

## ارزیابی خواص مکانیکی و دوام کفپوش‌های بتنی پیش‌ساخته

سمانه فرهمند<sup>۱</sup>، محمد تیموری موگوئی<sup>۲</sup>، پیام ایزدیار<sup>۳</sup>

<sup>۱،۲</sup> کارشناس عمران آزمایشگاه فنی و ژئوتکنیک معاونت فنی و عمرانی شهرداری کرج

[Mam007ad@aut.ac.ir](mailto:Mam007ad@aut.ac.ir)

<sup>۳</sup> مدیر آزمایشگاه فنی و ژئوتکنیک معاونت فنی و عمرانی شهرداری کرج

کد مقاله: 317D

### چکیده

کف‌سازی مسیره‌های پیاده باید مقاوم و با توجه به شرایط اقلیمی با مصالح مناسب انجام گیرد. پیاده‌روها با فضای اطراف در تعامل اند و می‌توانند به زیبایی بصری بیافزایند، همچنین مطلوبیت این مسیره‌ها در وجه شهر تاثیرگذار است. علاوه بر این، مشخصات مکانیکی و حفظ ویژگی‌های ظاهری و مکانیکی در طول زمان (دوام) کف‌سازی‌های بکارگرفته شده، باید مد نظر گرفته شود زیرا علاوه بر بار مالی خرید قطعات پیش‌ساخته و اجرای کف‌سازی بتن بکار رفته برای تولید آنها از سیمان و مصالح سنگی (شن و ماسه)، که اولی مصالحی گران و زیان‌بار برای محیط زیست و دومی مصالحی غیر قابل جایگزین می‌باشد، تولید می‌شود. کفپوش‌های بتنی که با انواع روش‌های پرس تر، خشک و یا میز ویبره و انواع مواد فوق روان‌کننده و رنگ‌های شیمیایی برای ایجاد طرح و رنگ‌های متنوع قابل تولید است، پرکاربردترین مصالح مورد استفاده در کف‌سازی معابر شهری و پیاده‌روها به شمار می‌رود. از این رو در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک شهرداری کرج، آزمایش‌های خمش سه نقطه‌ای، سایش توسط دستگاه چرخ پهن و جذب آب بر روی محصولات کارخانه‌های تولید قطعات پیش‌ساخته محدوده استان البرز به جهت ارزیابی مشخصات فنی و کیفیت کفپوش‌های تولیدی، انجام شده است. نتایج بدست آمده با مشخصات فنی ارائه شده توسط استاندارد ملی ایران ۷۵۵-۲ مقایسه شده است و راهکارهایی برای بهبود کیفیت و علل مشکلات متعدد فنی و دوام محصولات پیش‌ساخته بتنی بکار رفته شده در سطح شهر ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: کفپوش بتنی، مشخصات مکانیکی، خمش، سایش، جذب آب

## ۱- مقدمه

از نقطه نظر توسعه صنعتی جهان را به دو بخش می‌توان تقسیم نمود، بخش اول مناطقی هستند که صنعتی شده‌اند و توسعه شهری آنها از بیش از صد سال پیش آغاز شده است؛ بخش دوم مناطقی هستند که صنعتی شدن و توسعه شهری در آنها، اساساً پس از پایان جنگ جهانی دوم شروع شده است. به نظر می‌رسد که در چشم انداز آینده، هر دو بخش کشورهای جهان، به مقادیر زیادی مصالح ساختمانی نیاز خواهند داشت. در جهان توسعه یافته برنامه‌های عظیم و بسیار وسیعی از پروژه‌های عمرانی و ساختمانی برای مناطق شهری تدوین می‌شود. این برنامه‌ها، نه تنها ساخت و سازهای جدید، بلکه تعمیر و بهسازی و نیز جایگزینی سازه‌های جدید به جای سازه‌های موجود را شامل می‌شود. ساخت ساختمان‌های مسکونی، اداری و صنعتی، احداث پارکینگ‌های عمومی، سیستم‌های حمل و نقل همانند بزرگراهها، پل‌ها، بندرگاه‌ها و فرودگاه‌ها، تا سیستم‌های آب و فاضلاب نظیر لوله‌های انتقال آب و یا فاضلاب، منابع و مخازن ذخیره و تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب، بهسازی معابر شهری همانند جدول‌گذاری، ساخت و بهسازی پیاده‌روها و همچنین ایجاد مراکز تفریحی همانند پارکها و دریاچه‌های مصنوعی در برنامه‌های عمرانی سالیانه هر شهری گنجانده می‌شوند و نقش به‌سزایی در پیشرفت زیرساخت‌های شهری و رضایت عمومی مردم شهر و ارزیابی عملکرد مسئولان شهری از جمله مدیران شهرداری خواهد داشت [1].

شهرداری‌ها به عنوان دستگاه مسئول و عهده‌دار ایجاد و کنترل ساخت و ساز در شهرها، مهمترین وظیفه را در نظارت بر حسن اجرای ضوابط فنی، آیین‌نامه‌ها و مباحث ملی در پروژه‌های عمرانی بر عهده دارند که می‌بایست با همکاری سازمان‌های نظام مهندسی ساختمان و سازمان ملی استاندارد ایران به مطلوب‌ترین شکل ممکن نسبت به این مهم اقدام نمایند. کنترل کیفیت و ارتقای سطح کیفی در مصالح بکار رفته در پروژه‌های عمرانی و نظارت بر صحت ساخت ساز وظیفه اصلی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک است که نتیجه آن بالا رفتن کیفیت سازه‌های ساخته شده و رشد و شکوفایی کشور خواهد بود. آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک معاونت فنی و عمرانی شهرداری کلان شهر کرج، نقش اصلی و کلیدی در کنترل کیفی پروژه‌های عمرانی را با تکیه بر نیروهای متخصص و مجرب به همراه نوآوری و بکارگیری روشهای نوین در انجام و تحلیل نتایج انجام می‌دهد.

