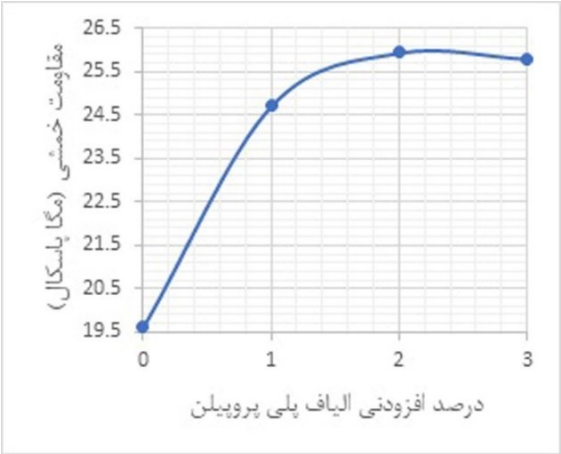
برای بررسی مقاومت خمشی از نمونه‌هایی با ابعاد ۵۰۰*۱۰۰*۱۰۰ میلی‌متر استفاده شده است. در این تحقیق مقدار افزودنی متاکائولن برای بررسی تأثیر این ماده بر روی مقاومت خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد سیمان در نظر گرفته شده است. در جدول ۷ و شکل ۶ مقاومت خمشی ۲۸ روزه آزمونه‌ها با درصد-های مختلف متاکائولن نشان داده شده است.

جدول ۷- مقاومت خمشی آزمونه‌ها با و بدون افزودنی متاکائولن (مگاپاسکال)

نمونه شاهد با افزودنی متاکائولن	مقاومت خمشی
۰ درصد	۱۹/۶۲
۱ درصد	۱۹/۸۷
۲ درصد	۲۰/۱۳
۳ درصد	۲۰/۰۴
۴ درصد	۱۹/۸۶



شکل ۶- مقاومت خمشی بتن پودری واکنش پذیر با افزودنی متاکائولن (۲۸ روزه)



شکل ۷- مقاومت خمشی بتن پودری واکنش پذیر با افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن (۲۸ روزه)

افزودن متاکائولن به بتن پودری واکنش پذیر تأثیر زیادی بر روی مقاومت خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر ندارد. بهترین درصد افزودن متاکائولن برای افزایش مقاومت خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر ۲ درصد می‌باشد که باعث افزایش ۲/۵ درصد مقاومت خمشی خواهد شد.

۳-۵- مقاومت خمشی با الیاف پلی‌پروپیلن

درصدهای در نظر گرفته شده برای افزودن الیاف پلی‌پروپیلن به منظور بررسی تأثیر این ماده بر روی مقاومت خمشی بتن پودری واکنش پذیر ۱، ۲ و ۳ درصد می‌باشد.

در جدول ۸ و شکل ۷ مقاومت خمشی ۲۸ روزه آزمونه‌ها برای در نظر گرفتن تأثیر الیاف پلی‌پروپیلن بر روی مقاومت خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر نشان داده شده است.

تأثیر افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن بر روی مقاومت خمشی بیشتر از متاکائولن می‌باشد. با افزودن الیاف پلی‌پروپیلن مقاومت خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر تا ۳۲ درصد افزایش خواهد یافت.

جدول ۸- مقاومت خمشی آزمونه‌ها با و بدون افزدونی متاکائولن (مگاپاسکال)

نمونه شاهد با افزودنی الیاف پلی‌پروپیلن	مقاومت خمشی
۰ درصد	۱۹/۶۲
۱ درصد	۲۴/۷۲
۲ درصد	۲۵/۹۴
۳ درصد	۲۵/۸۰

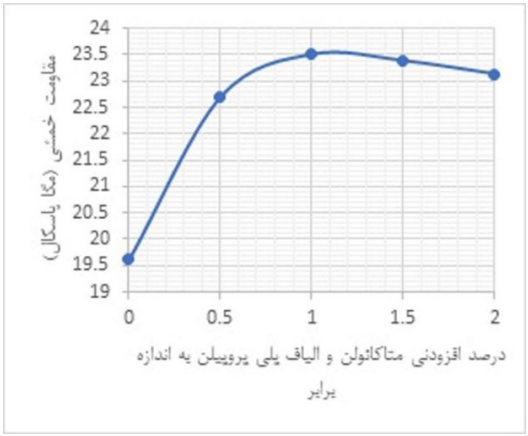
۳-۶- مقاومت خمشی با تأثیر همزمان متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن

در این بخش برای بررسی تأثیر همزمان متاکائولن و الیاف پلی-پروپیلن بر روی مقاومت خمشی بتن پودری مقدار افزودنی‌های متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن به اندازه برابر در نظر گرفته شده است این مقادیر برای هر ماده برابر ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ در نظر گرفته شده است.

