رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره پنجم، شماره ۲، ۱۴۰۰، صفحه: ۶۲-۸۳

بررسی پارامترهای دوام بتن حاوی الیاف بازالت

حسین بهشتی نژاد [*۱] ، عباسعلی صادقی [۲]، سارا نادی [۳]، وحید ناصری [۴]

[*۱] استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران (beheshti@iaubir.ac.ir)

[۲] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی معماری، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

[۴] کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی پارس رضوی، گناباد، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۵)

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی عملکرد آزمایشگاهی تأثیر آب مغناطیسی بر روی خواص مکانیکی بتن حاوی الیاف بازالت انجام گرفته است. در این تحقیق، برای تولید آب مغناطیسی از دستگاه AQUA-Correct (AC) ساخت کشور آلمان که قدرت دستگاه در حدود ۱۳۰۰ گوس است، استفاده شده است. نمونه¬های تهیه شده بتن (۲۴نمونه ۷ و ۲۸ روزه برای آزمایش مقاومت فشاری و ۲۴ نمونه ۷ و ۲۸ روزه برای آزمایش مقاومت خمشی) توسط این دستگاه با یک و دو بار عبور از میدان مغناطیسی ساخته شده است. الیاف مورد استفاده، الیاف بازالت می باشند که دارای طول ۳ سانتی متر و قطر بیش از ۱۰-۹ میکرومتر است. این الیاف از مقاومت حرارتی بالا و جذب صدا برخوردار بوده و در ساخت و تقویت مواد کامپوزیتی کاربردهای موثری دارند و به میزان ۰و۲و۵ درصد وزن سیمان درطرح اختلاط حضور دارند. در نهایت اثر آب مغناطیسی و الیاف بازالت بر روی خواص بتن از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت خمشی ،اسلامپ و وزن مخصوص مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش مغناطیس آب، اسلامپ، وزن مخصوص و مقاومت فشاری و مقاومت خمشی بتن افزایش می یابد، همچنین با افزایش الیاف بازالت، اسلامپ و وزن مخصوص کاهش می یابد، با افزایش درصد الیاف از ۰ به ۲ مقاومت فشاری افزایش و از ۲ به ۵ درصد با کاهش مقاومت فشاری مواجه می شود. در نتیجه درصد بهینه الیاف ۲ درصد می باشد. همچنین، با افزایش درصد الیاف مقاومت خمشی افزایش چشمگیری داشته است.

کلمات کلیدی

بتن، آب مغناطیسی، الیاف بازالت، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی.

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره پنجم، شماره ۲، ۱۴۰۰، صفحه: ۶۲-۸۳

Investigation of Durability Parameters of Concrete Containing Basalt Fibers

Hossein Beheshti Nezhad [*1], Abbasali Sadeghi [2], Sara Nadi [3], Vahid Naseri [4]

*[*1] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Birjand Branch, Islamic Azad university, Birjand, Iran (beheshti@iaubir.ac.ir)*

[2] PhD Candidate, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

[3] M.Sc., Department of Civil Engineering, Birjand Branch, Islamic Azad university, Birjand, Iran

[4] M.Sc., Department of Civil Engineering, Pars Razavi Institute of Higher Education, Gonabad, Iran

(Date of received: 24/04/2021, Date of accepted: 16/07/2021)

ABSTRACT

The present study aimed to investigate the experimental performance of the effect of magnetic water on the mechanical properties of concrete containing basalt fibers. In this study, AQUA-Correct (AC) device made in Germany, which has a power of about 1300 Gauss, has been used to produce magnetic water. Concrete samples prepared (24 samples 7 and 28 days for compressive strength test and 24 samples 7 and 28 days for flexural strength test) are made by this machine with one and two times passing through the magnetic field. The fibers used are basalt fibers that it has a length of 3 cm and a diameter of more than 9-10 microns. It has high heat resistance and sound absorption and has effective applications in the manufacture and reinforcement of composite materials and is 0, 2 and 5% by weight of cement in the mixing plan. Basalt fibers have been studied on the properties of concrete such as compressive strength, flexural strength, slump and specific weight. The results showed that by increasing water magnetism, slump, specific weight and compressive strength and the flexural strength of concrete increases, also by increasing basalt fibers, slump and specific weight decreases and by increasing the percentage of fibers from 0 to 2, the compressive strength increases and from 2 to 5%, we face a decrease in compressive strength, resulting in that 2% is an optimal percentage of basalt fiber. However, by increasing percentage of fibers, flexural strength has been increased significantly.

Keywords:

Concrete, Magnetic Water, Basalt Fibers, Compressive Strength, Flexural Strength.

۱- مقدمه

در سازه های بتنی برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز و کاهش تخلخل و هوای درون بتن، همچنین حصول پایایی، بتن به روش های مختلف لرزانده می شود. با استفاده روز افزون از بتن و کمبود کارگران ماهر ساختمانی و مشکلات عدیده در اجرا و متراکم سازی بتن، از جمله سروصدا و هزینه ی بالای اجرایی، تراکم بتن به طور کامل و رضایت بخش صورت نگرفته و سبب ایجاد مشکلاتی در مقاومت های مکانیکی بتن می گردد. لذا ساخت بتنی بدون نیاز به امور اجرایی برای متراکم کردن، رویای متخصصان بتن بوده تا بتوانند با استفاده از مواد افزودنی مختلف و تغییر در درصد های مصالح بکار رفته، به این مهم دست یابند و با ایجاد بتن خودتراکم این نقص را رفع کنند[۱]. بتن خودتراکم نوع خاصی است که با وزن خود در قالب جاری می شود و نیازی به لرزاندن ندارد و هدف آن کاهش هزینه های بتن ریزی می باشد. مزایای آن باعث شد به سرعت در دیگر کشورها نیز استفاده شود. قابلیت پرکنندگی و قابلیت عبور کنندگی و مقاومت در برابر جدا شدگی سه خاصیتی می باشند که باعث تمایز بتن خودتراکم از بتن معمولی گردیده است. به دلایل مختلف، مقدار قابل توجهی از بتن ترک می خورد. دلیل ترک خوردگی می تواند سازه ای یا غیر سازه ای باشد، لیکن عمده ترکها ناشی از ضعف ذاتی این ماده در کشش است [۲]. این عیب اساسی بتن، در عمل با مسلح کردن آن با استقرار آرماتورهای فولادی در جهت نیروهای کششی برطرف می گردد [۳]. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپ و کاهش ضعف شکنندگی و تردی بتن تا حد امکان، در چند دهه اخیر استفاده از الیاف نازک و نسبتا طویل که در تمام حجم بتن پراکنده می شود متداول شده است [۴] از انجا که امروزه از مصالح بتنی در مقادیر بسیار زیادی استفاده می گردد، حتی پیشرفت و بهبود اندکی در خصوصیات مواد، تاثیر قابل توجهی و چشمگیری در فن آوری داشته و مزایای اقتصادی نیز به همراه دارد. در این راستا، مصالح مدرن مانند بتن مسلح الیافی می تواند نقش مهمی ایفا کند [۵].

نان سو [1] و همکاران [۶] موضوعی تحت عنوان اثر آب مغناطیسی بر خواص مهندسی بتن حاوی سرباره گرانوله شده کوره بلندرا بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی می تواند مقاومت فشاری نمونه های ملات حاوی GBFS در سیمان را بهبود بخشد. نسبت W/B همچنین یک اثر روی مقاومت فشاری ملات آماده شده با آب مغناطیسی دارد. روند تغییرات مشابه ملات ترکیبی با آب معمولی است. احمد [2] [۷] و همکاران موضوعی تحت عنوان تأثیر آب مغناطیسی روی خواص مهندسی بتن را بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که مقاومت فشاری نمونه های بتن با آب مغناطیسی ۲۰-۱۰ درصد بیشتر از نمونه های تهیه شده باآب معمولی افزایش می یابد علاوه بر آن نشان داد آب مغناطیسی کارایی بتن تازه را بهبود می بخشد. تاوفیک [3] و همکاران [۸] موضوعی تحت عنوان تاثیر آب مغناطیسی بر خواص بتن تازه و سخت شده را بررسی کردند. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی کارایی بتن را افزایش می دهد علاوه بر آن استفاده از آب مغناطیسی به جای آب معمولی باعث کاهش ۵ الی ۷/۵ درصد مقدار سیمان می باشد بدون اینکه در مقاومت فشاری بتن تغییری حاصل شود. فریس [4] و همکاران [۹] موضوعی تحت عنوان استفاده آب مغناطیسی برای بهبود خواص بتن را بررسی کردند نتایج نشان داد که با آب مغناطیسی هیدراتاسیون سیمان کامل‌تر انجام می‌شود. مقاومت فشاری و کششی نمونه های بتن تهیه شده با آب مغناطیسی در حدود ۲۰ درصد نسبت به نمونه های بتن تهیه شده با آب معمولی افزایش نشان می دهد. با استفاده از آب مغناطیس، سیمان استفاده شده در مخلوط بتنی بدون اینکه در مقاومت فشاری بتن تاثیری داشته باشد ۷/۵ درصد کاهش می یابد. سیوا ردی [5] و همکاران [۱۰] موضوعی تحت