توسعه شهرنشینی و نیاز بیشتر به فضاهای رفت و آمد از یک سو، قیمت نسبتاً پایین و کیفیت بالای کفپوش‌های بتنی و تنوع در رنگ، طرح و ابعاد از سوی دیگر، سبب افزایش روز به روز استفاده از آنها شده است. کف‌سازی مسیره‌های پیاده باید مقاوم و با توجه به شرایط اقلیمی با مصالح مناسب انجام گیرد. پیاده‌روها با فضای اطراف در تعامل اند و می‌توانند به زیبایی بصری بیافزایند، همچنین مطلوبیت این مسیره‌ها در وجه شهر تاثیرگذار است. علاوه بر این، مشخصات مکانیکی و حفظ ویژگی‌های ظاهری و مکانیکی در طول زمان (دوام)، کف‌سازی‌های بکارگرفته شده باید مد نظر گرفته شود زیرا علاوه بر بار مالی خرید قطعات پیش ساخته و اجرای کف‌سازی بتن بکار رفته، برای تولید آنها از سیمان و مصالح سنگی (شن و ماسه)، که مورد اول مصالحی گران و زیان‌بار برای محیط زیست و دومی مصالح غیر قابل جایگزینی می‌باشد، تولید می‌شود. کفپوش‌های بتنی که با انواع روش‌های پرس تر، خشک و یا میز و بیره و انواع مواد فوق روان‌کننده و رنگ‌های شیمیایی برای ایجاد طرح و رنگ‌های متنوع قابل تولید است، پرکاربردترین مصالح مورد استفاده در کف‌سازی معابر شهری و پیاده‌روها به شمار می‌رود.

در این مقاله ضمن توضیح مختصر در مورد نحوه تولید کفپوش‌های بتنی، آزمایش‌ها و نتایج بررسی‌های صورت گرفته بر روی محصولات کارخانه‌های تولید قطعات پیش ساخته محدوده استان البرز به جهت ارزیابی مشخصات فنی و کیفیت کفپوش‌های تولیدی، به همراه مقایسه نتایج بدست آمده با مشخصات فنی ارائه شده توسط استاندارد ملی ایران ۷۵۵-۲ (موزاییک سیمانی برای کاربردهای بیرونی) صورت گرفته است و با توجه به نحوه تولید و عمل آوری، راهکارهایی برای بهبود کیفیت و علل مشکلات متعدد مکانیکی و دوام کفپوش‌های پیش ساخته بتنی بکار رفته شده در سطح شهر کرج ارائه شده است. لازم به ذکر است کفپوش‌های مورد بررسی در این مقاله شامل کفپوش‌های ساده و شیاری (کفپوش نابینایان) و در رنگ‌های زرد، قرمز و طوسی بوده است.

## ۲- روش‌های تولید و عمل آوری کفپوش‌های بتنی

روش‌های تولید معتبر شناخته شده کفپوش‌های بتنی سه روش فشاری تر (پرس تر)، فشاری خشک (پرس خشک) و بیره‌ای می‌باشند. محصولات تولید شده در روش پرس تر به مراتب کیفیت بهتری نسبت به دو روش دیگر دارند همچنین تولید با استفاده از میز و بیره سنتی‌ترین روش تولید است که عموماً کیفیت محصولات تولیدی به دلیل وابستگی به اپراتورهای انجام دهنده متغیر

می‌باشد. در تمام روش‌ها می‌توان از یک ملات ریزدانه برای پوشش سطحی (سطح رویه) استفاده نمود و بدین ترتیب کیفیت لایه سطحی با بتن اصلی متفاوت خواهد بود. این لایه سطحی باید از چسبندگی و اتصال خوبی با بتن اصلی برخوردار باشد. در روش ویبره‌ای (میز ویبره) بتن تولید شده با سطح کارایی خمیری یا خمیری شل در قالب‌هایی با جنس پلاستیک فشرده ریخته می‌شوند و با قرار دادن قالب‌ها بر روی میز ویبره تراکم صورت می‌گیرد. در این روش برای رسیدن به سطح کارایی خمیری که منجر به تراکم کافی در نمونه‌های تولیدی با میزه ویبره شود، نیازمند استفاده از مواد روان‌کننده یا فوق روان‌کننده می‌باشیم. شواهد و تجربیات قبلی در این روش، نشان داده است که در صورت عدم استفاده از روان‌کننده و عدم کاهش نسبت آب به مواد سیمانی نمی‌توان محصولی با مشخصات مکانیکی و دوام قابل قبول تولید نمود. همچنین برای ایجاد دوام مورد نظر به ویژه در شرایط محیطی دارای یخبندان و ذوب شدن‌های مکرر دستیابی به بتن مطلوب بدون مواد حباب‌زا عملاً مشکل و شاید غیر ممکن باشد [۲].

بتن مورد استفاده در روش پرس خشک با سطح کارایی خیلی سفت، به اصطلاح بتن خشک، در قالب ریخته می‌شود و در حین ویبره پرس با فشار زیاد سبب متراکم شدن بتن می‌گردد. در این روش عموماً از دو نوع بتن در قسمت سطحی (رویه) و میانی (پایه) استفاده می‌شود. این روش امکان دستیابی به نسبت آب به مواد سیمانی کم بدون استفاده از مواد افزودنی روان‌کننده یا حباب‌زا را فراهم می‌آورد. نتیجه مطلوب در این روش تا حدود زیادی علاوه بر استفاده از طرح اختلاط مناسب بتن مصرفی، مشروط به تراکم کافی و عمل‌آوری کافی بعد از تولید است [۲].

در روش پرس تر بتن با سطح کارایی خمیری شل یا خیلی روان تولید و در قالب ریخته می‌شود و متراکم می‌گردد؛ سپس آب اضافی از سطوح آن مکیده یا توسط صفحات جاذب آب، جذب می‌گردد و همزمان با خروج آب، بتن لرزانده و فشرده می‌شود تا فضای خالی ایجاد شده در اثر خروج آب تا حد امکان کم گردد. پس از این مرحله کفیوش‌های بتنی روی پالت قرار گرفته و پس از بسته بندی (معمولاً) به اتاق بخار برای عمل‌آوری منتقل می‌شوند. قطعات تولیدی به این روش دارای مشخصات مکانیکی بسیار مناسب و عملکرد قابل قبول در مقابل سیکل‌های یخبندان، عوامل سایش و فرسایش نسبت به دو روش دیگر می‌باشند. در شکل ۱ تصاویری از نحوه تولید کفیوش‌های بتنی به روش پرس تر آورده شده است.



شکل (۱): تولید کفیوش بتنی به روش پرس تر

همانند تمامی محصولات بتنی، نحوه نگهداری و عمل‌آوری پس از تولید کفیوش‌ها تأثیر به‌سزایی در کیفیت نهایی آنها خواهد داشت. بطور کلی نگهداری نمونه‌ها در اتاق بخار برای مدت معین (معمولاً ۱۲ الی ۴۸ ساعت) و سپس آبیاری روزانه روش مورد استفاده تولیدکنندگان می‌باشد. عموماً عمل‌آوری در اتاق بخار سبب هیدراتاسیون کامل‌تر و کسب نتایج بهتر می‌شود، همچنین در صورتی که نمونه‌های تولیدی بلافاصله پس از ساخت با پوشش‌های پلاستیکی بصورت کامل پوشانده شوند و بصورت منظم و روزانه سه الی هفت روز آب‌دهی انجام گیرد، در صورت مناسب بودن طرح مخلوط، نتایج مناسبی حاصل خواهد شد.

