

## تأثیر رطوبت بهینه بر دوام بتن، با اسلامپ صفر

رضا کاظمی<sup>۱</sup>، علیرضا کشمیری<sup>۲</sup>، محمدهادی اسلاملو<sup>۳</sup>

۱-رییس هیئت مدیره شرکت شهر آرا بتن ارم جنوب

۲-مدیر شرکت شهر آرا بتن ارم جنوب

۳-مدیر کنترل کیفی و مدیر آزمایشگاه شرکت شهر آرا بتن ارم جنوب

Hadi623035@gmail.com

### چکیده

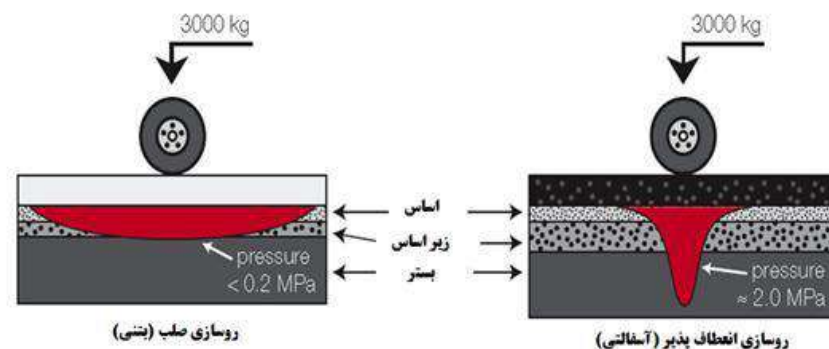
استفاده از تولیدات قطعات به روش پیش ساخته در حال گسترش می باشد و یکی از پرکاربردترین این قطعات، جداول و کفپوشهای بتنی می باشند. روشهای تولید کفپوشهای پیش ساخته عبارتند از روش معمولی، روش فشاری خشک و روش فشاری تر. در روش فشاری خشک، بتن با سطح کارایی پایین که بتنی با اسلامپ صفر میباشد، در قالب ریخته و با فشار تراکم میشود. یکی از مزایای روش فشاری خشک، سرعت اجرا و خروج قطعه از قالب بلافاصله پس از جابجایی و تراکم است که عدم نیاز به تعداد زیادی قالب را به دنبال دارد. همچنین نسبت آب به سیمان پایین در بتنهای مورد استفاده در این روش، بهبود کیفیت بتن را سبب میگردد. دستیابی به ویژگیهای مقاومتی و دوامی مطلوب در قطعات بتنی میتواند نتیجه ی عوامل مختلفی باشد؛ از جمله مصالح مناسب، طرح اختلاط صحیح و رعایت اصول فنی در ساخت، حمل، تخلیه و عمل آوری. یکی از مواردی که در شرایط ساخت بتن تأثیرگذار است، میزان تراکم قطعات پیش ساخته می باشد در هنگام اختلاط و جابجایی بتن میباشد. در شرایط فشار تراکم ثابت، میزان رطوبت بهینه در کیفیت بتن تأثیر به سزایی دارد که افزایش یا کاهش آن بر تراکم بتن موثر می باشد. لذا هدف این تحقیق عبارتست از بررسی میزان رطوبت بتن بر کیفیت کفپوشهای بتنی تولید شده به روش فشاری خشک و نیز تعیین رطوبت بهینه که منجر به بهترین کیفیت بتن سخت شده می گردد.

کلمات کلیدی: بتن ، رطوبت بهینه ، دانسیته ، دوام بتن

Keywords: concrete, optimum moisture, density, durability of concrete

## ۱. مقدمه

هدف از طراحی روسازی فراهم آوردن یک ترکیب سازه ای بر روی مسیر حرکت جهت انتقال ترافیک عبوری به صورت ایمن، یکنواخت و کارآمد می باشد. به طور کلی روسازی ها به سه دسته: صلب<sup>۱</sup>، انعطاف پذیر<sup>۲</sup> و مرکب<sup>۳</sup> تقسیم می شوند. روسازی های انعطاف پذیر به روسازی هایی اطلاق می شود که سطح آنها با آسفالت یا مصالح قیری پوشش شده باشد. علت استفاده از واژه ی انعطاف پذیر در این نوع روسازی، خمش و تغییر شکل سازه ی روسازی تحت بارهای ترافیکی می باشد. از سوی دیگر روسازی صلب به آن دسته از روسازی ها گفته می شود که لایه ی سطحی آن از بتن تشکیل شده باشد.



شکل ۱) (روش انتقال بار روسازی صلب و انعطاف پذیر)

همانطور که میدانیم روسازی آسفالتی به دلایلی از قبیل تولید سروصدای کمتر، زمان کوتاهتر برای بازگشایی به ترافیک و هزینه ساخت کمتر، در ایران بسیار متداول است؛ اما از آنجا که روسازی آسفالتی، انعطاف پذیر است (رفتار ویسکوالاستیک دارد)، مشکلاتی از قبیل شیارافتادگی مسیر چرخ، کناررفتگی و موج زدگی را نشان میدهد. همچنین روسازیهای انعطاف پذیر باعث تمرکز تنش در نزدیکی بار میشوند (تصویر شماره ۱)؛ در تقابل با اینکه تنشها در زیر لایه های سخت نظیر بتن، پخش میشود و بدون شک، تنشهای کم منتقل شده به واسطه لایه بتن روی اساس و بستر روسازی، در کم کردن یا حذف تغییر شکل روسازی در چنین لایه هایی موثر است. به علت مقاومت بالای بتن، بلوک ها در برابر دوره های یخ زدن و آب شدن ناشی از استفاده نمک در فصل زمستان، مقاوم بوده و همچنین دارای مقاومت سایشی و اصطکاکی بالایی می باشد.