[1] Nan Su
[2] Ahmed
[3] Yasser R.Tawfic
[4] Faris
[5] Siva Reddy

عنوان تأثیر آب مغناطیسی برمقاومت بتن را بررسی کردند. نتایج نشان داد کارایی بتن مغناطیسی کمی بیشتر از بتن معمولی است، چگالی بتن مغناطیسی بالا است و جذب آب در مقایسه با بتن معمولی کمتر است. مقاومت فشاری بتن مغناطیسی ۵۵ درصد بیشتر از بتن با آب معمولی است. مقاومت کششی بتن مغناطیسی ۱۸درصد بیشتر از بتن با آب معمولی است. مقاومت خمشی بتن مغناطیسی ۲۵ درصد بیشتر از بتن با آب معمولی است. نمونه های استوانه ای بتن مغناطیسی ۵۹ درصد سنگین تر از نمونه های استوانه ای بتن معمولی است. استفاده از الیاف در بتن سبب افزایش مقاومت سایشی، خمشی و کششی می گردد. رتد[6] و همکاران [۱۱] در مقاله‌ای به بررسی ویژگی‌های بتن مسلح با الیاف بازالت پرداختند. همچنین نتایج تحقیق نشان دادند که- مقاومت خمشی در نمونه ای با سن ۱۴ روز و ۲ درصد الیاف حدود ۴۰ الی ۵۰ درصد افزایش را نشان می‌دهد. مقاومت فشاری در نمونه ای با سن ۲۸ روز و ۲ درصد الیاف حدود ۸۳ الی ۹۲ درصد افزایش را نشان می دهد. خلیلی و همکاران [۱۲] به بررسی تأثیر الیاف فولادی، پلی‌پروپیلن و شیشه در مقاومت کششی و فشاری بتن سبک پلاستیک تحت دماهای بالا پرداخته‌اند. پس از انتخاب طرح شاهد و انجام عملیات حرارتی بر روی نمونه‌ها (دماهای ۲۵-۱۰۰-۲۵۰-۵۰۰ و ۷۰۰ سانتی‌گراد)، آزمایش‌های مقاومت فشاری و کششی ۲۸ روزه روی نمونه‌ها انجام گرفت که با توجه به نتایج می‌توان دریافت کرد که الیاف فولادی در افزایش مقاومت فشاری و کششی بتن سبک پلاستیک بسیار مفید بوده به‌طوری‌که در بعضی از مراحل آزمایش مقاومت فشاری و کششی بتن پس از حرارت را به بیش از ۴۰٪ افزایش می‌دهد اما الیاف پلی‌پروپیلن و شیشه به خاطر خصوصیات فیزیکی و ظاهری که دارند در مقایسه با الیاف فولادی تأثیر اندکی در مقاومت فشاری و کششی بتن پس از حرارت داشته‌اند تا جایی که در دماهای ۵۰۰ و ۷۰۰ درجه، الیاف شیشه هیچ‌گونه تأثیری در افزایش مقاومت فشاری و کششی بتن سبک پلاستیک نداشته‌اند.

۲- روش انجام آزمایش

آب باعبور ازدستگاه مغناطیس کننده آب(Aqua-Correct(AC))مغناطیس شده است. می‌تواند میدان مغناطیسی درون این دستگاه را به رقم قابل ملاحظه‌ای در حدود ۶۵۰۰ گوس برساند. وسایل دیگر دستگاه مطابق شکل (۱)، شامل۲ مخزن ۷۰ لیتری، یک عدد پمپ و یک عدد شیر تنظیم کننده دبی(۲/۲۶ لیتر در دقیقه) می باشد.

شکل ۱: دستگاه تولید آب مغناطیس.

[6] Rathod

۲-۱-مصالح مورد استفاده

۲-۱-۱- سیمان

سیمان مورد استفاده در این تحقیق سیمان تیپ ۲ مطابق با استاندارد جهانی بوده است. مشخصات سیمان مصرفی مطابق جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات سیمان مصرفی.

آهک	CaO	حدود ۶۳ درصد
سیلیس	SIO_2	حدود ۲۰ درصد
آلومین	AL_2O_3	حدود ۶ درصد
اکسید آهن	Fe_2O_3	حدود۳ درصد
اکسید منیزیم	MgO	حدود ۱/۵درصد

۲-۱-۲-آب

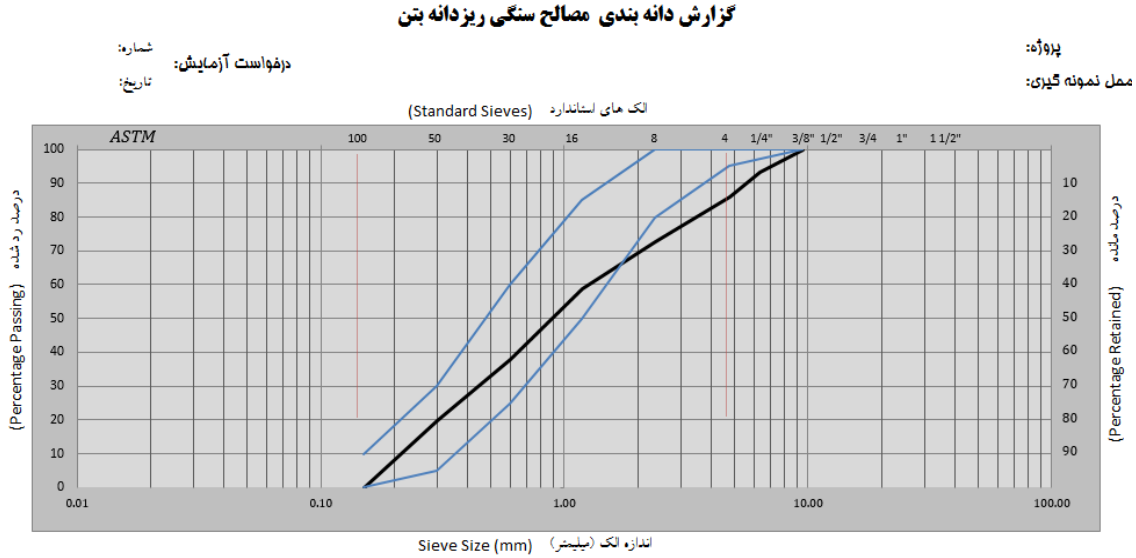
آب نقش بسیار اساسی و مهم در بتن دارد به همین جهت استفاده از آب مناسب در بتن همواره باید مورد توجه قرار گیرد در این تحقیق جهت اختلاط بتن از آب لوله کشی شهر بیرجند استفاده شده است که قابل آشامیدن و شیرین است. جدول (۲) مشخصات آب شهر بیرجند را ارائه داده است.

جدول ۲: خصوصیات آب شهر بیرجند.

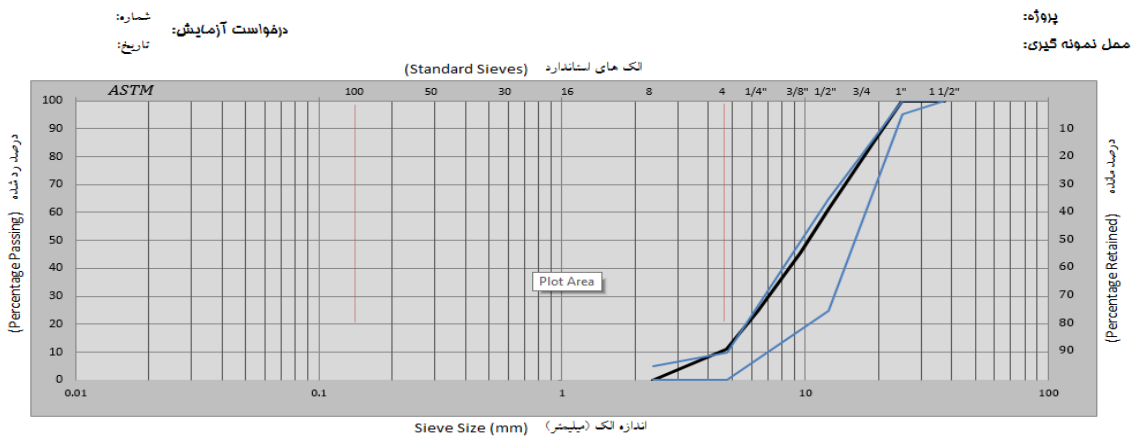
ردیف	ویژگی	حد مطلوب	حد مجاز	واحد	توضیحات
۱	کدورات	کمتر یا مساوی ۱	حداکثر ۵	N.T.U	Nephelometric Turbidity Unit
۲	رنگ	کمتر یا مساوی ۱	حداکثر ۲۰	T.C.U	True Color Unit
۳	بو	صفر	حداکثر ۲ واحد در ۱۲oc حداکثر ۳ واحد در ۲۵oc	TON	Threshold Odour Nember
۴	PH	۸,۵-۷	۹-۶,۵		
۵	طعم	-	باید مقبولیت عمومی داشته باشد و مورد اعتراض واقع نشود .		

۲-۱-۳-دانه های سنگی

دانه‌های سنگی به دو دسته دانه‌های درشت یا شن و دانه‌های ریز یا ماسه تقسیم می‌شود. آزمایش تعیین چگالی و جذب آب مصالح سنگی درشت دانه، این آزمایش برای تعیین چگالی و جذب آب مصالح سنگی درشت دانه غیر سبک طبق استاندارد ASTM C127به کار می رود. در ادامه مطابق شکل (۲) (الف) و (ب)، منحنی‌های دانه‌بندی ارائه شده است.



الف)



ب)

شکل ۲: منحنی دانه‌بندی ریز دانه و درشت دانه.

۲-۱-۴-الیاف بازالت

با گسترش روز افزون کاربردهای الیاف های مصنوعی هر روزه صنایع بیشتری به الیاف بازالت علاقمند میشوند. گستره کاربردها متنوع تر میشود و برخی از کاربردها تولید کالای دارای ارزش افزوده را در بر می گیرد. خواص الیاف مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۳) بیان شده است .

جدول ۳: خواص الیاف بازالت.

استحکام کششی Mpa	چگالی Gr/cm2	مدول کششی Gpa	دمای قابل تحمل (سانتی –گراد)	درصد جذب رطوبت	قطر لیاف (میکرون)
۴۱۰-۴۵۰۰	۲/۶۵	۲۲۵	۲۶۹-۹۰۰	٪۱	۷-۱۴

۲-۲- طرح اختلاط

طرح اختلاط بتن بدین معنا است که به چه نسبتی سیمان، آب، شن و ماسه که اجزاء بتن را تشکیل می دهند.