### ۳- آزمایش‌های انجام شده

در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک شهرداری کرج آزمایش‌های خمش سه‌نقطه‌ای، سایش توسط دستگاه چرخ‌پهن و جذب آب برای ارزیابی مشخصات فنی و کیفیت کفیوش‌های بتنی پیش ساخته بکاربرده می‌شوند. نحوه انجام آزمایش و محاسبه نتایج مطابق روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۵-۲ بوده است. نتایج آزمایش‌ها در قالب کدهای A تا F و بدون ذکر نام شرکت

تولید کننده ذکر شده است. آزمون‌های مورد آزمایش با نمونه‌گیری از قطعات مورد استفاده در پروژه‌های در حال اجرای مناطق دوازده گانه شهرستان کرج در بازه زمانی اسفندماه ۱۳۹۳ تا تیرماه ۱۳۹۴ بدست آمده‌اند. برای بررسی مقاومت مکانیکی نمونه‌ها آزمایش خمش سه نقطه‌ای (با بار خطی) و برای ارزیابی دوام، اندازه‌گیری جذب آب و مقاومت سایشی با دستگاه سایش به روش چرخ پهن صورت گرفته است [۳].

نمونه‌های آزمایش شده برای محصولات هر کارخانه (هر کد) در بازه‌های زمانی مختلف (فاصله زمانی حداقل یک ماه) به جهت کنترل کیفیت در طول زمان اخذ شده است. در جدول ۱ روش تولید و عمل آوری هر کارخانه و تعداد نمونه‌های آزمایش شده آورده شده است. لازم به ذکر است هر کدام از نمونه‌ها شامل ۴ آزمون بوده است؛ به عبارت دیگر هر کدام از اعداد ذکر شده برای مقاومت خمشی، درصد جذب آب و مقاومت سایشی از میانگین‌گیری نتایج چهار آزمون بدست آمده‌اند و در مجموع ۱۸۰ آزمون از شش کارخانه در محل اجرای پروژه‌ها اخذ گردید و در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک شهرداری کرج مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

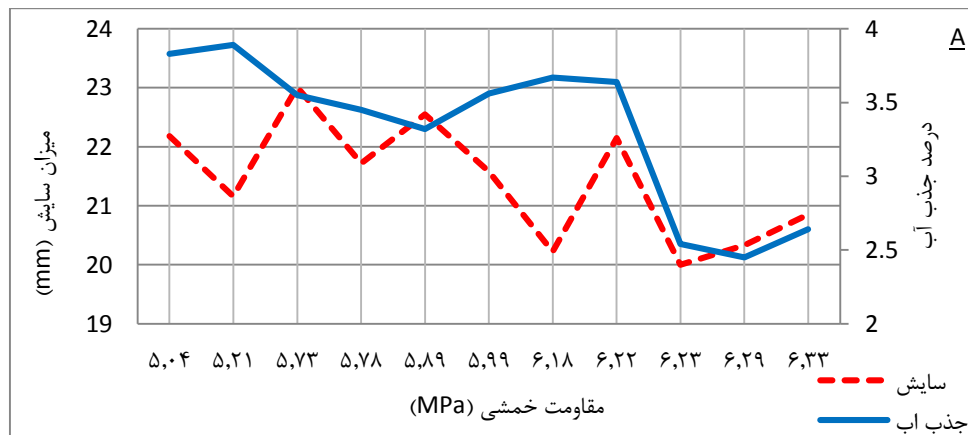
جدول (۱): روش تولید و عمل آوری کارخانه‌های ارزیابی شده

تعداد نمونه‌های آزمایش شده	نوع عمل آوری	کد کارخانه	روش تولید
۱۱	اتاق بخار	A	پرس تر
۴	اتاق بخار	B	پرس خشک
۹	آبدهی	C	
۴	اتاق بخار	E	
۴	آبدهی	D	میز ویبره
۱۳	آبدهی	F	

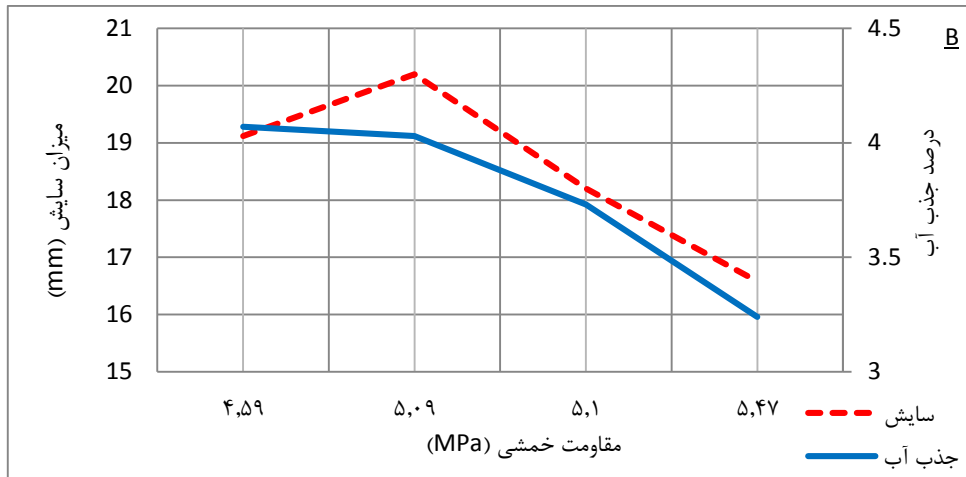
#### ۴- نتایج بدست آمده و بحث در مورد آنها

۴-۱ بررسی روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه‌های آزمایش شده