پس از اجرای بلوک ها بلافاصله می توان ترافیک را از روی آن عبور داد. یکی از مزایای منحصر به فرد سیستم روسازی بلوکی این است که مدول سختی رویه بلوکی با گذشت زمان و عبور وسایل نقلیه افزایش می یابد. فرآیند فوق به این دلیل اتفاق می افتد که با گذشت زمان و در نتیجه افزایش جمععی بار عبوری ترافیکی، یک عملیات تراکم در سطح رویه بلوکی صورت گرفته و در نتیجه سبب افزایش میزان قفل شدگی بلوک های بتنی نسبت به هم می شود. این کاهش نشست یا افزایش مدول سختی معادل رویه پس از عبور ۱۰۰۰۰ الی ۱۶۰۰۰ بار محور استاندارد معادل حاصل می گردد. که تنها ۰/۵ درصد تعداد محور عبوری کل عمر طرح روسازی بوده است.

به علت وجود درزهای پر از ماسه که به عنوان ابزاری برای انتقال بار به کار برده می شوند، ترک های ناشی از تنش و غیر یکنواختی به حداقل می رسد. همانند روسازی های انعطاف پذیر آسفالتی، مصالح دانه ای اساس با مقدار کمی نشست تطبیق داده می شوند بدون اینکه ترکی در سطح ایجاد شود. هزینه های تعمیر و نگهداری کاهش می یابد. زیرا امکان مرمت قسمت های مفروش شده با بلوک های بتنی بدون ایجاد یک سطح جدید وجود دارد.

<sup>۱</sup> - Rigid

<sup>۲</sup> - Flexible

<sup>۳</sup> - Composite

روسازی بلوکی بتنی به علت دارا بودن بافت و ساختار ویژه، الگوها، رنگها، رنگها، زیبایی منحصر به فردی را به ارمغان می آورند که در مقام مقایسه با سایر شکل های روسازی، توانایی ترکیب و هم گونی چشم گیری با محیط اطراف خود دارد.

- نصب بلوک های روسازی با ماشین آلات زمان اجرای پروژه را کاهش می دهد.
- در این نوع روسازی برای تعمیر و باز سازی می توان بلوک های استفاده شده را دوباره به کاربرد که در نتیجه میزان پرت مصالح کاهش می یابد. به طور خلاصه، با مقایسه روسازی بلوکی با روسازی های متداول بتنی و آسفالتی به مزایای آن از قبیل سرعت اجرای بالا، عدم استفاده از ماشین آلات گران قیمت، هماهنگی با محیط زیست، عدم مشکلات ناشی از کسب مقاومت و پرداخت بتن در روسازی بتنی و مشکلات موجود زیست محیطی روسازی های آسفالتی پی برده می شود.

- فاقد تغییرات شکلی دائمی نظیر شیار افتادگی می باشد.
- هنگام ترمز گرفتن جمع یا فتيله نمی شود.
- در هوای گرم و بسیار گرم روان و نرم نمی شود .
- در زیر بار های استاتیک جای چرخ وسایل نقلیه ایجاد نمی شود .
- از مقاومت خزش بسیار بالای برخوردار می باشد.
- در سرازیری یا سربالایی دچار جمع شدگی و شیار افتادگی نمی گردد .
- در اثر ریزش سوخت منجر به تخریب لایه و حل شدن ماده چسبنده نمی گردد.
- در اثر پارک نمودن وسایل نقلیه در مدت زمان کوتاه یا بلند تغییر شکل نمی دهد .

در هنگام شب قابلیت رویت بسیار مناسبتری در اثر انعکاس نور از خود نشان می دهد.

در این تحقیق تاثیر رطوبت بهینه بر دوام بتن با اسلامپ صفر در مورد کفپوشهای بتنی که در رده روسازی صلب و بتن با اسلامپ صفر قرار می گیرند، مورد بررسی قرار می گیرد.

کفپوشهای بتنی بایستی عملکرد مناسبی در برابر شرایط آسیب رسان محیطی برخوردار باشد تا بدین ترتیب عمر مفید آن ها افزایش یافته و در نتیجه هزینه تعمیر و نگهداری آن ها به حداقل برسد. به منظور تعیین و پیش بینی مشخصه های دوام از یکسری آزمایشات ساده مطابق استاندارد شماره ۴۰۱۸۵ ملی ایران استفاده می شود [۱ و ۲] که در بخش ۳ به تفسیر توضیح داده خواهد شد.