جدول ۴: مصالح مصرفی و مقدار هر کدام برای هر طرح اختلاط در آزمایشات تحقیق

ردیف	نوع آزمایش	نام اختصار	آب		درصد الیاف			ماسه Kg/m3	شن Kg/m3	سیمان Kg/m3		
			مقدار Kg/m3	وضعیت مغناطیس	0 درصد	2 درصد 7.6 Kg/m3	5 درصد 19 Kg/m3			0 درصد	2 درصد	5 درصد
1	خمش 7 روزه	Bs	205	دارد	Bsm0	Bsm2	Bsm5	786	994	380	372	361
2		Bs	205	ندارد	Bsn0	Bsn2	Bsn5	786	994	380	372	361
3	خمش 28 روزه	Bt	205	دارد	Btm0	Btm2	Btm5	786	994	380	372	361
4		Bt	205	ندارد	Btn0	Btn2	Btn5	786	994	380	372	361
5	فشار 7 روزه	Ps	205	دارد	Psm0	Psm2	Psm5	786	994	380	372	361
6		Ps	205	ندارد	Psn0	Psn2	Psn5	786	994	380	372	361
7	فشار 28 روزه	Ps	205	دارد	Ptm0	Ptm2	Ptm5	786	994	380	372	361
8		Ps	205	ندارد	Ptn0	Ptn2	Ptn5	786	994	380	372	361

۲-۳- آزمایش تعیین وزن مخصوص

این آزمایش طبق استاندارد ASTM C29 این صورت می‌باشد که نمونه ها قبل از انجام آزمایش مقاومت فشاری، وزن می‌شوندو با تقسیم این عدد به حجم نمونه، وزن مخصوص بتن مشخص می شود.

شکل۳: وزن کردن و اندازه گیری نمونه های بتنی در آزمایشگاه.

جدول ۵: نتایج بدست آمده از آزمایش وزن مخصوص نمونه های فشاری در این تحقیق.

ردیف	اختصار طرح	وزن نمونه ها(gr)	ابعاد نمونه(cm)	وزن مخصوص(kg/m^3)
۱	Bsn0	۱۱۵۵۵	۱۰×۱۰/۰۳×۴۹/۸	۲۳۱۳
۲	Bsm0	۱۱۵۹۰	۹/۹۸×۱۰×۴۹/۸	۲۳۳۱
۳	Bsn2	۱۱۷۲۵	۱۰×۱۰×۵۰/۱	۲۳۰۳
۴	Bsm2	۱۱۱۴۵	۱۰/۲×۱۰/۱×۴۹/۹	۲۳۲۴
۵	Bsn5	۱۱۲۰۰	۹/۸۵×۱۰/۰۱×۴۹/۹	۲۲۹۸
۶	Bsm5	۱۱۳۸۵	۱۰/۲۱×۹/۹۸×۵۰	۲۳۲۲

جدول ۶: نتایج بدست آمده از آزمایش وزن مخصوص نمونه های خمشی در این تحقیق.

ردیف	اختصار طرح	وزن نمونه ها(gr)	ابعاد نمونه(cm)	وزن مخصوص(kg/m^3)
۱	Psn0	۷۱۹۶	۱۵×۱۴/۹×۱۵	۲۲۷۰
۲	Psm0	۷۸۷۶	۱۵/۱×۱۵×۱۵/۱	۲۳۰۳
۳	Psn2	۷۷۹۴	۱۵/۱×۱۵×۱۵/۲	۲۲۶۴
۴	Psm2	۷۷۴۵	۱۵×۱۵×۱۵	۲۲۹۵
۵	Psn5	۷۷۱۵	۱۵۱۵×۱۵/۲	۲۲۵۶
۶	Psm5	۷۶۹۷	۱۴/۹×۱۵×۱۵	۲۲۹۶

۲-۴- آزمایش مقاومت فشاری

این آزمایش برای تعیین مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ومکعبی بتن، طبق استانداردASTMC39 انجام گردیده است.

جدول ۷: نتایج آزمایش و اعداد قرائت شده از دستگاه جک فشاری و سطح مقطع هر نمونه در ۷روز.

ردیف	اختصار طرح	عدد قرائت شده ازدستگاه(kgf)	سطح مقطع نمونه (cm×cm)	مقاومت فشاری (kg/cm^2)
۱	Psn0	۵۰	۱۵×۱۴,۹	۲۲۳
۲	Psm0	۵۴/۵	۱۵/۱×۱۵	۲۴۰
۵	Psn2	۵۸	۱۵,۱×۱۵	۲۵۶
۶	Psm2	۶۰	۱۵×۱۵	۲۶۶
۷	Psn5	۴۶	۱۵×۱۵	۲۰۴
۸	Psm5	۴۸	۱۴/۹×۱۵	۲۱۴

جدول ۸: نتایج آزمایش و اعداد قرائت شده از دستگاه جک فشاری و سطح مقطع هر نمونه در ۲۸روز.

ردیف	اختصار طرح	عدد قرائت شده ازدستگاه(kgf)	سطح مقطع نمونه (cm×cm)	مقاومت فشاری (kg/cm^2)
1	Ptn0	۵۸/۵	۱۴/۹۴×۱۵	۲۶۱
2	Ptm0	۶۰/۵	۱۴/۹۳×۱۵	۲۷۰
3	Ptn2	۷۱/۵	۱۵×۱۴/۹۸	۳۱۸
4	Ptm2	۷۵	۱۴/۹۳×۱۴/۹۵	۳۳۶
5	Ptn5	۶۳	۱۵/۰۱×۱۴/۹۳	۲۸۱
6	Ptm5	۶۷	۱۵×۱۴/۹۸	۲۹۸

۲-۵- آزمایش مقاومت خمشی

در آزمایش مقاومت خمشی بتن به صورت غیرمستقیم به ارزیابی مقاومت کششی بتن پرداخته میشود.

جدول۹: نتایج آزمایش و اعداد قرائت شده از دستگاه جک خمشی و سطح مقطع هر نمونه در ۷روز.

ردیف	اختصار طرح	عدد قرائت شده ازدستگاه(kg)	سطح مقطع نمونه (cm×cm)	مقاومت خمشی (kg/cm^2)
۲	BSN0	۴۱۰	۴۸/۵ ×۱۰×۹/۹۳	۳۰/۹
۱	BSM0	۴۷۹	۵۰/۰۶ × ۱۰/۰۱ ×۹/۹۸	۳۰/۰۸
۴	BSN2	۵۲۹	۵۰/۸۲×۱۰/۰۱ ×۱۰/۰۱	۴۰/۲۱
۳	BSM2	۵۴۲	۵۰×۱۰×۱۰	۴۰/۶۵
۶	BSN5	۵۰۰	۴۹/۹۹×۱۰×۱۰/۰۳	۳۷/۲۷
۵	BSM5	۵۱۴	۴۹/۵۲×۱۰×۱۰	۳۸/۱۸

جدول ۱۰: نتایج آزمایش و اعداد قرائت شده از دستگاه جک خمشی و سطح مقطع هر نمونه در ۲۸روز.

ردیف	اختصار طرح	عدد قرائت شده ازدستگاه(kgf)	سطح مقطع نمونه (cm×cm)	مقاومت خمشی (kg/cm^2)
۲	Btn0	۷۳۱	۴۹/۴×۱۰/۰۸×۹/۹۳	۵۴/۵۰
۱	Btm0	۷۷۰	۴۸/۹×۱۰/۰۱×۹/۹۶	۵۶/۸۸
۳	Btn2	۷۶۲	۵۱/۴×۹/۹۷×۱۰/۰۸	۵۸/۰۵
۴	Btm2	۷۹۳	۴۹/۷×۹/۹۸×۱۰	۵۹/۴۲۵
۶	Btn5	۷۳۴	۴۸/۶۸×۱۰×۱۰	۵۳/۶۰
۵	Btm5	۷۲۹	۵۰/۰۷×۱۰/۰۸×۱۰/۰۳	۵۴

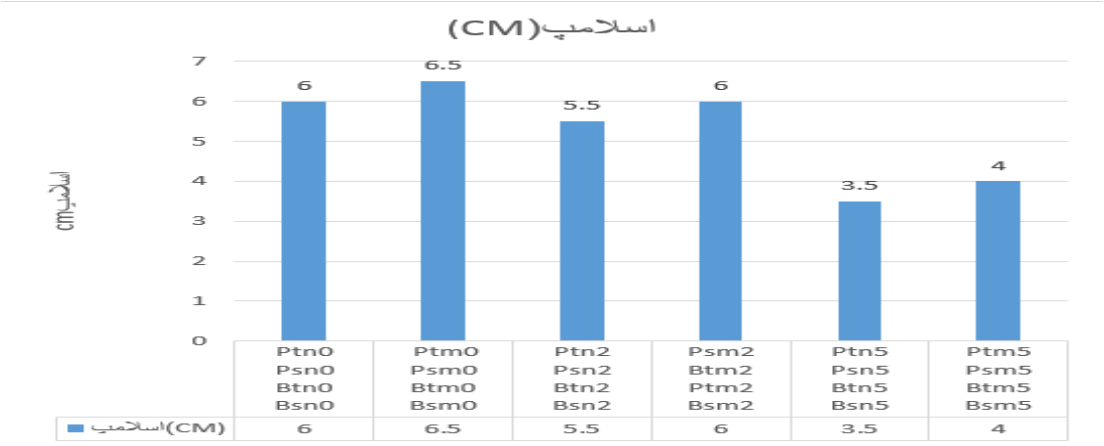
۳- نتایج

۳-۱- آزمایش اسلامپ

با توجه به نمودار بیشترین میزان افت ارتفاع بتن مربوط به نمونه های ۷و ۲۸ روزه با درصد الیاف صفر درصد و حاوی آب مغناطیس می باشد.