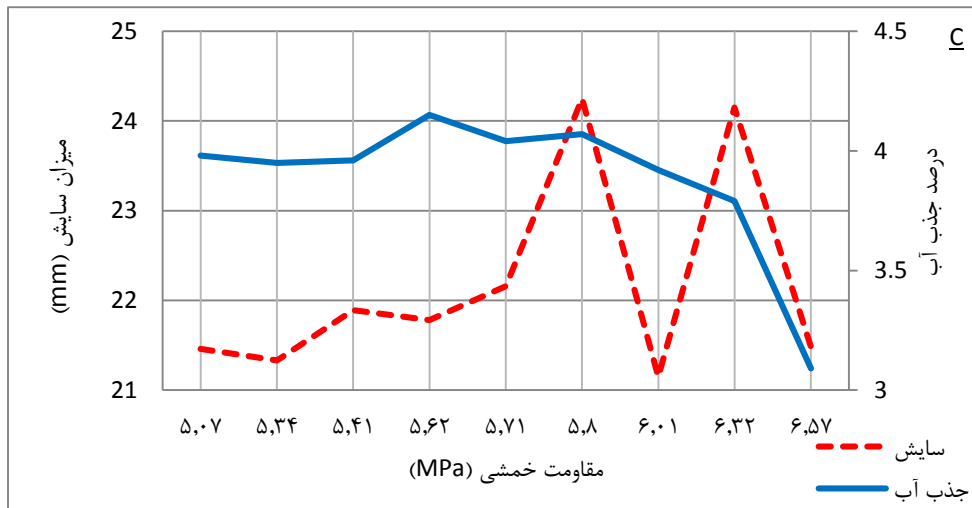
نتایج آزمایش‌های صورت گرفته در قالب نمودارهای مختلف ارائه شده است. در نمودارهای ۱ تا ۶ نتایج آزمایش‌های مقاومت خمشی، مقاومت سایشی و درصد جذب آب بر روی کفپوش‌های بتنی آورده شده است.



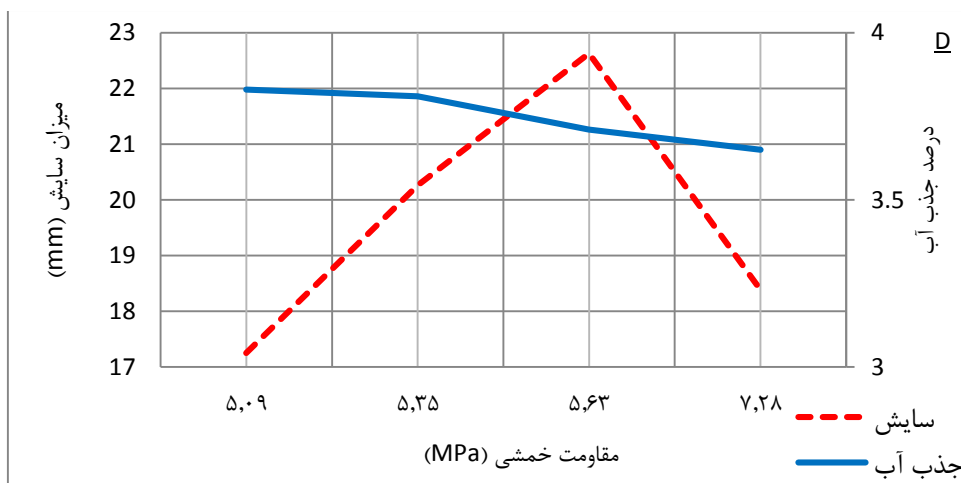
نمودار (۱): روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه‌های آزمایش شده-کارخانه A



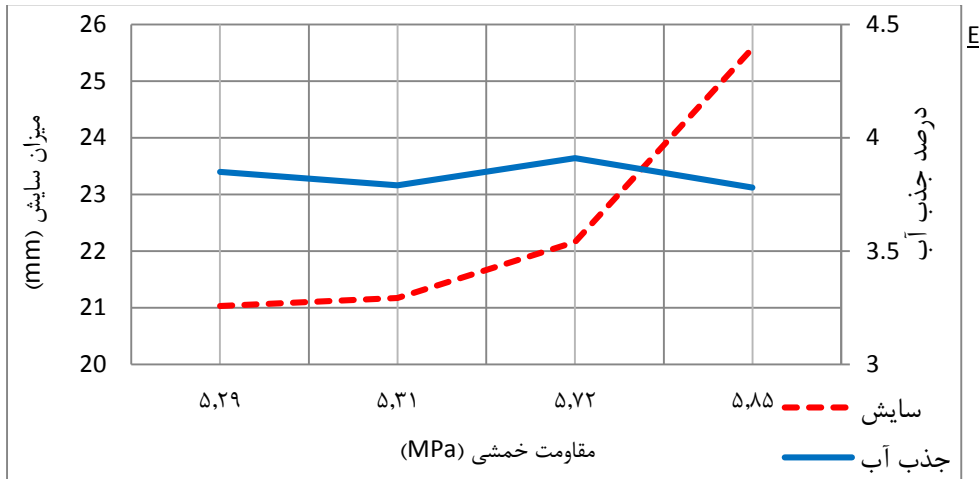
نمودار (۲): روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه آزمایش شده-کارخانه B



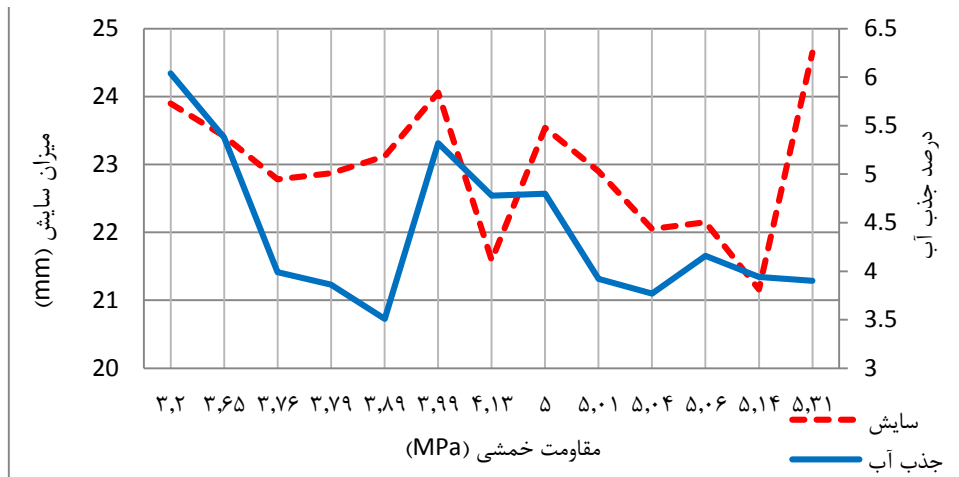
نمودار (۳): روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه آزمایش شده-کارخانه C



نمودار (۴): روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه آزمایش شده-کارخانه D



نمودار (۵) : روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه آزمایش شده-کارخانه E