یکی از پارامترها در طراحی مخلوط بتن با اسلامپ پایین، روش تراکم مصالح خاکی می باشد. در این روش بر اساس تراکم ژئوتکنیکی مصالح با تغییر رطوبتهای زیاد شونده تقریباً ۵ درصدی به منحنی دانسیته - رطوبت دست می یابد. با استفاده از منحنی به رطوبت بهینه با یک عیار سیمان ثابت تعیین می شود و شاخصهای دوام از جمله آزمایش سیکل های ذوب و یخبندان و جذب آب و ... در نمونه های با رطوبت متفاوت با یکدیگر مقایسه خواهد شد. [3]

## ۲. مشخصات مصالح

سیمان مورد استفاده در این مطالعه از نوع تیپ ۲ بوده و آنالیز شیمیایی آن در جدول ۱ ارایه شده است. سنگ دانه ها نیز شامل ماسه طبیعی سیلیسی رودخانه ای با حداکثر بعد ۴٫۷۵ میلی متر از معدن دوکوهک شیراز و که اطلاعات و منحنی دانه بندی در جدول ۲ و شکل ۲، سنگ دانه نخودی سیلیسی شکسته با حداکثر بعد ۱۲٫۵ میلی متر و از معدن گله زن می باشد که اطلاعات و منحنی دانه بندی در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است. طرح اختلاط بر اساس آیین نامه ACI [5] که جهت اختصار توضیح داده نخواهد شد و الزامات دستگاه تولید که محدودیتهایی ایجاد می نمود، طراحی شده است.

<sup>۴</sup> بلوک های کفپوش بتنی - الزامات و روش های آزمون

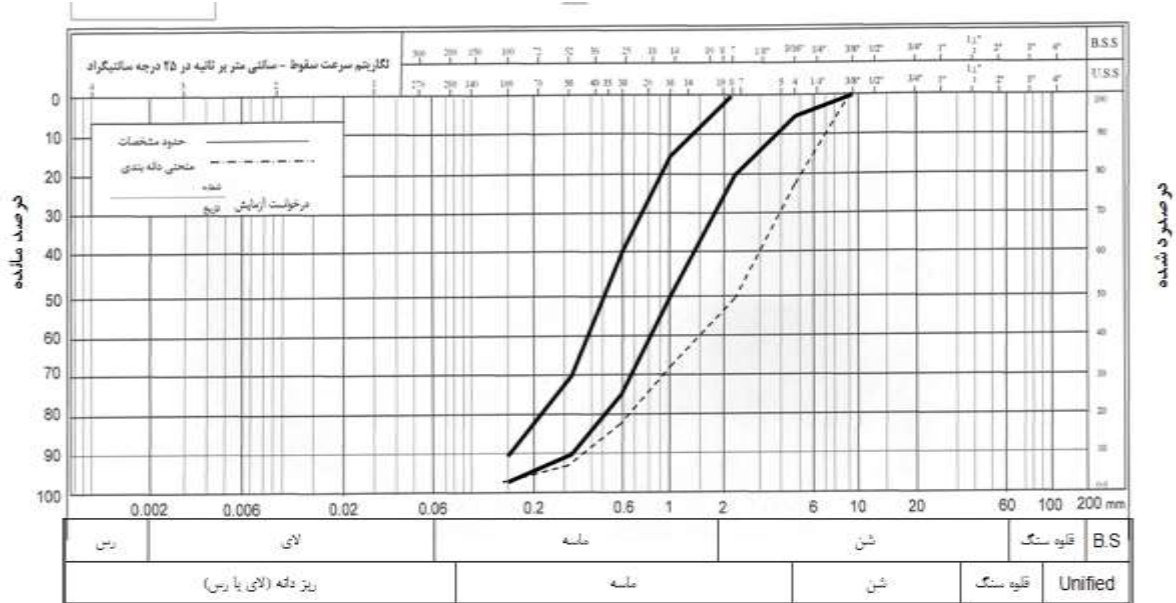
جدول ۱: آنالیز شیمیایی سیمان مصرفی (صد وزنی)

Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	So <sub>3</sub>	Mgo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sio <sub>2</sub>	Cao
0.13	0.78	1.86	1.38	3.96	5.14	21.46	64.38

جدول 2: نتایج آزمایش دانه بندی ماسه

درصد تجمعی رد شده	درصد تجمعی مانده	درصد مانده روی هر الک	وزن مصالح	اندازه سوراخ الک (mm)	شماره الک
100.00	0.00	0.00	0	9/5	3/8"
77.17	22.83	22.83	250	4/75	4
50.23	49.77	26.94	295	2/36	8
32.79	67.21	17.44	191	1/18	16
17.63	82.37	15.16	166	0/60	30
8.31	91.69	9.32	102	0/30	50
2.83	97.17	5.48	60	0/15	100
0.00	100.00	2.83	31	-	سینی زیر الک
289	511	100	1095	-	مجموع