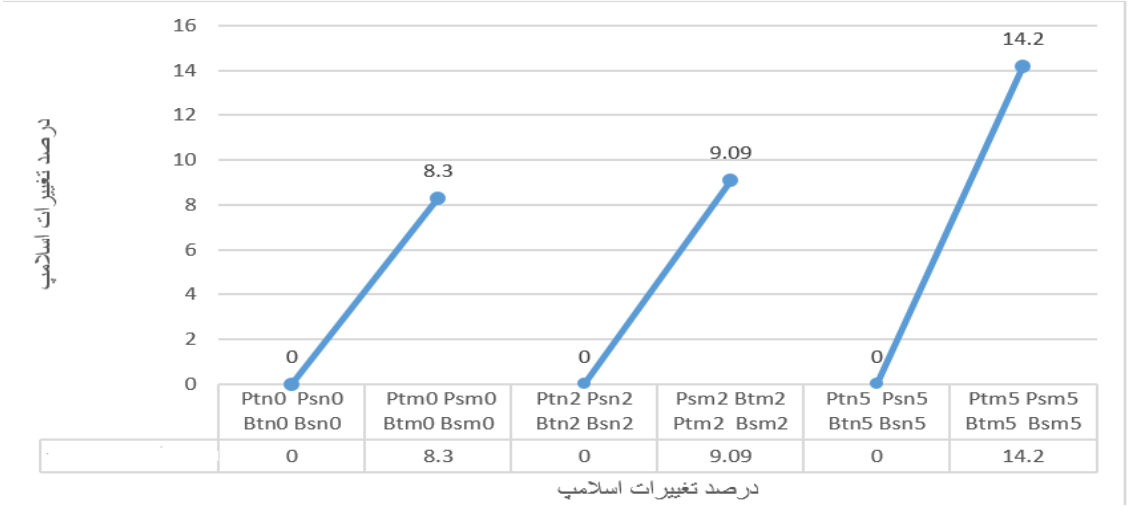
جدول ۱۱: نتایج آزمایش اسلامپ نمونه های فشاری و خمشی.

نام نمونه	Bsn0	Bsm0	Bsn2	Bsm2	Bsn5	Bsm5
	Btn0	Btm0	Btn2	Btm2	Btn5	Btm5
	Psn0	Psm0	Psn2	Psm2	Psn5	Psm5
	Ptn0	Ptm0	Ptn2	Ptm2	Ptn5	Ptm5
اسلامپ(CM)	۶	۶/۵	۵/۵	۶	۳/۵	۴

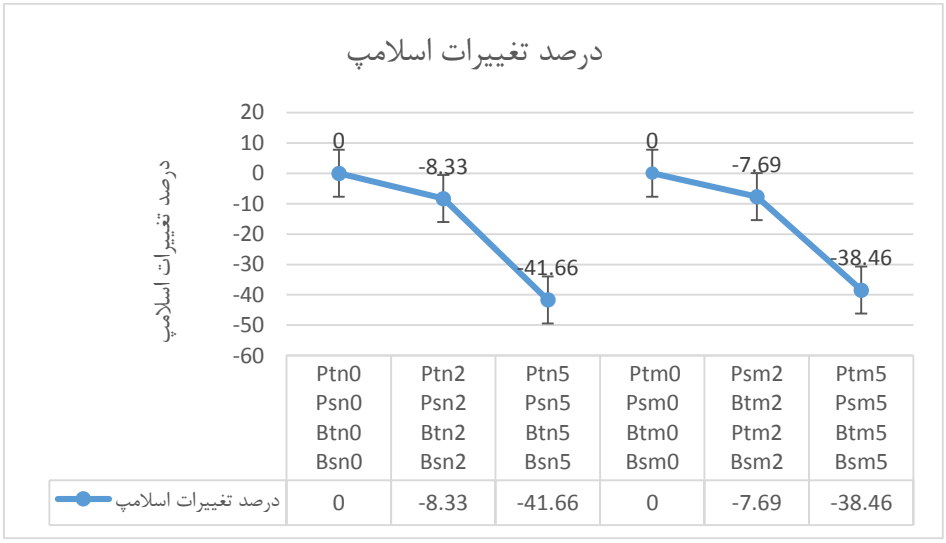


شکل ۴: نتایج آزمایش اسلامپ.

مطابق شکل (۴)، بیشترین درصد تغییرات اسلامپ بر اثر آب مغناطیسی و درصد الیاف ثابت، مربوط به نمونه های Ptm5 Psm5 Btm5 Bsm5 (حاوی آب مغناطیس و۵ درصد الیاف)۱۴/۲ درصد افزایش را نسبت به نمونه های Ptn5 Psn5 Btn5 Bsn5(بدون مغناطیس آب و ۵ درصد الیاف) نشان میدهد.بنابراین نتیجه می‌گیریم با افزایش میزان مغناطیس آب، اسلامپ افزایش می یابد.



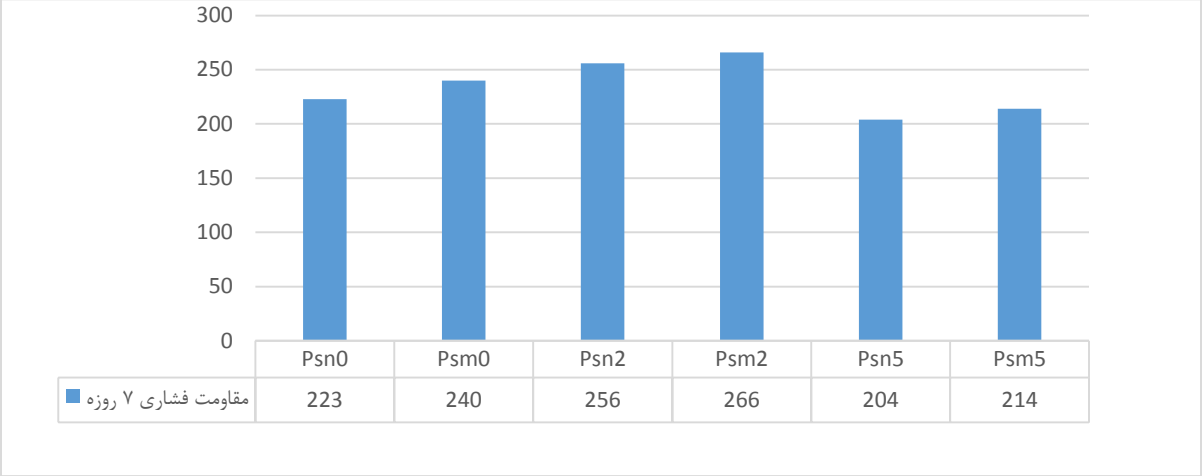
شکل ۵: درصد تغییرات اسلامپ بر اثر آب مغناطیسی.



شکل۶: درصد تغییرات اسلامپ بر اثر افزایش الیاف.

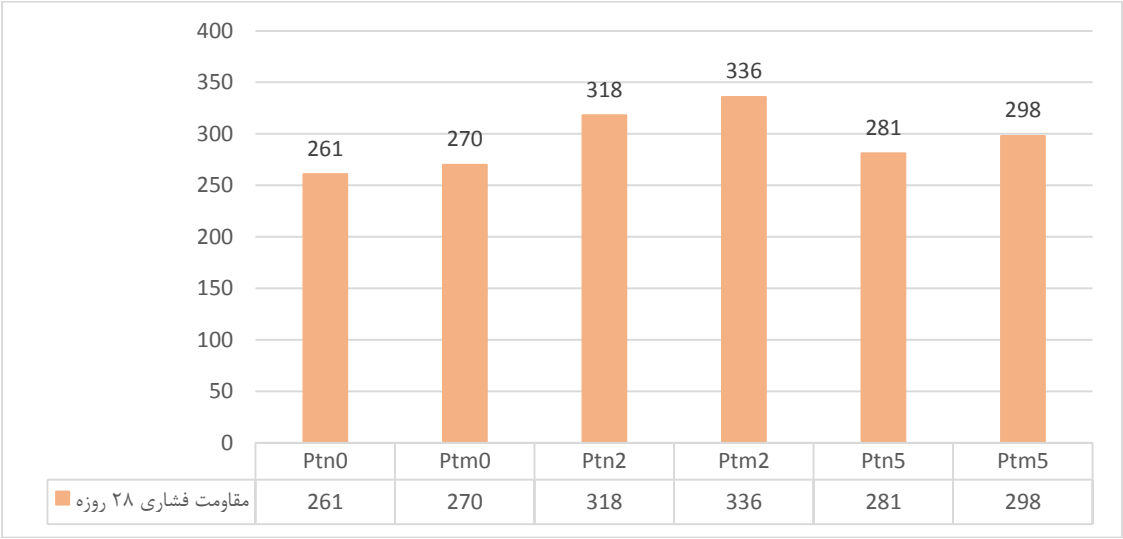
۳-۲- آزمایش مقاومت فشاری

با توجه به آزمایش انجام شده ،نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه بصورت زیرمی‌باشد: مطابق شکل (۷)، بیشترین میزان افزایش مقاومت۷ روزه بتن مربوط به نمونه Psm2حاوی آب مغناطیس و دو درصد الیاف بازالتی با مقاومت فشاری ۷ روزه،۲۶۶kg/cm^2 می باشد. بنابراین مطابق نمودار با افزایش الیاف و همچنین افزودن آب مغناطیس نمونه مقاومت فشاری ۷ روزه افزایش می‌یابد.