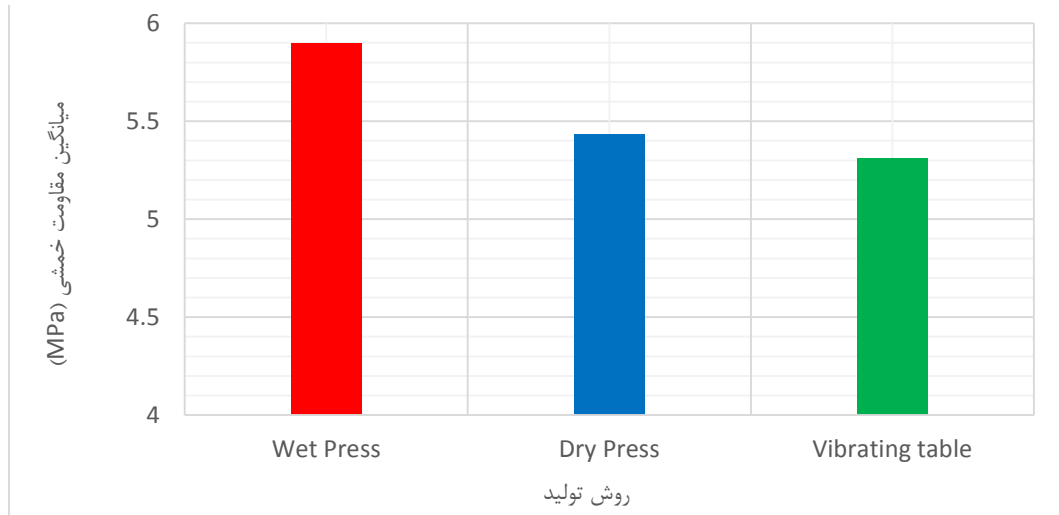
نمودار (۶) : روند تغییرات درصد جذب آب، مقاومت خمشی و سایشی نسبت به تعداد نمونه آزمایش شده - کارخانه F

در نمودارهای فوق مشخص است که بطور کلی افزایش مقاومت خمشی کفپوش‌های بتنی، سبب کاهش درصد جذب آب می‌شود. فقط در نمودار ۶ (کارخانه F با روش تولید ویبره‌ای) برای مقاومت خمشی در بازه‌ی ۳/۸۹ تا ۴ مگاپاسکال این روند مشاهده نمی‌شود که با توجه به وابسته بودن روش تولید ویبره‌ای به افراد تولید کننده و عدم یکنواختی تولید، قابل توجیه می‌باشد و برای بعد و قبل از بازه‌ی فوق با افزایش مقاومت خمشی، کاهش در درصد آب جذب شده مشاهده می‌شود.

همچنین با توجه به نمودارهای ۱ تا ۶ مشاهده می‌شود که رابطه معنی‌داری بین مقاومت سایشی و مقاومت خمشی کفپوش‌ها وجود ندارد. از جمله پارامترهای تاثیرگذار بر مقاومت فشاری و خمشی بتن، می‌توان به نسبت آب به سیمان، عیار سیمان، طرح مخلوط بتن مورد استفاده، تراکم مناسب، عمل آوری با مدت زمان کافی و کیفیت مصالح سنگی مصرفی از هم از لحاظ دانه‌بندی و هم از نظر مقادیر مواد زیان‌آور در ترکیب آنها اشاره نمود. در مورد عوامل تاثیرگذار بر مقاومت سایشی کفپوش‌ها می‌توان به کیفیت مصالح مصرفی (از جمله رنگ مورد استفاده) و همچنین تراکم، پرس کافی لایه دوم (لایه رویه) و جنس لایه دوم (برای مثال استفاده از سیلیس برای افزایش مقاومت سایشی و کاهش نفوذ پذیری) اشاره کرد. در نتیجه جهت بررسی دقیق پارامترهای تاثیرگذار بر مقاومت سایشی، نیازمند ساخت کفپوش‌های بتنی با طرح اختلاط مشابه با روش‌های تولید و عمل آوری متفاوت، با مصالح سنگی و نسبت آب به سیمان و عیار متفاوت سیمان هستیم، که این مورد، هدف این تحقیق نبوده است و جز برنامه‌های آتی تحقیقاتی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک شهرداری کرج خواهد بود.

## ۴-۲ بررسی درصد جذب آب، مقاومت خمشی و مقاومت سایشی در روش‌های تولید مختلف

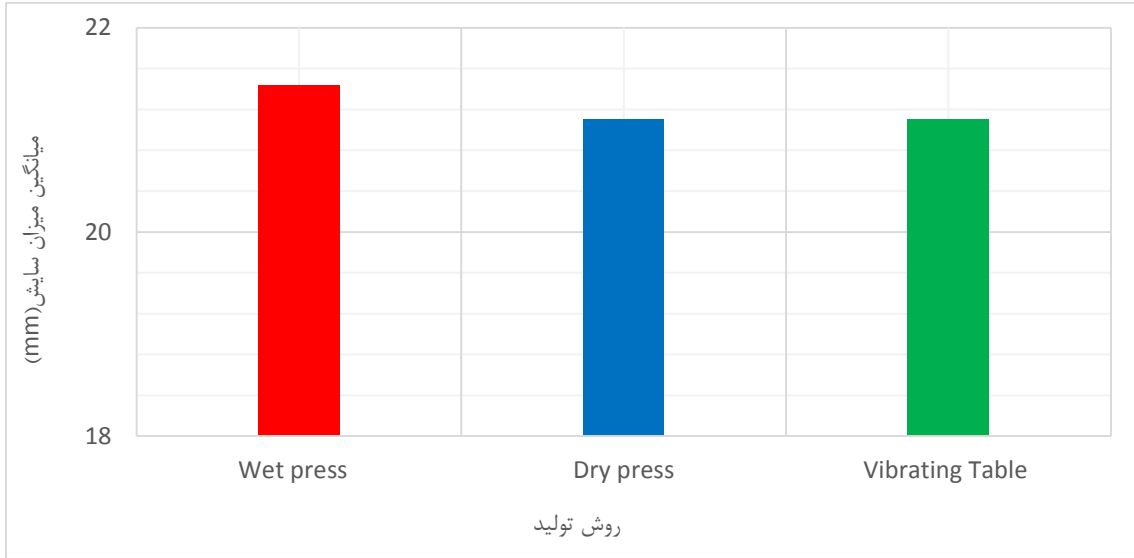
برای مقایسه کیفیت روش‌های تولید مختلف، به مقایسه مقاومت خمشی، درصد جذب آب و مقاومت سایشی کفپوش‌ها بتنی کارخانه‌های A تا F پرداخته‌ایم. اعداد ذکر شده در هر نمودار، از میانگین‌گیری مقدار نتایج نمونه‌های هر روش تولیدی بدست آمده‌اند. در نمودارهای ۷ تا ۹ مقایسه‌ای مابین نتایج میانگین مقاومت خمشی، مقاومت سایشی و درصد جذب آب سه روش تولید کفپوش‌های بتنی مورد بحث صورت گرفته است.