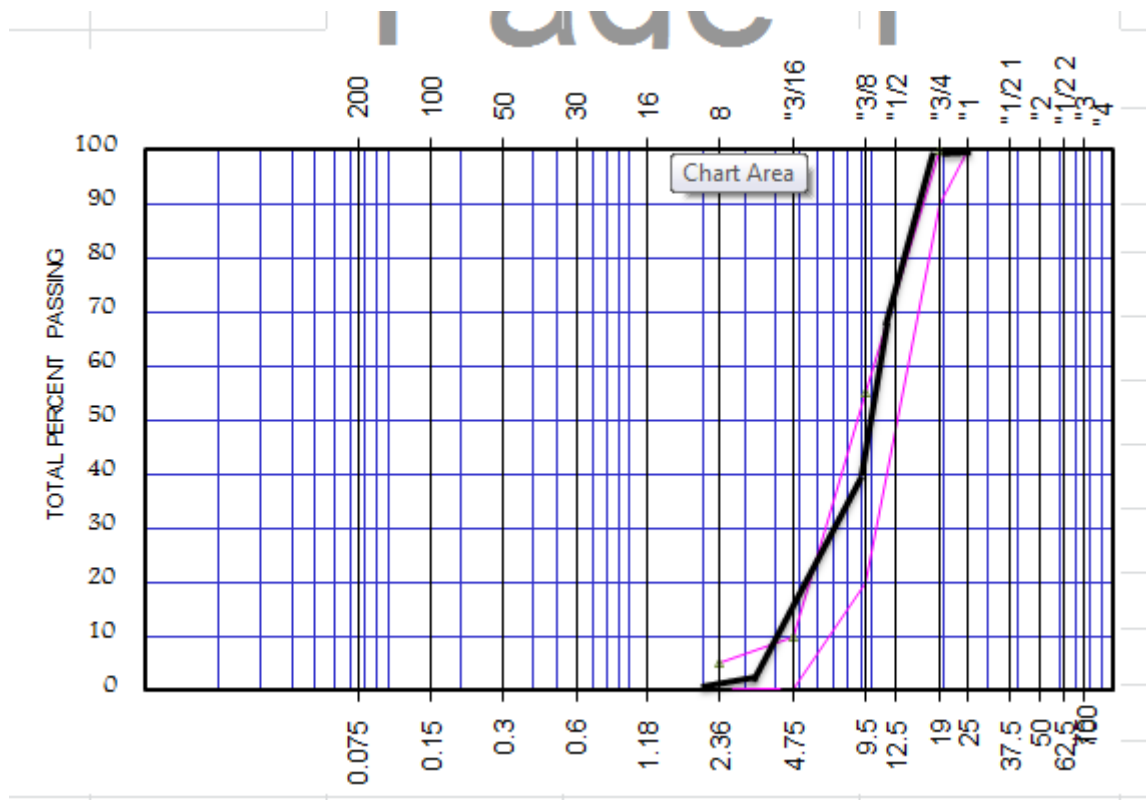
4.11	ضریب نرمی ماسه KMF
2/80 %	حداکثر درصد مجاز (مواد ریزتر از الک ۷۵ μm) مطابق استاندارد ۳۰۹ ملی ایران



شکل ۲ (نمودار دانه بندی ماسه)

جدول ۳: نتایج آزمایش دانه بندی شن

شماره الک	اندازه سوراخ الک (mm)	وزن مصالح (گرم)	درصد مانده روی هر الک	درصد رد شده	درصد عبوری مطابق استاندارد ۳۰۲
1"	25	0	0.00	100.00	۹۵ تا ۱۰۰
3/4"	18.75	0	0.00	100.00	-
1/2"	12.5	1424	33.57	66.43	۲۵ تا ۶۰
3/8"	9.4	1048	24.71	41.73	-
4	4.75	1688	39.79	1.93	۰ تا ۱۰
8	2.36	71	1.67	0.26	۰ تا ۵
سینی زیر الک	-	11	0.26	0.00	-
مجموع	-	4242	100		



شکل ۳ (نمودار دانه بندی شن)

### ۳- مطالعات آزمایشگاهی<sup>۵</sup>

۳-۱ روش انجام آزمون کششی:

دستگاه آزمون باید به دو تکیه گاه به فرم شکل ۴ مجهز باشد تکیه گاه بالایی باید توانایی چرخش حول محور عرضی را داشته باشد.

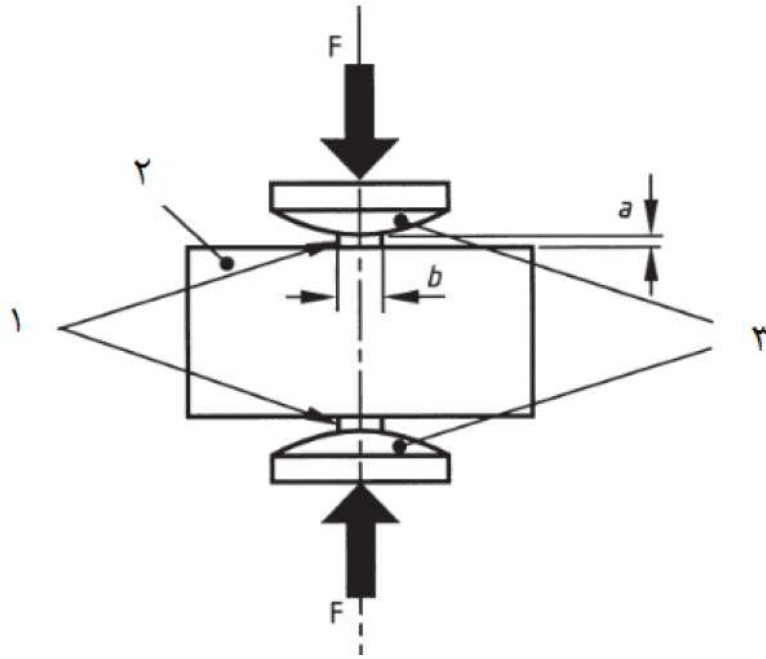
از بلوکهای کامل جهت این آزمایش استفاده می شود و هر گونه ناهمواری از سطح از بین برده شده و در آب با دمای  $20 \pm 5$  درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده ، سپس با پارچه خشک و آزمون انجام شود. بلوک را در داخل دستگاه آزمون قرارداده با نوار پر کننده از جنس لاستیک فشرده جهت جلوگیری از تمرکز تنش استفاده نموده و بار را به آرامی و به تدریج با سرعتی معادل  $0.1 \pm 0.05$  مگاپاسکال اعمال نموده و تنش کششی از فرمول زیر محاسبه می گردد.[2]