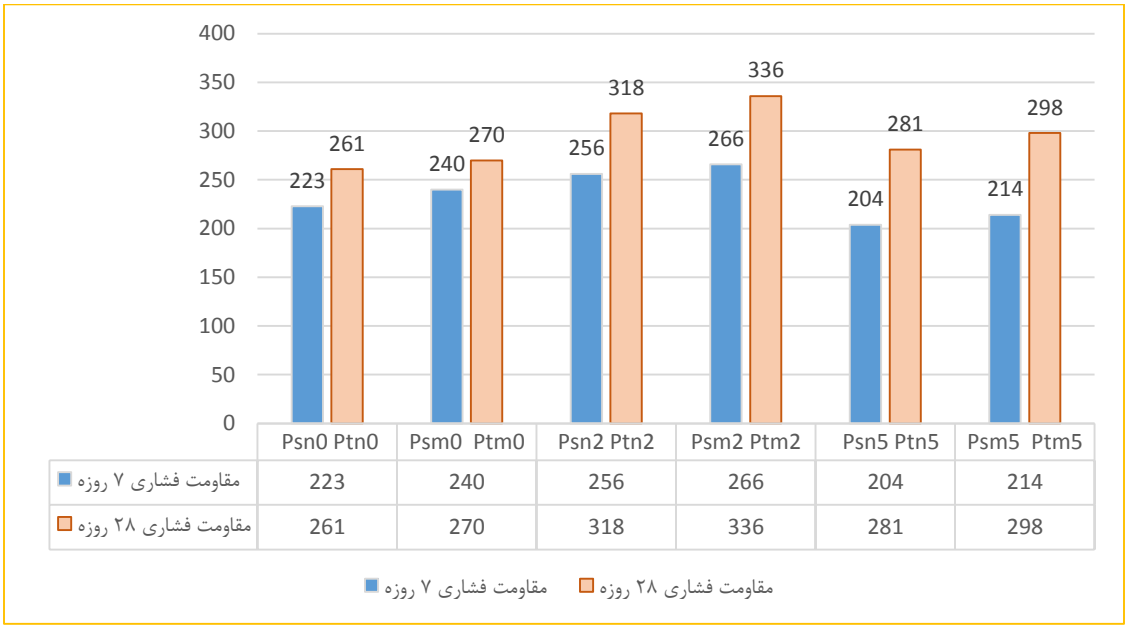
شکل ۷: نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۷ روزه.

مطابق شکل (۸)، بیشترین میزان افزایش مقاومت ۲۸ روزه بتن مربوط به نمونه Ptm2حاوی آب مغناطیس و دو درصد الیاف بازالتی با مقاومت فشاری۲۸ روزه، $۲۶۶kg/cm^2$ می باشد. بنابراین مطابق نمودار با افزایش الیاف و همچنین افزودن آب مغناطیس نمونه مقاومت فشاری ۲۸ روزه افزایش می‌یابد.



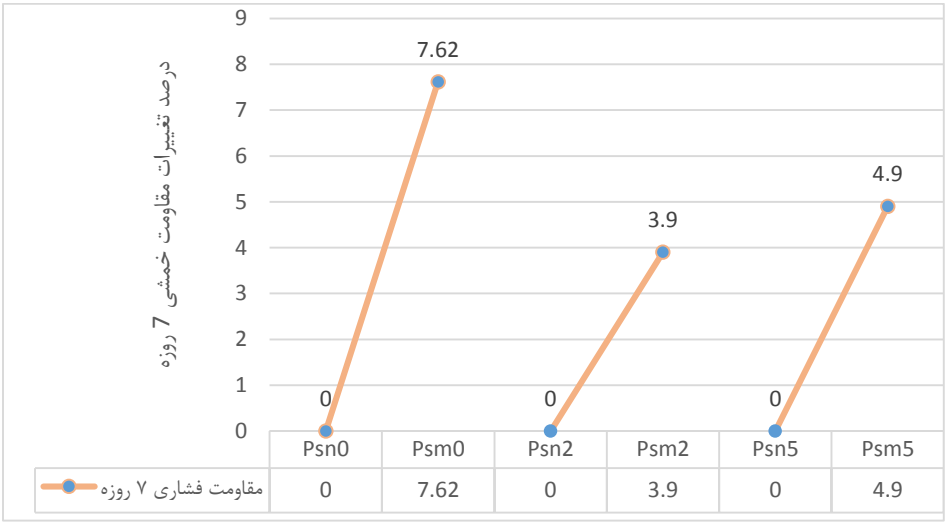
شکل ۸: نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه.

مطابق نمودار (۹)، بیشترین مقاومت فشاری مربوط به نمونه Ptm2 حاوی آب مغناطیس و با دو درصد الیاف و در سن ۲۸ روزه می باشد .بنابراین نتیجه می گیریم با افزایش سن نمونه مقاومت فشاری بتن نیز افزایش می یابد.

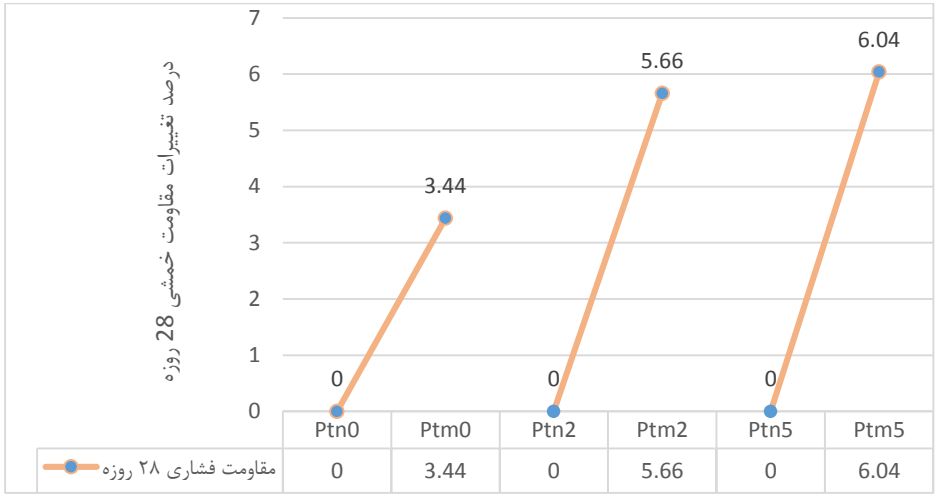


شکل ۹: نمودار مقایسه مقاومت ۷ روزه و ۲۸ روزه بتن.

مطابق شکل (۱۰)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت فشاری بتن بر اثر آب مغناطیسی(۱بار) و درصد الیاف ثابت، مربوط به نمونه Psm0 (حاوی آب مغناطیس وبدون الیاف) ۷,۶۲ درصد افزایش را نسبت به نمونه Psn0 (بدون مغناطیس و بدون الیاف) در ۷ روز نشان می‌دهد و مطابق شکل (۱۱)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت فشاری بر اثر آب مغناطیسی(۱بار) و درصد الیاف ثابت مربوط به نمونه Ptm۵ (حاوی آب مغناطیس و۲ درصد الیاف) ۶,۰۴ درصد افزایش را در ۲۸ روز، نسبت به نمونه Ptn۵ (بدون مغناطیس آب و ۵ درصد الیاف) نشان می‌دهد.بنابراین نتیجه می گیریم با افزایش میزان مغناطیس آب، مقاومت فشاری افزایش می‌یابد.

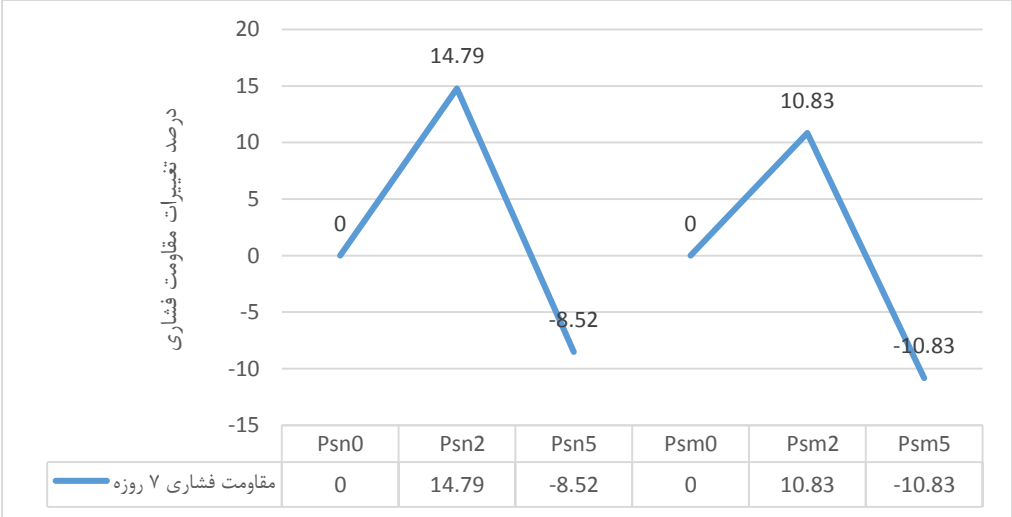


شکل ۱۰: درصد تغییرات مقاومت فشاری ۷ روزه بر اثر آب مغناطیسی.