نمودار (۷): میانگین مقاومت خمشی در روش‌های تولید پرس تر، خشک و ویبره

در نمودار ۷ مشخص است که، کمترین مقدار میانگین مقاومت خمشی مربوط به روش تولید ویبره‌ای و عمل آوری بصورت آبدهی روزانه بوده است. همچنین بهترین عملکرد از نظر خواص مکانیکی با توجه به نمودار ۷ مربوط به کارخانه روش تولید پرس تر و عمل آوری با اتاق بخار به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت بوده است که بیانگر کارایی این روش تولید می‌باشد. در روش پرس خشک سه کارخانه B، C و E به ترتیب دارای میانگین خمشی ۵،۰۶، ۵،۷۶ و ۵،۴۸ مگاپاسکال و در روش میزه ویبره دو کارخانه D و F به ترتیب دارای میانگین خمشی ۵،۸۴ و ۴،۷۸ بوده است. در نمودار ۷ میانگین این مقادیر آورده شده است. هر دو کارخانه D و F کفپوش‌های بتنی خود را به روش میزه ویبره تولید می‌کنند، اما نتایج کسب شده در این دو واحد تولیدی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند. در روش تولید با میزه ویبره وابستگی شدیدی مابین کیفیت محصول نهایی با مهارت و آگاهی افراد درگیر در روند تولید و تجربه در میزان تراکم مناسب، مقدار بتن مورد استفاده در هر قالب و شرایط عمل‌آوری وجود دارد. در حالی که در روش پرس خشک، به دلیل مکانیزه بودن روند تولید نتایج نزدیک‌تر به یکدیگر می‌باشند و کیفیت تولید قطعات پیش ساخته بتنی در واحدهای مختلف تفاوت کمتری با یکدیگر دارند و در صورت استفاده از کنترل آزمایشگاهی منظم، بهینه سازی طرح مخلوط استفاده شده و بهبود شرایط عمل آوری قادر به بهبود کیفیت خواهند بود ولی در روش ویبره‌ای همانطور که با نتایج دو کارخانه F و D مشخص است، عدم یکنواختی در تولید بصورت قابل توجهی وجود دارد. با بازدید میدانی از محل کارخانه F و بررسی روند تولید کفپوش‌های آن، مشکلات متعددی از جمله اندازه‌گیری نامناسب بتن مورد استفاده در قالب‌ها (عدم اندازه‌گیری وزنی یا حجمی)، عدم آشنایی و تجربه افراد تولید کننده با بتن و قطعات پیش ساخته بتنی، عمل آوری نامناسب به روش آبدهی با تعداد دفعات کم (یک یا دو بار قبل از خروج بار از کارخانه)، ویبره نامناسب و غیر یکنواخت و استفاده از رنگ‌های با کیفیت پایین (به علت قیمت پایین‌تر نسبت به محصولات مشابه) مشاهده گردید، که با توجه به این موارد، نتایج ضعیف بدست آمده منطقی بوده است.

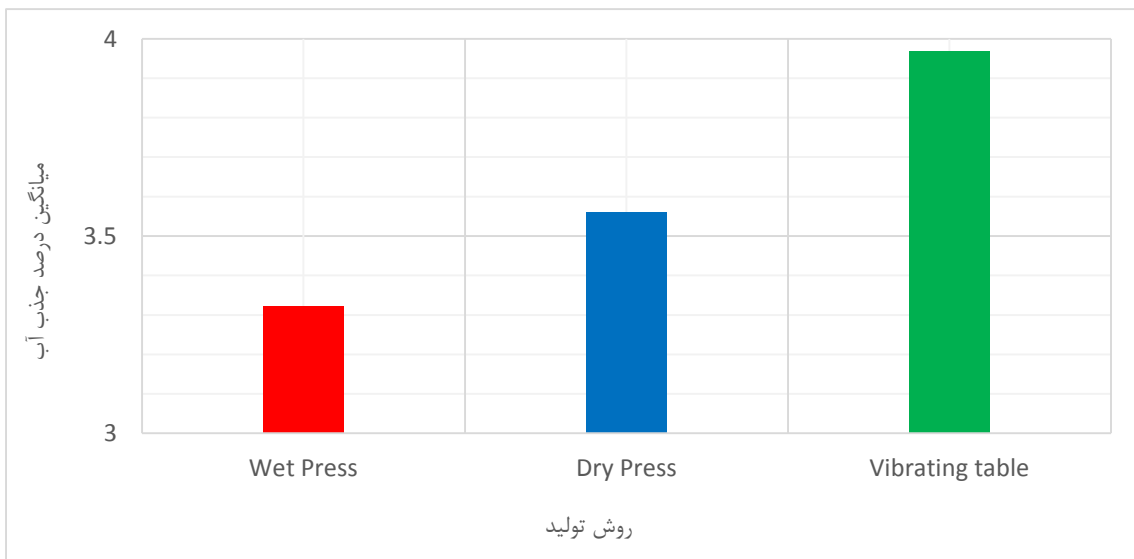
در رده‌بندی ارائه شده در استاندارد ملی ایران ۷۵۵-۲ میانگین مقاومت خمشی ۳،۵، ۴ و ۵ مگاپاسکال به ترتیب به عنوان رده مقاومت کم، متوسط و زیاد کفپوش‌های بتنی در نظر گرفته شده‌اند. با مقایسه این مقادیر با نمودار ۷ می‌توان به این نتیجه رسید که از نظر مقاومت خمشی کفپوش‌های بتنی مورد استفاده در شهرستان کرج در رده بندی کم قرار نمی‌گیرند. هر چند که در بسیاری از موارد کفپوش‌های رده متوسط استاندارد ملی هم بی کیفیت می‌باشند و بدین منظور در آیین نامه داخلی شهرداری کرج، حداقل مقاومت خمشی قابل قبول کفپوش‌های بتنی مورد استفاده در پروژه‌ها بایستی ۵ مگاپاسکال باشد و برای مقاومت‌های خمشی کمتر از این مقدار جریمه‌های سنگینی اعمال می‌گردد [۴].