$$T = 0.637 \times k \times \frac{P}{S}$$

جدول ۴: مقدار k بر اساس ضخامت نمونه

<sup>۵</sup> مطالعات در آزمایشگاه اختصاصی شرکت شهر آرا بتن ارم جنوب انجام شده است.

۱۴۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	t (میلی متر)
۱,۲۵	۱,۲۳	۱,۱۹	۱,۱۵	۱,۱۱	۱,۰۶	۱,۰۰	-۰,۹۴	-۰,۸۷	-۰,۷۹	-۰,۷۱	k



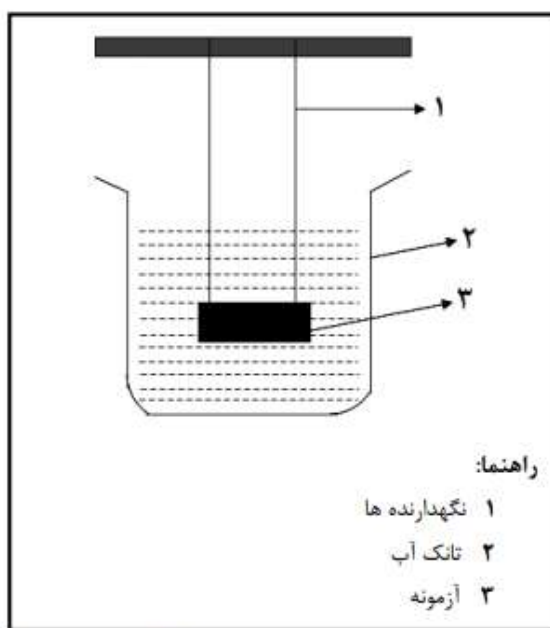
شکل ۴ (اصول آزمون کششی)

جدول ۵: مقاومت کششی نمونه ها

مقاومت کشش Mpa (۲۸ روزه)	نسبت آب به سیمان (درصد)	نخودی ۶- ۱۲,۵	ماسه ۰-۶ (کیلوگرم)	سیمان (کیلوگرم در مترمکعب)	شماره طرح
3.7	25	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۱
3.69	27	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۲
3.84	29	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۳
3.88	31	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۴
4.2	33	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۵
4.22	35	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۶
4.07	37	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۷
3.98	39	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۸

### ۲-۳ روش انجام آزمون جذب آب:

در این آزمایش آزمون‌های عمل‌آوری شده، با ثبت زمان به مدت تقریباً ۳ روز داخل آب غوطه‌ور می‌شوند تا به یک وزن ثابت برسند. در این مدت در زمان‌هایی، از داخل آب خارج شده و سطح آنها با یک پارچه خشک می‌گردد و سپس توزین می‌شوند. سپس در دستگاه آون خشک شده توزین می‌شوند و تا زمانی که تغییرات وزن کمتر از ۰,۱ درصد بود ادامه می‌یابد سپس وزن ثبت می‌شود (وزن خشک). معمولاً پس از گذشت یک روز روند تغییرات وزن آزمون‌ها اندک است. مقدار درصد جذب آب آزمون‌ها در هر زمان با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید. به شکل ۵ رجوع گردد. [2,6,8]