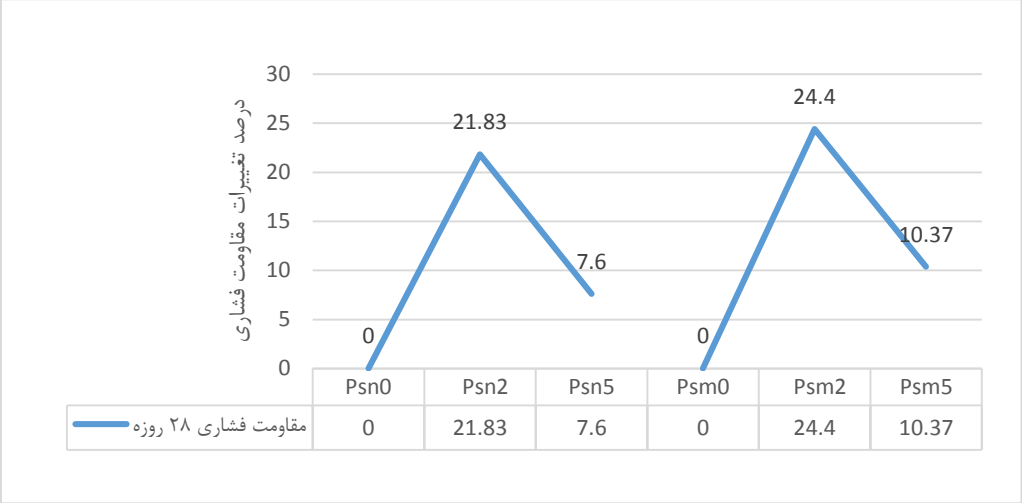


شکل ۱۱: درصد تغییرات مقاومت فشاری ۲۸روزه بر اثر آب مغناطیسی.

مطابق شکل (۱۲)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت فشاری بر اثر افزایش الیاف(۰و۲و۵ درصد) ، مربوط به نمونه Psn2 (بدون مغناطیس آب و۲ درصد الیاف) ۱۰،۷۹ درصد افزایش را در ۷ روز نسبت به نمونه Psn0 (بدون مغناطیس آب و بدون الیاف) نشان می‌دهد و مطابق شکل (۱۳)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت فشاری بر اثر افزایش الیاف(۰و۲و۵ درصد) مربوط به نمونه Psm2(حاوی آب مغناطیس و۲ درصد الیاف) ۲۴،۴درصد افزایش را در ۲۸ روز، نسبت به نمونه Psm0(حاوی آب مغناطیس و۲ درصد الیاف) نشان می‌دهد.در نتیجه با افزایش درصد الیاف از ۰ به ۲ مقاومت فشاری افزایش و از ۲ به ۵ درصد با کاهش مقاومت فشاری مواجه هستیم که در نتیجه درصد بهینه الیاف ۲ درصد می باشد.



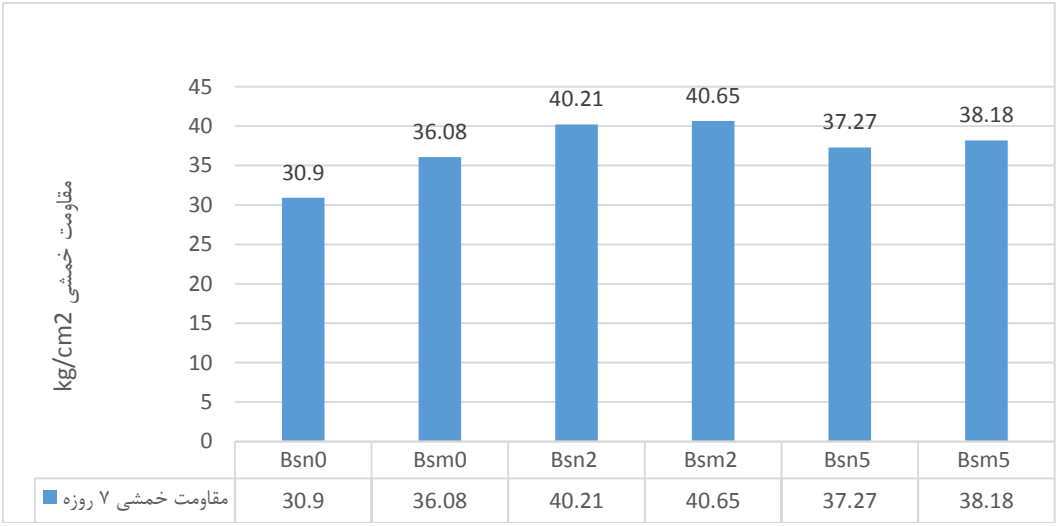
شکل ۱۲: درصد تغییرات مقاومت فشاری ۷ روزه بر اثر افزایش الیاف.



شکل ۱۳: درصد تغییرات مقاومت فشاری ۲۸روزه بر اثر افزایش الیاف.

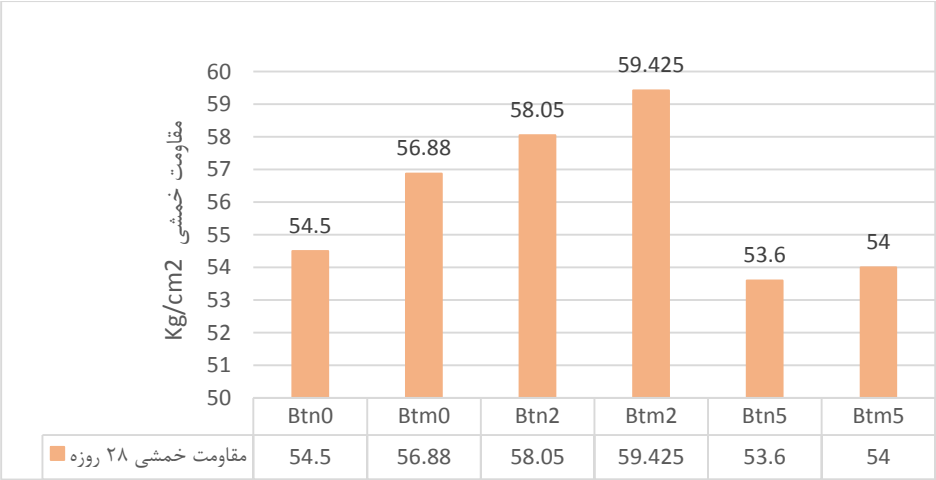
۳-۳- آزمایش مقاومت خمشی

با توجه به آزمایش انجام شده در آزمایشگاه دانشگاه،نتایج آزمایش مقاومت خمشی ۷روزه و ۲۸ روزه بصورت زیرمی‌باشد: مطابق شکل (۱۴)، بیشترین میزان افزایش مقاومت خمشی ۷ روزه بتن مربوط به نمونه Bsm2حاوی آب مغناطیس و دو درصد الیاف بازالتی با مقاومت خمشی ۷ روزه، $۴۰,۶۵ kg/cm^2$ می باشد . بنابراین مطابق نمودار با افزایش الیاف و همچنین افزودن آب مغناطیس نمونه مقاومت خمشی ۷ روزه افزایش می‌یابد.



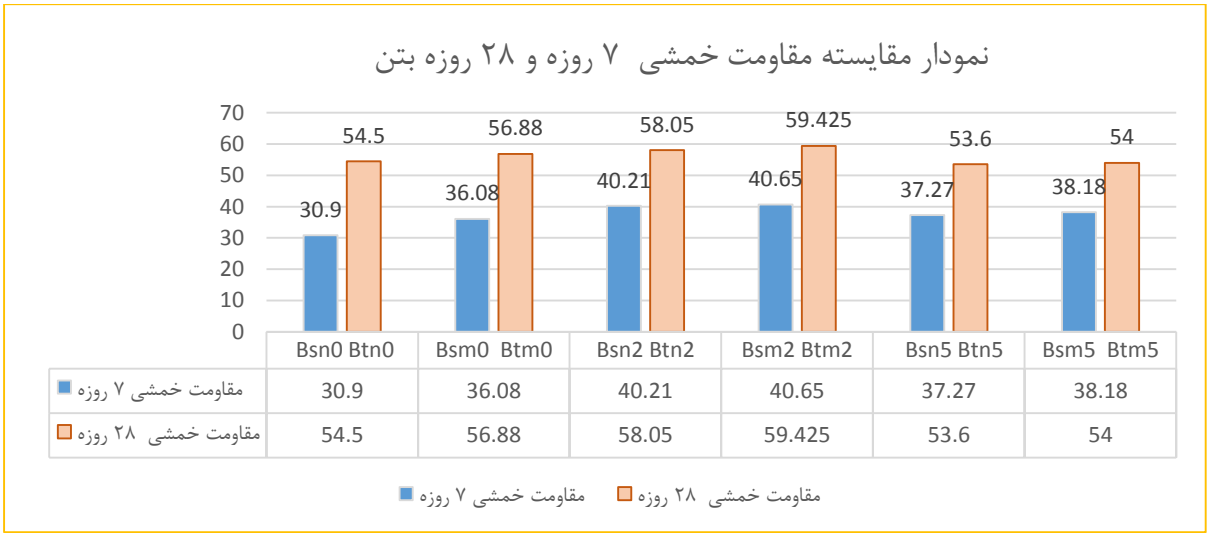
شکل ۱۴: نتایج آزمایش خمشی ۷ روزه.

مطابق شکل (۱۵)، بیشترین میزان افزایش مقاومت خمشی ۲۸ روزه بتن مربوط به نمونه Btm2حاوی آب مغناطیس و دو رصد الیاف بازالتی با مقاومت فشاری۲۸ روزه، $59.425\ kg/cm^2$ می باشد . بنابراین مطابق نمودار با افزایش الیاف تا میزان ۲ درصد و همچنین افزودن آب مغناطیس نمونه مقاومت خمشی ۲۸روزه افزایش می‌یابد.