نمودار (۸): میانگین مقاومت سایشی در روش‌های تولید پرس تر، خشک و ویبره

در نمودار ۸ مشاهده می‌شود که کسب مقاومت سایشی برای کفپوش بتنی فقط وابسته به روش تولید نیست و همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، بدست آوردن محصولی با کیفیت لازم از نظر مقاومت سایشی وابسته به عوامل متعددی از جمله طرح مخلوط لایه رویه، مشخصات مصالح و رنگ مصرفی، روش تولید و پرس و تراکم کافی می‌باشد. میزان سایش در هر سه روش بیشتر از ۲۰ میلی‌متر مشاهده شده است. مطابق رده‌بندی ارائه شده در استاندارد ملی ایران ۲-۷۵۵ برای سایش با دستگاه چرخ پهن سایش بین ۲۰ تا ۲۳ میلی‌متر در دسته مقاومت سایشی متوسط قرار می‌گیرند و در نتیجه از این حیث کفپوش‌های تولیدی در کارخانه‌های محدوده استان البرز در وضعیت مطلوبی قرار ندارند.

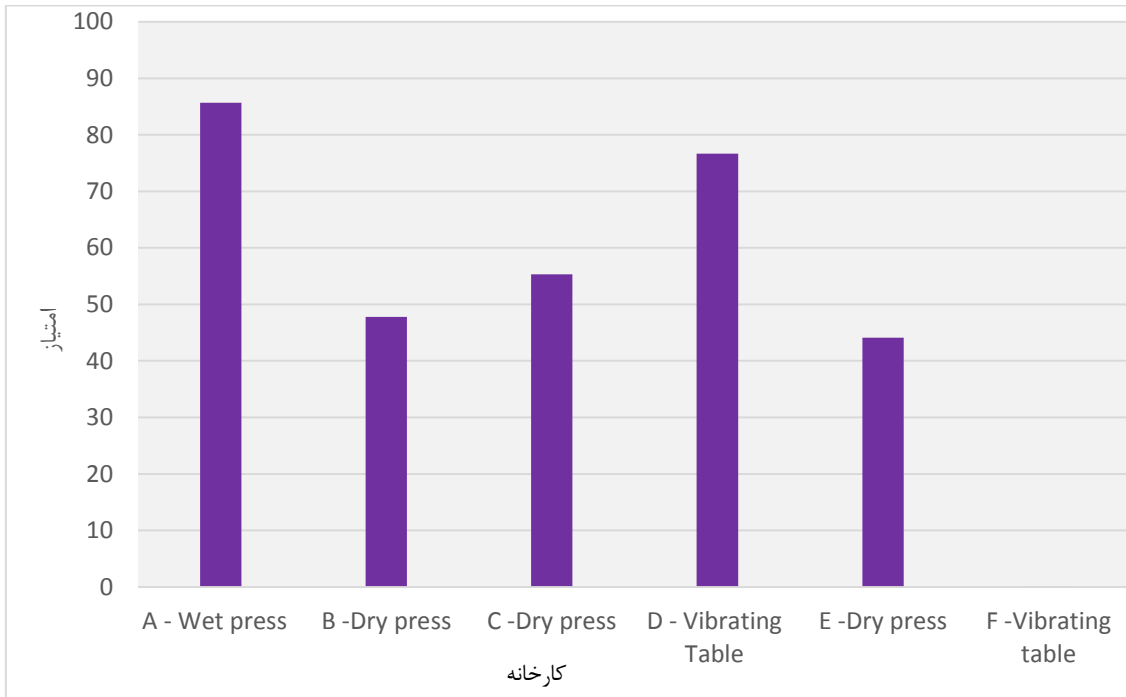
همچنین با توجه به نمودار ۹ درصد جذب آب بدست آمده در روش تولید پرس تر به دلیل مکش کامل آب در حین تولید و تراکم مناسب به وسیله ویبره مکانیزه، بهترین عملکرد و روش ویبره ای به دلیل عدم خروج تمامی حباب‌های هوا در حین تراکم بدترین عملکرد را داشته‌اند. میانگین درصد جذب آب کفپوش‌های در هر سه روش تولید، بیشتر از ۳ درصد و برای روش پرس خشک و میزه ویبره بیشتر از ۳٫۵ درصد بوده است که این مورد سبب آسیب جدی به کفپوش در بحث دوام و علی‌الخصوص ذوب و یخ‌زدگی‌های مکرر خواهد شد.



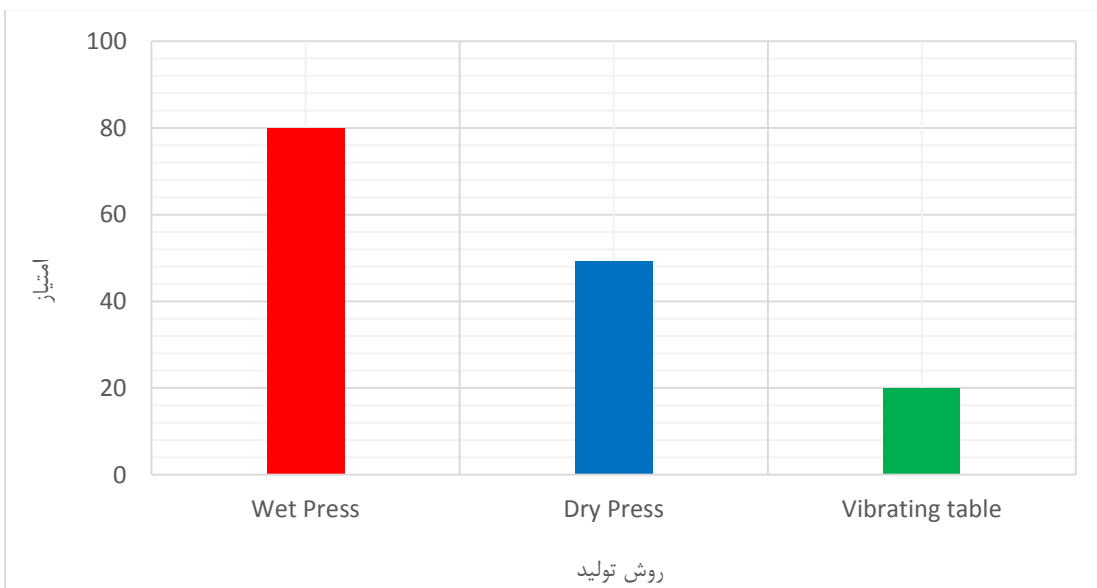
نمودار (۹): میانگین درصد جذب آب در روش‌های تولید پرس تر، خشک و ویبره