شکل ۵) حوضچه غوطه‌وری نمونه

جدول ۶: محدودیتها بر اساس استاندارد استاندارد

رده	نشانه	جذب آب
۱	A	--
۲	B	میانگین کوچک‌تر یا مساوی ۶ درصد وزنی

جدول ۶: میزان جذب آب نمونه‌ها

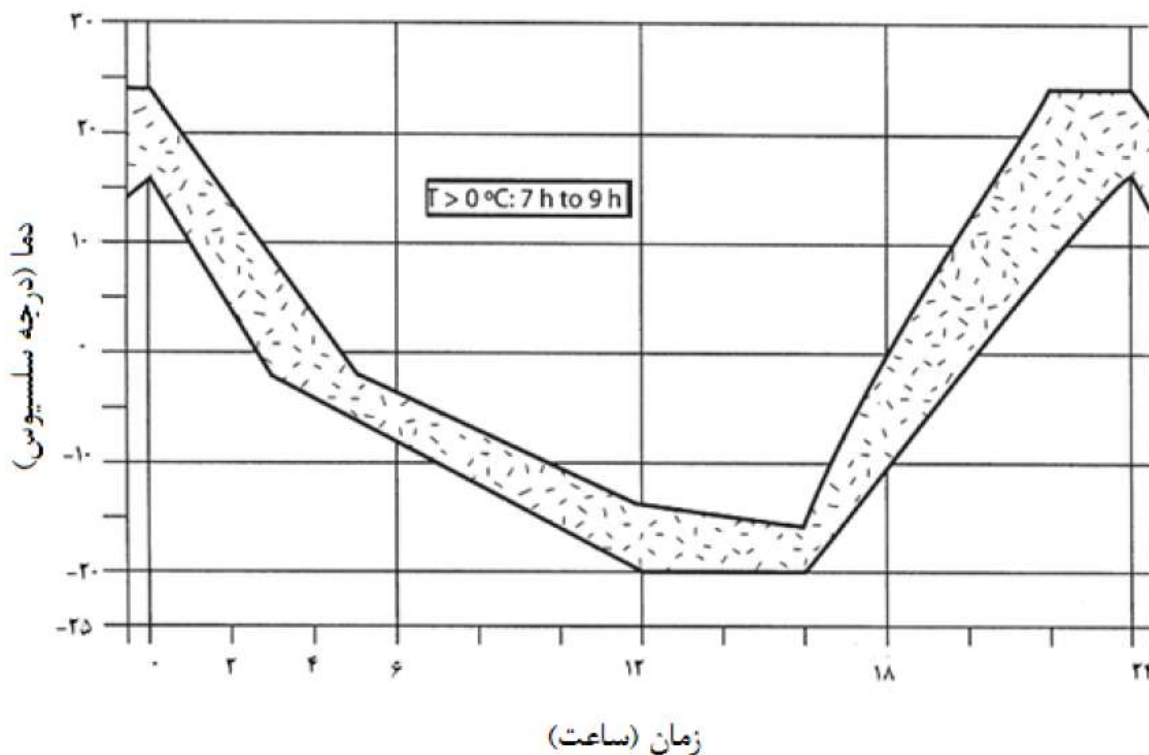
شماره طرح	سیمان (کیلوگرم در مترمکعب)	ماسه ۰-۶ (کیلوگرم)	نخودی ۶- (۱۲,۵)	نسبت آب به سیمان (درصد)	میزان جذب آب (درصد)
۱	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۵	۷.۳۱
۲	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۷	۷.۰۸
۳	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۹	۶.۳۸



6.04	31	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۴
5.33	33	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۵
۵,۲۳	35	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۶
۵,۸۸	37	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۷
۶,۱۲	39	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۵۰	۸

۳-۳ روش انجام آزمون ذوب و یخبندان:

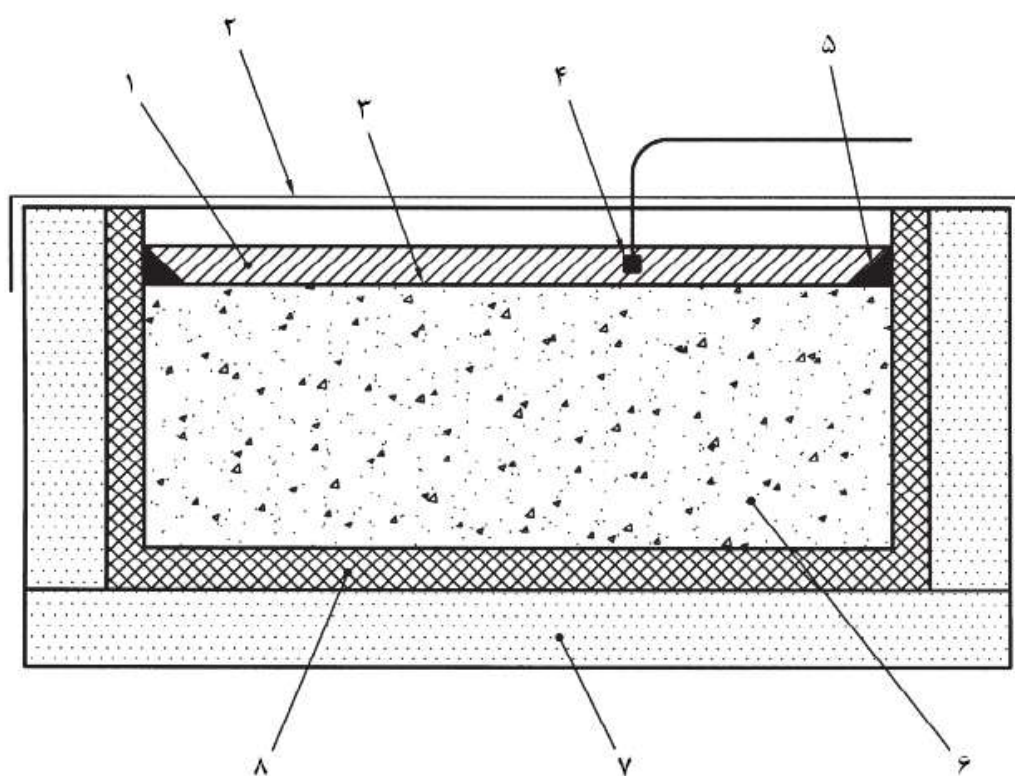
آزمونه ها را در محفظه یخبندان چنان تراز قرار دهید که سطح آزمون از حالت افقی در هر جهت بیش از ۳ میلی متر انحراف نداشته باشد و در معرض یخبندان و آب شدن پی در پی قرار گیرد. در طی آزمون ، چرخه زمان - دما (مطابق شکل ۶) در محلول سدیم کلرید در وسط سطح همه آزمون ها باید در ناحیه هاشور خورده شکل 6 واقع شوند. پس از ۷ چرخه و ۱۴ چرخه ، در هنگام آب شدن یخ ، در صورت لزوم مقداری محلول ۳ درصد سدیم کلراید را اضافه نموده تا ضخامت محلول بر روی سطح آزمون به میزان  $(5 \pm 2)$  میلی متر باشد. پس از ۲۸ چرخه پوسته ها را با برس و آبفشان جمع کرده و در دمای  $10.5 \pm 5$  درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک کرده و تناسب وزن به مساحت آزمون بر حسب متر مربع جواب آزمون و مقدار میانگین باید کمتر از ۱ و منفرد کمتر از ۱,۵ کیلوگرم بر متر مربع باشد. [6,7,2]