در جدول ۹ و شکل ۸ مقاومت خمشی ۲۸ روزه آزمونه‌ها برای در نظر گرفتن تأثیر همزمان متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن بر روی مقاومت خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر نشان داده شده است.

جدول ۹- مقاومت خمشی آزمونه‌ها با و بدون افزدونی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن به طور همزمان (مگاپاسکال)

نمونه شاهد با افزودنی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن	مقاومت خمشی
۰ درصد	۱۹/۶۲
۰/۵ درصد از هر ماده	۲۲/۶۹
۱ درصد از هر ماده	۲۳/۵۰
۱/۵ درصد از هر ماده	۲۳/۳۸
۲ درصد از هر ماده	۲۳/۱۳



شکل ۸- مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر با افزودنی متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن (۲۸ روزه)

٤- نتایج

در این پژوهش برای بررسی تأثیر متاکائولن، الیاف پلی‌پروپیلن و همچنین تأثیر همزمان این دو ماده بر روی مقاومت فشاری و خمشی بتن پودری واکنش‌پذیر آزمونه‌هایی با ابعاد ۱۰ سانتی‌متر برای مقاومت فشاری و آزمونه‌هایی با ابعاد ۵۰*۱۰*۱۰ سانتی‌متر برای مقاومت خمشی در نظر گرفته شده است. برای هر آزمایش ۳ آزمونه مورد آزمایش قرار گرفت و میانگین مقاومت این ۳ آزمونه به عنوان مقاومت آزمونه ثبت شد.

نتایج نشان دهنده آن است که تأثیر متاکائولن نسبت به الیاف پلی-پروپیلن بر روی مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر بیشتر می‌باشد با استفاده از متاکائولن مقاومت فشاری بتن پودری واکنش پذیر تا ۱۳ درصد افزایش خواهد یافت. تأثیر الیاف پلی پروپیلن بر روی مقاومت خمشی نسبت به متاکائولن بیشتر می‌باشد. با افزایش الیاف پلی‌پروپیلن به بتن پودری واکنش پذیر مقاومت خمشی تا ۳۲ درصد افزایش خواهد یافت. برای افزایش همزمان مقاومت فشاری و خمشی استفاده همزمان از متاکائولن و الیاف پلی‌پروپیلن باعث افزایش مقاومت فشاری تا ۱۱ درصد و مقاومت خمشی تا ۱۹ درصد خواهد شد. با مقایسه نتایج بدست آمده برای افزایش الیاف پلی‌پروپیلن با نتایج تحقیقات گرجی آذندریانی [۱۶] نشان می‌دهد در هر دو تحقیقات حداکثر افزایش مقاومت فشاری تقریبا ۱۰ درصد می‌باشد. با مقایسه نتایج با تحقیقات سلواپریا [۱۴] که تأثیر الیاف پلی‌پروپیلن بر عملکرد تیر بتن مسلح را بررسی کردند، نشان دهنده آن است افزایش الیاف بر روی مقاومت خمشی در تیر بتن مسلح کمتر از تیر غیر مسلح می‌باشد.

٥- مراجع

[1] Cheyrezy M., Maret V., Frouin L., “Microstructural analysis of RPC (reactive powder concrete)”, Cement Concr. Res, Vol. 25, pp. 1491-1500, 1995.

[2] Bonneau O., Poulin C., Dugat M., “Reactive powder concretes: from theory to practice”, Concr. Int, Vol. 18, pp. 47–49, 1996.

[3] Yoo D., Lee J., Yoon S., “Effect of fiber content on mechanical and fracture properties of ultra high performance fiber reinforced cementitious composites”, Compos. Struct, Vol. 106, pp. 742–753, 2013.