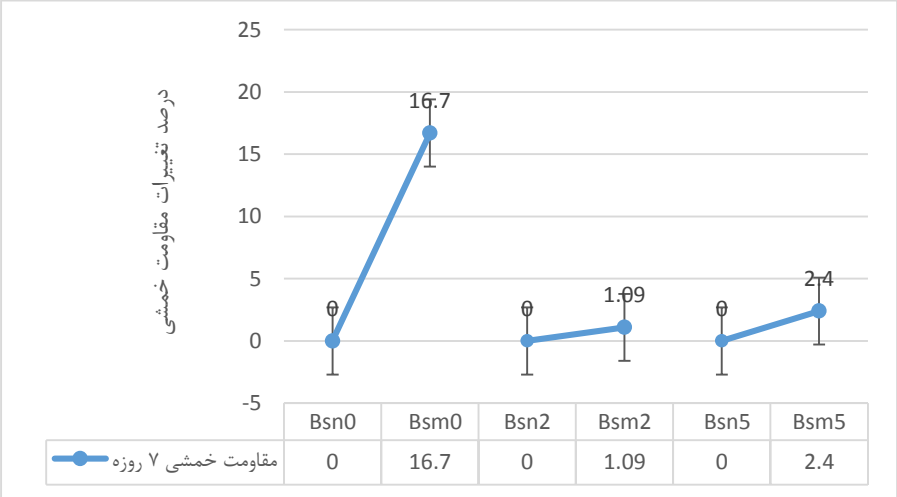
شکل ۱۵: نتایج آزمایش خمشی ۲۸ روزه.

مطابق شکل (۱۶)، بیشترین مقاومت فشاری مربوط به نمودارنمونه Ptm2 حاوی آب مغناطیس و با دو درصد الیاف و در سن ۲۸ روزه می باشد .بنابراین نتیجه می گیریم با افزایش سن نمونه مقاومت خمشی بتن نیز افزایش می یابد.

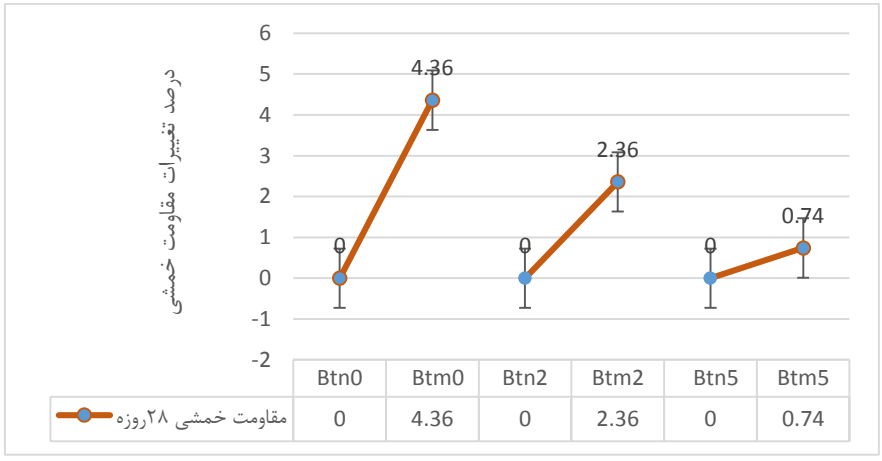


شکل ۱۶: مقایسه مقاومت خمشی ۷ روزه و ۲۸ روزه بتن.

مطابق شکل (۱۷)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت خمشی بر اثر آب مغناطیسی(۱ بار) و درصد الیاف ثابت، مربوط به نمونه Bsm0 (۲ دور مغناطیس و بدون الیاف) ۱۶/۷ درصد افزایش را نسبت به نمونه Bsn0 (بدون مغناطیس و بدون الیاف) در ۷ روز نشان می‌دهد و مطابق شکل (۱۸)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت خمشی بر اثر آب مغناطیسی(۱ بار) و درصد الیاف ثابت مربوط به نمونه Btn0 (یک بار مغناطیس ۰ درصد الیاف) ۴,۳۶درصد افزایش را در ۲۸ روز، نسبت به نمونه Btn0 (بدون مغناطیس آب و صفر درصد الیاف) نشان می‌دهد.بنابراین نتیجه می گیریم با افزایش میزان مغناطیس آب، مقاومت خمشی افزایش می‌یابد.

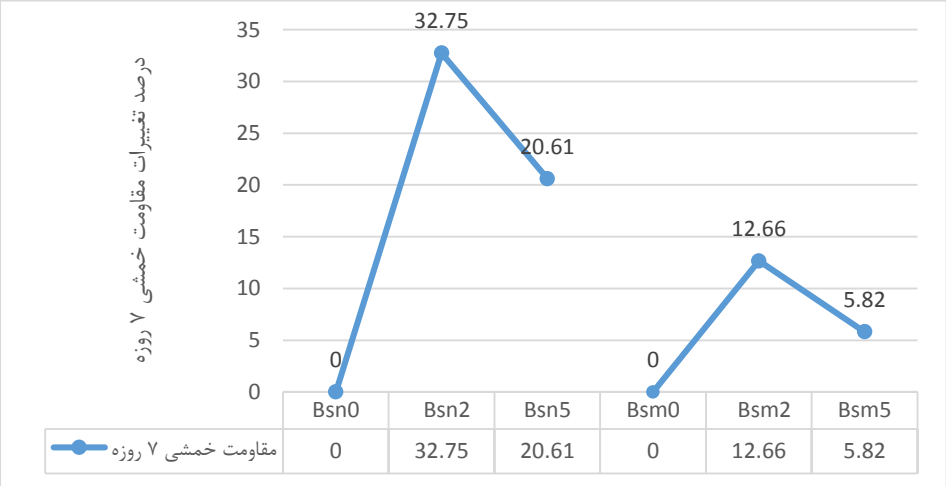


شکل ۱۷: درصد تغییرات مقاومت خمشی ۷ روزه بر اثر آب مغناطیسی.

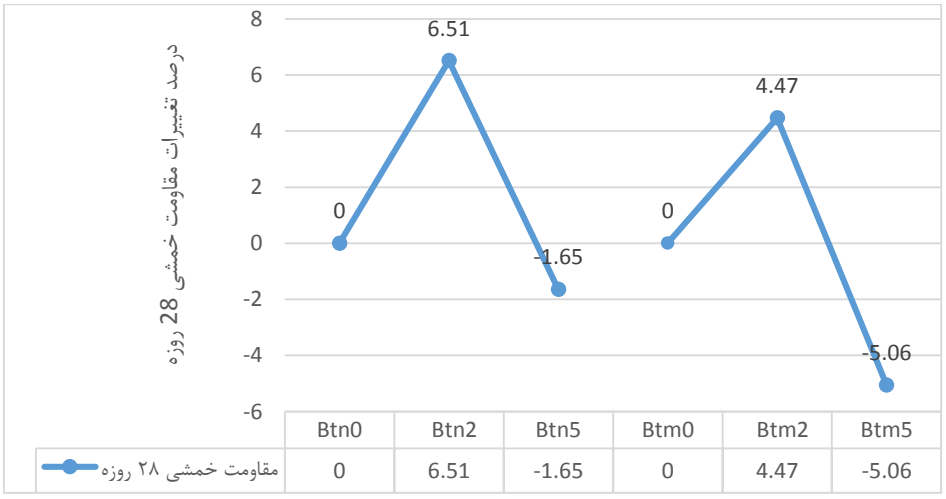


شکل ۱۸: درصد تغییرات مقاومت خمشی ۲۸ روزه بر اثر آب مغناطیسی.

مطابق شکل (۱۹)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت خمشی بر اثر افزایش الیاف(۰و۲و۵ درصد) ، مربوط به نمونه Bsn2 (بدون آب مغناطیس و۲ درصد الیاف) ۳۲,۷۵ درصد افزایش را در ۷ روز نسبت به نمونه Bsn0 (بدون مغناطیس آب و بدون الیاف) نشان می‌دهد و مطابق شکل (۲۰)، بیشترین درصد تغییرات مقاومت فشاری 28روزه بر اثر افزایش الیاف(۰و۲و۵ درصد) مربوط به نمونه Ptn2(بدون آب مغناطیس و۲ درصد الیاف) ۶/۵۱ درصد افزایش را در ۲۸ روز، نسبت به نمونه Ptn0(بدون آب مغناطیس و۲ درصد الیاف) نشان می‌دهد.در نتیجه با افزایش درصد الیاف از ۰ به ۲ مقاومت فشاری افزایش و از ۲ به ۵ درصد با کاهش مقاومت فشاری مواجه هستیم که در نتیجه درصد بهینه الیاف ۲ درصد می باشد.



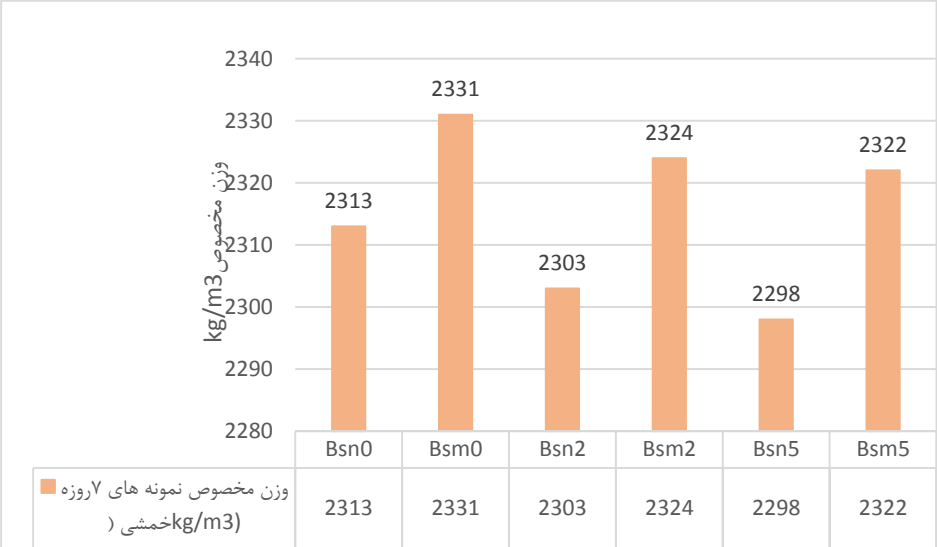
شکل ۱۹: درصد تغییرات مقاومت خمشی ۷روزه بر اثر افزایش الیاف.