شکل ۶) چرخه زمان - دما

جدول ۷: محدودیت استاندارد تست ذوب و یخبندان

افت وزنی پس از آزمون یخبندان و آب شدن (کیلوگرم بر مترمربع)		نشانه	رده
$\leq 1,0$	میانگین	D	۳
$< 1,5$	منفرد		



راهنما:

- |   |                       |   |              |
|---|-----------------------|---|--------------|
| ۱ | مایع یخبندان (آب نمک) | ۵ | نوار درزگیر  |
| ۲ | ورق پلی اتیلنی        | ۶ | آزمونه       |
| ۳ | سطح آزمون             | ۷ | عایق حرارتی  |
| ۴ | وسیله اندازه گیری دما | ۸ | صفحه لاستیکی |

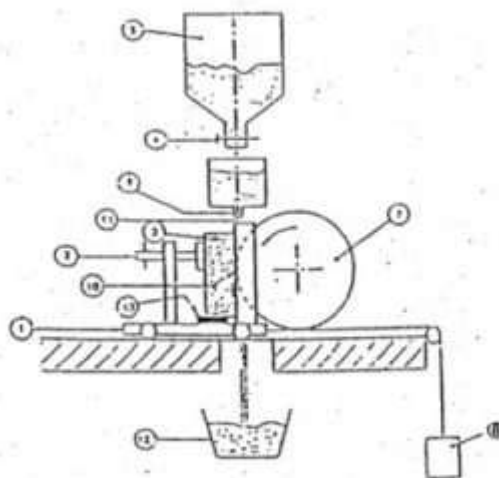
شکل ۷ (نمونه ذوب و یخبندان)

جدول ۸: نتایج آزمون ذوب و یخبندان

شماره طرح	سیمان (کیلوگرم در مترمکعب)	ماسه ۰-۶ (کیلوگرم)	نخودی ۶- ۱۲,۵	نسبت آب به سیمان (درصد)	میانگین پوسته شدگی (کیلوگرم)
۱	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۵	۱,۶
۲	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۷	۱,۴۷
۳	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۹	۱,۲۳
۴	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۱	۱,۰۵
۵	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۳	۰,۹۲
۶	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۵	۰,۹۸
۷	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۷	۰,۹۸
۸	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۹	۱,۰۹

۳-۴ روش انجام آزمون سایش:

ابتدا قیف هدایت کننده را از مواد ساینده خشک پر کنید این ماده از کوراندوم (اکسید آلومینیوم ذوب شده) می باشد . سپس شیر خروجی را باز کرده و موتور چرخ پهن روشن نموده و آزمون را در تماس با چرخ پهن قرار داده. پس از ۷۵ دور چرخش که معادل گذشت یک دقیقه می باشد موتور را خاموش کرده ، دو شیر ماده ساینده را ببندید و نمونه برای تعیین میزان سایش بردارید.[2]



شکل ۸) دستگاه سایش چرخ پهن

جدول ۹: محدودیت تست سایش

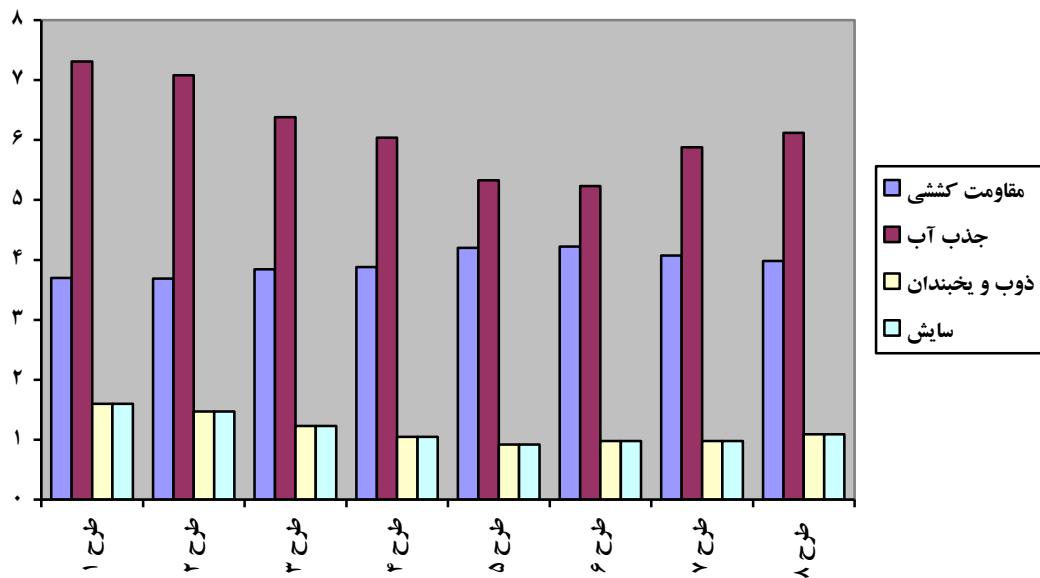
الزامات		نشانه	رده
طبق روش چرخ پهن مطابق روش پیوست چ	طبق روش بوهم مطابق روش پیوست ح		
--	--	F	۱
$\geq 23$ میلی‌متر	$\geq 20000$ میلی‌متر مکعب بر $5000$ مترمربع	H	۳
$\geq 20$ میلی‌متر	$\geq 18000$ میلی‌متر مکعب بر $5000$ مترمربع	I	۴