به جهت مقایسه بهتر کیفیت کارخانه‌های مورد ارزیابی، نسبت به امتیازدهی سه پارامتر اندازه‌گیری شده اقدام گردید. برای مقاومت خمشی که مهمترین پارامتر اندازه‌گیری خواص مکانیکی کفپوش‌های بتنی به حساب می‌آید، ۵۰ امتیاز، برای درصد جذب آب که به عنوان پارامتر ارزیابی دوام اندازه‌گیری شده است، ۳۰ امتیاز و برای سایش به عنوان پارامتر ارزیابی کیفیت ظاهری، ۲۰ امتیاز در نظر گرفته شده است. در هر مورد به بهترین عملکرد (بیشترین مقاومت خمشی، کمترین درصد جذب آب و سایش) حداکثر امتیاز و به بدترین عملکرد صفر امتیاز و برای مقادیر مابین حداکثر و حداقل، بصورت خطی امتیاز دهی صورت گرفته است. در نمودار ۱۰ و ۱۱ نتایج این امتیازدهی آورده شده است. لازم به ذکر است برای نمودار ۱۱ ابتدا میانگین‌گیری نتایج در هر روش تولید برای سه پارامتر آزمایش شده انجام گرفت و سپس امتیاز دهی به شرح فوق صورت گرفته است.



نمودار (۱۰): امتیاز کارخانه‌های مختلف بر اساس سه پارامتر مقاومت خمشی، مقاومت سایشی و درصد جذب آب



نمودار (۱۱): امتیاز کارخانه‌های مختلف بر اساس سه روش تولید پرس تر، خشک و ویبره

در نمودار ۱۰ مشاهده می‌شود که محصول تولید شده به روش پرس‌تر بیشترین امتیاز را کسب کرده است. در این نمودار هم مورد قابل توجه، امتیاز کسب شده توسط دو کارخانه D و F است که هر دو به روش ویرهای محصولات خود را تولید می‌نمایند. کارخانه D بعد از کارخانه A بیشترین امتیاز را کسب کرده در صورتی که کارخانه F امتیازی در حد صفر کسب کرده است. این نشان می‌دهد که کیفیت تولید در روش ویرهای به شدت وابسته به عوامل و شرایط تولید و تجربه تولیدکننده می‌باشد. در صورتی که همانطور که در نمودار فوق مشخص است، محصولات تولید شده به روش پرس خشک با توجه به مکانیزه بودن روند تولید و تاثیر کمتر کارگران در میزان ویریه و پرس اعمالی به نمونه‌ها، اختلاف امتیاز کسب شده که برآیند سه شاخص کیفی اندازه‌گیری شده می‌باشد، در محصولات کارخانه‌های B, D و E (روش‌های پرس خشک) کم و امتیازات کسب شده نزدیک به یکدیگر می‌باشد. امتیازدهی بر اساس روش تولیدی در نمودار ۱۱ آورده شده است؛ در این نمودار برتری روش تولید پرس‌تر به وضوح مشخص است.

## ۵- نتیجه گیری

۱- از نظر مقاومت خمشی کفیوش‌های بتنی مورد استفاده در شهر کرج در رده بندی مقاومت متوسط و زیاد استاندارد ملی ایران ۷۵۵-۲ قرار می‌گیرند. کفیوش‌های رده متوسط مقاومتی استاندارد ملی نیز بی‌کیفیت می‌باشند و بدین منظور در آیین نامه داخلی شهرداری کرج حداقل مقاومت خمشی قابل قبول کفیوش‌های بتنی ۵ مگاپاسکال (رده مقاومت زیاد استاندارد ملی) در نظر گرفته شده است.

۲- با افزایش مقاومت خمشی کفیوش‌های بتنی، درصد جذب آب به عنوان پارامتر مرتبط با دوام کاهش پیدا می‌کند.

۳- درصد جذب آب بدست آمده در روش تولید پرس‌تر به دلیل مکش کامل آب در حین تولید و تراکم مناسب به وسیله ویریه مکانیزه، کمترین مقدار و در روش میزه ویریه به دلیل عدم خروج تمامی حباب‌های هوا در حین تراکم، بیشترین مقدار را داشته است. میانگین درصد جذب آب کفیوش‌ها بتنی، در هر سه روش تولید بیشتر از ۳ درصد و برای روش پرس خشک و میزه ویریه بیشتر از ۳,۵ درصد مشاهده شده است.

۴- میزان سایش در هر سه روش بیشتر از ۲۰ میلیمتر بدست آمده است. در نتیجه مطابق رده‌بندی ارائه شده در استاندارد ملی ایران ۷۵۵-۲ برای سایش با دستگاه چرخ پهن، کفیوش‌های تولیدی در کارخانه‌های محدوده استان البرز در رده مقاومت سایشی متوسط قرار می‌گیرند و از این حیث در وضعیت مطلوبی قرار ندارند.

۵- کسب مقاومت سایشی مناسب برای کفیوش بتنی فقط وابسته به روش تولید نیست، بلکه بدست آوردن محصولی با کیفیت لازم از نظر میزان سایش وابسته به عوامل متعددی از جمله طرح مخلوط لایه رویه، کیفیت مصالح و رنگ مصرفی، روش تولید و پرس و تراکم کافی می‌باشد.

۶- روش تولید میزه ویریه به شدت تحت تاثیر تجربه و مهارت افراد مرتبط با تولید است، در صورتی که به دلیل مکانیزه بودن در نتایج و کیفیت محصولات روش‌های پرس‌تر و خشک در کارخانه‌های مختلف، اختلاف کمتری با یکدیگر مشاهده شده است.

۷- محصول تولید شده به روش پرس‌تر با توجه به سه پارامتر اندازه‌گیری شده مقاومت خمشی، درصد جذب آب و مقاومت سایشی بهترین امتیاز (عملکرد) را داشته اند.

## ۶- مراجع و منابع

- ۱- رضانیپور علی اکبر، قدوسی پرویز، گنجیان اسماعیل؛ " ریز ساختار، خواص و اجزای بتن (تکنولوژی بتن پیشرفته )"؛ دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران، ۱۳۹۱
- ۲- تدین محسن، فریدون رضایی، نصرآزادانی مسعود - " مشخصات فنی، راهنمای تولید و پذیرش جداول بتنی پیش ساخته "؛ سازمان مهندسی و عمران شهر تهران، انتشارات به‌آوران، تهران، ایران، ۱۳۸۸
- ۳- استاندارد ملی ایران، ۷۵۵-۲، " موزاییک سیمانی - قسمت 2: برای کاربرد بیرونی ویزگیها و روشهای آزمون "، چاپ اول، ۱۳۹۲
- ۴- آیین نامه داخلی شهرداری کرج، " ضوابط پذیرش، جرائم و رد قطعات بتنی پیش ساخته "، ویرایش سوم، ۱۳۹۴