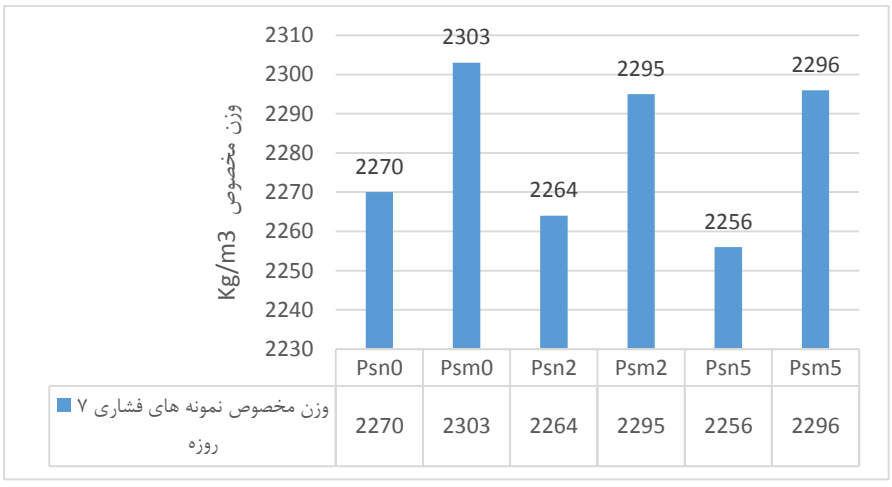
شکل ۲۰: درصد تغییرات مقاومت خمشی ۲۸روزه بر اثر افزایش الیاف.

۳-۴- آزمایش تعیین وزن مخصوص

با توجه به آزمایش انجام شده نتایج آزمایش وزن مخصوص بصورت زیرمی باشد: همانگونه که در شکل‌های (۲۱) و (۲۲)، مشاهده می کنید، بیشترین افزایش وزن مخصوص مربوط به نمونه های فشاری Psm0 وخمشی Bsm0 حاوی آب مغناطیس و بدون الیاف با وزن مخصوص $۲۳۰۳kg/m^3$ و $۲۳۳۱kg/m^3$می باشد در نتیجه افزایش الیاف بازالتی باعث کاهش وزن مخصوص بتن می گردد و همچنین با مغناطیس کردن آب وزن مخصوص بتن افزایش می یابد.

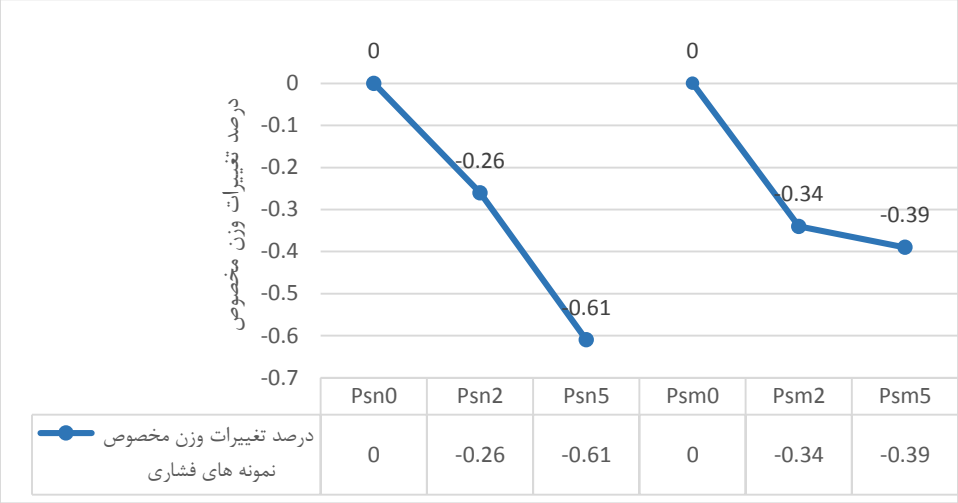


شکل ۲۱: نتایج آزمایش وزن مخصوص نمونه های ۷ روزه فشاری.

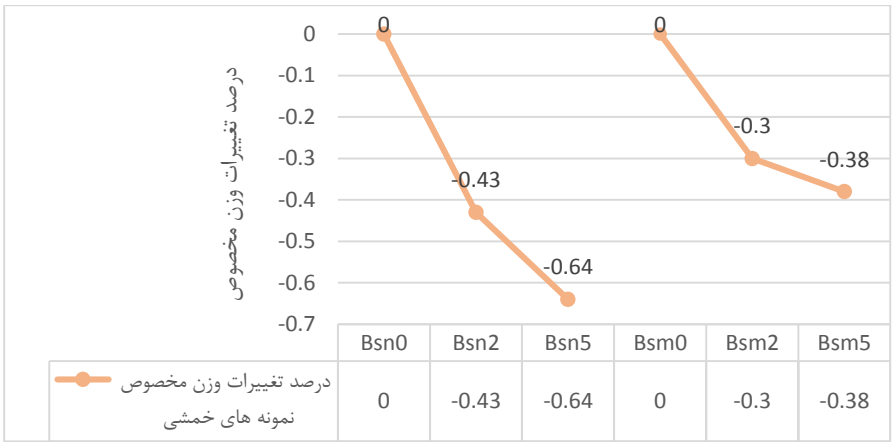


شکل ۲۲: نتایج آزمایش وزن مخصوص نمونه‌های ۷ روزه خمشی.

مطابق شکل‌های (۲۳) و (۲۴)، بیشترین درصد تغییرات وزن مخصوص بر اثر افزایش الیاف(۰و۲و۵ درصد) و میزان مغناطیس ثابت، مربوط به نمونه های Psn5 و Bsn5 (بدون آب مغناطیس و۵ درصد الیاف) ۰,۶۱ و ۰,۶۴درصد کاهش را نسبت به نمونه Psn۰ و Bsn ۰ (بدون آب مغناطیس و بدون الیاف) نشان میدهد. بنابراین نتیجه می گیریم با افزایش الیاف بازالتی، وزن مخصوص بتن الیافی کاهش می یابد.



شکل ۲۳: درصد تغییرات وزن مخصوص بر اثر افزایش الیاف در نمونه های ۷ روزه فشاری.



شکل ۲۴: درصد تغییرات وزن مخصوص بر اثر افزایش الیاف در نمونه های ۷ روزه خمشی.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

باتوجه به افزایش مقاومت فشاری و اسلامپ در استفاده از تکنولوژی مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی می توان از طرح اختلاطی استفاده کرد که با مقاومت فشاری و اسلامپ یکسان در مصرف آب وسیمان صرفه جویی کرد. همچنین با توجه به افزایش کارایی بتن با استفاده از تکنولوژی مغناطیسی، انرژی لازم برای ویبره کردن بتن کاهش می یابد. فاصله حمل بتن ساخته شده با آب مغناطیسی به دلیل افزایش روانی و کاهش سرعت گیرش آن، بیشتر می شود. الیاف بازالتی دارای مدول الاسیسیته و کرنش شکست بالایی بوده که با توجه به قابلیت شکل پذیری مناسب و مقاومت کششی بالا از مناسب ترین و اقتصادی ترین نوع الیاف به حساب می آید. بتن بدون الیاف دارای رفتار شکننده می باشد در حالیکه بتن مسلح به الیاف بازالتی رفتار شکنندگی بتن را به علت ممانعت از انتشار وتکثیر ترک به طور چشمگیری کاهش می دهد.

۵- مراجع

[1]- Zhu, W, and Bartos, P. J. M., 2003, **Permeation Properties of self-compacting concrete**, Cement and Concrete Research, 33, 921-926.
[2]- Khalo, A., 1992, **Mechanical properties and Application Reinforced in fibres**, section 1-2, 27-28 (In Persian).
[3]-ACI committee 544 Report, 1988, **Design Consideration for SFRC**, ACI structural journal, (reapproved 1994), 563-530.
[4]- Shah, S. P. and Batson, G. B., 1987, **Fiber-Reinforced Concrete Properties and Application**, SP105, ACI, 597.
[5]-Rashid Hameed, M., 2020, **Contribution of metallic fibres on the performance of reinforced concrete structures for the seismic application**, these for P.H.D, University of Toulouse, 9920, 20
[6]- Nan, S. and Chea-Fany, W., 2003, **Effect of magnetic field treated water on orator and concrete containing fly ash**, Journal of cement & concrete composites, 25, 681-688
[7]- Saddam M. A., 2008, **Effect of Magnetic Water on Engineering Properties of Concrete**, Journal of cement & concrete composites, 14, 521-532
[8]- Yasser, R., T. and Waael, A., 2013, **The Influence of Water Magnetization on Fresh And Hardened Concrete Properties**, international journal of civil engineering and technology (IJCIET), 4, 31-43.
[9]- Faris, A. S., Mahaidi, A. and Jadooe, A. W., 2014, **Implementation of magnetized water to improve the properties of concrete**, International journal of civil engineering and technology (IJCIET), 5, 43-57.
[10]- Siva konda, B., Vaishali, R., Ghorpade, G., and Sudarsana Rao, H., 2014, **Influence of Magnetic Water on Strength Properties of Concrete**, Indian Journal of Science Technology, 7(1), 14-18.
[11]- Nayan, R., Mukund, G., and Mallikarjun, P., 2013, **Basalt Fiber Reinforced Concrete**, International Journal of Science and Research, 2319-2364
[12]- Khalily, M., Saberi, V., Saberi, H., Mansouri, V., Sadeghi, A., Pachideh, G., 2021, **An Experimental Study on the Effect of High Temperatures on Performance of the Plastic**

Lightweight Concrete Containing Steel, Polypropylene and Glass Fibers, Journal of Structural and Construction Engineering (accepted)