[4] Ahmad S., Zubair A., Maslehuddin M., “Effect of key mixture parameters on flow and mechanical properties of reactive powder concrete”, Constr. Build. Mater, Vol. 99, pp. 73–81, 2015.

[5] Wu Z., Shi C., He W., Wu L., “Effects of steel fiber content and shape on mechanical properties of ultra high performance concrete”, Constr. Build. Mater, Vol. 103, 8–14, 2016.

[6] Yazıcı S., Inan G., Tabak V., “Effect of aspect ratio and volume fraction of steel fiber on the mechanical properties of SFRC”, Constr. Build. Mater. Vol. 21, pp. 1250–1263, 2007.

[7] Yazici H., Yiğ iter H., Karabulut A., Baradan B., “Utilization of fly ash and ground granulated blast furnace slag as an alternative silica source in reactive powder concrete,” Fuel, Vol. 87, pp. 2401–2407, 2008.

[۸] چاخرلو، ج.، شروانی تبار ب.، "استفاده از پودر سنگ آهک به عنوان جایگزین بخشی از ماسه سیلیسی در بتن پودری واکنش پذیر"، نهمین کنفرانس ملی بتن. انجمن بتن ایران، تهران، ۱۳۹۶.

[9] Liu H., Song S., Sun Y., Wang L., “Influence of Ultrafine Limestone Powder on the Performance of High Volume Mineral Admixture Reactive Powder Concrete,” Adv. Mater. Res., Vol. 152–153, pp. 1583–1586, 2010.

[10] Hou X., “Effect of fire insulation on fire resistance of hybrid-fibre reinforced reactive powder concrete beams”, Compos. Struct, 2019.

[11] Abid M., “Creep behavior of steel fibre reinforced reactive powder concrete at high temperature”, Constr. Build. Mater, 2019.

[۱۲] معراجی، ل.، افشین، ح.، عابدی، ک.، "اثر الیاف مختلف بر خواص بتن پودری واکنش‌پذیر"، پنجمین کنفرانس سالانه ملی بتن ایران، ۱۳۹۲.

[۱۳] حجازی، م.، عبدالهی، ح.، " تأثیر پودر شیشه، نانو سیلیس، الیاف شیشه‌ای و پلی‌پروپیلن بر خصوصیات مکانیکی بتن پودری

واکنش‌پذیر"، تحقیقات بتن، شماره چهارم، ص ۴۸-۳۳، ۱۳۹۷.

[14] Selvapriya R., Tamilchelvan P., Gopinath M., Supriya S "Experimental investigation on flexural strength behaviour of reactive powder concrete", materialstoday:PROCEEDINGS, Vol .14, 2023.

[15] Zhang L., Zhang M., Wang K., Shi J., Chen W., Yan K., "Axial compressive behavior of steel-reinforced reactive powder concrete short columns", Structures, Vol .46, pp. 433-444, 2022.

[16] Hiremath N., Subhash C., "Performance evaluation of reactive powder concrete with polypropylene fibers at elevated temperatures", Construction and Building Materials, Vol. 169, pp. 499- 512, 2018.

The effect of using metakaolin and polypropylene fibers on the compressive and flexural strength of reactive powder concrete

Sajjad Baygi *
Assistant Professor, Islamic Azad University of Torbate-Jam, Torbate-Jam, Iran.

Abstract

The use of admixtures in concrete changes the mechanical properties and rheology of concrete. Reactive powdered concrete has a higher strength than ordinary concrete. In this study, the effect of adding polypropylene and metakaolin fibers on the compressive, tensile and flexural strength of reactive powder concrete separately and when these two materials are added together in reactive powder concrete, has been investigated. In this study, 69 samples have been tested to evaluate the performance of reactive powder concrete. The results show that with a 3% increase in metakaolin to reactive powder concrete, the compressive strength will increase to 23%. Adding 2% by weight of cement from polypropylene fibers to reactive powder concrete will increase the flexural strength by up to 32%. To simultaneously increase the compressive and flexural strength, the simultaneous use of metakaolin and polypropylene fibers will increase the compressive strength by up to 11% and flexural strength by up to 19%.

Keywords: Reactive Powder Concrete, Metakaolin, Polypropylene Fibers, Compressive Strength, Flexural Strength.

* Corresponding Author: sajjad.baygi@gmail.com