جدول ۱۰: نتایج آزمون سایش

شماره طرح	سیمان (کیلوگرم در مترمکعب)	ماسه ۰-۶ (کیلوگرم)	نخودی ۶- ۱۲,۵	نسبت آب به سیمان (درصد)	میانگین پوسته شدگی (میلی متر)
۱	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۵	۱,۶
۲	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۷	۱,۴۷
۳	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۲۹	۱,۲۳
۴	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۱	۱,۰۵
۵	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۳	۰,۹۲
۶	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۵	۰,۹۸
۷	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۷	۰,۹۸
۸	۳۵۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۳۹	۱,۰۹

#### ۴- نتیجه گیری:

مطالعه حاضر با به کارگیری روش تجربی و نتایج آزمایشگاهی به بررسی تاثیر رطوبت بهینه بر دوام بتن با اسلامپ صفر در تولید کفپوشهای بتنی پرداخته است. با توجه به شکل ۹ نتایج نشانگر آن هستند که در معیارهای مکانیکی و دوام بتن. علاوه بر جنس مصالح، نوع سیمان، عیار سیمان پارامترهایی مانند رطوبت بهینه، فشار تراکم، دمای اولیه بتن و سایر نکات جانبی نقش بسزایی ایفا می نمایند حال آنکه می توان مقدار فشار تراکم و رطوبت و دماهای متفاوت پایه تحقیقات بعدی در این زمینه باشند.



شکل 9) مقایسه نتایج

با تحلیلی دقیق، میزان مصالح مصرفی را در بهینه ترین حالت از نظر فنی و اقتصادی انتخاب کنیم. جرم حجمی خشک همبستگی مناسبی با منافذ قابل نفوذ و جذب حجمی آب داشته است. به عبارتی با افزایش جرم حجمی خشک میتوان انتظار داشت که حجم تخلخل قابل نفوذ کاهش یابد. فاکتورهای مقدار سیمان، نسبت آب به سیمان و تعامل این دو از نظر آماری فاکتورهای مؤثر بر جرم حجمی خشک، منافذ قابل نفوذ و جذب حجمی آب بوده اند و با انتخاب مقادیر مناسب عیار سیمان و نسبت آب به سیمان مقادیر پارامترهای مذکور در حد بهینه قرار می گیرد. نکته حائز اهمیت این است که مقاومت کششی بتن همبستگی مناسبی با جرم حجمی خشک، منافذ قابل نفوذ و ضریب جذب آب نداشته است، به عبارتی مقاومت کششی به تنهایی نمیتواند از نظر مشخصه های دوام نتایج قابل اعتمادی را فراهم آورد. لذا روش تراکم ژئوتکنیکی که حداکثر جرم حجمی خشک را برای دستیابی به طرح اختلاط مخلوط الزم میداند از کارایی مناسب برخوردار خواهد بود، لیکن الزم است مطالعات بیشتری روی روشهای مبتنی بر کارایی صورت گیرد.

[1] DIN EN 1338: 2003, Concrete paving blocks requirement and test methods

[2] استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱۸۵ چاپ اول ۱۳۹۴

[۳] ASTM D 1557, Standard Test Methods Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort, Annual book of ASTM standards, 2007.

[۴] ACI 318-11 Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318-2011) And Commentary (ACI 318R-2011)

[۵]: United States. Dept. of the Army, Standard Practice for Concrete Pavements, Departments of the Army and the Air Force, 2004.

[۶] T.Parhizkar, J.Sobhani, A.M.Raisghasemi, A.Pourkhorshidi, H.Madani, A.Bagheri, A Practical Guideline and Quality Control for Roller Compacted Concrete Pavements, Road, Housing and Urban development Research Center, 2016

[7] S.Kolias, C. Georgiou, The effect of paste volume and of water content on the strength and water absorption of concrete, Cement and Concrete Composites 27(2) (2005) 211-216.

[8] G.Ransinchung, B. Kumar, V. Kumar, Assessment of water absorption and chloride ion penetration of pavement quality concrete admixed with wollastonite and microsilica, Construction and Building Materials 23(3) (2009) 1168-117.