مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۷- شماره ۳ - سال ۱۴۰۱

www.ElitesJournal.ir

بررسی چسبندگی و مقاومت بین بتن‌های گوگردی و آسفالت تعمیری تحت تاثیر پودر سیلیس ترکیبی در بتن گوگردی

سیدرحیم بهارآور[۱]، محمد بیکی[۲*]

۱- استادیار گروه عمران، موسسه آموزش شمس، گنبدکاووس، ایران

۲- کارشناس ارشد عمران، راه وترابری، موسسه آموزش شمس، گنبد کاووس، ایران

*mbeyki.58@gmail.com

ارسال: تیرماه ۱۴۰۱ پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

چکیده

در این تحقیق در مورد بررسی چسبندگی و مقاومت بین بتن‌های گوگردی و آسفالت تعمیری تحت تاثیر پودر سیلیس ترکیبی در بتن گوگردی مطالعه شده است که مجموعاً ۱۴ عدد قالب مکعبی از جنس چوب به ابعاد ۱۰ سانتی‌مترمکعب ساخته شده است. که برای آزمایش مقاومت فشاری، آزمایش ذوب و انجماد و چسبندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این ترکیبات دو مخلوط زیر به عنوان نمونه شاهد بوده‌اند که یکی از این نمونه‌ها گوگرد خالص و دیگری آسفالت قیری خالص بوده است، و در قالب‌های دیگر نصف قالب را از آسفالت پر می کنیم و نصف دیگر از قالب را با درصدهای متفاوت از گوگرد و سیلیس پر کرده و مورد آزمایش قرار می‌دهیم. در این تحقیق طرح اختلاط آسفالت قیری ثابت بوده است، ولی طرح اختلاط بتن گوگردی در استفاده از نسبت‌های گوگرد و سیلیس متفاوت می‌باشد. هدف ازین تحقیق استفاده از بتن گوگردی به جای آسفالت قیری در خرابی‌های آسفالتی می‌باشد که دارای مقاومتی به مراتب بالاتر از آسفالت قیری می‌باشد، بخصوص در محل سرعت گیرها که به علت ترمز کردن اتومبیل‌ها باعث جمع شدگی آسفالت می‌شود وبا توجه به این که بتن گوگردی یک بتن ارزان قیمت‌تر نسبت به آسفالت قیری می‌باشد و همچنین دارای مقاومت بالایی است جایگزین مناسبی برای آسفالت قیری در خرابی‌های آسفالت می‌باشد.

کلمات کلیدی: بتن گوگردی، پودر سیلیس، آسفالت تعمیری، مقاومت، چسبندگی.

۱- مقدمه

بهبود رفتار روسازی راه‌ها از طریق بهسازی انواع روکش‌های آسفالتی از موضوعات مطرح در علم مهندسی راه است، که مبتنی بر کاهش هزینه‌های راه سازی از طریق بهسازی و استفاده از مواد ارزان قیمت جهت روکش آسفالتی با مقاومت بالاتر می‌باشد گوگرد یکی از موادی است که مقدار قابل توجهی در صنایع نفت و گاز تولید می‌شود و بتن گوگردی ساخته شده از گوگرد دارای مقاومت بالا و مقاوم در برابر حمله‌های اسیدی در جاهایی که آسفالت قیری به سرعت تخریب می‌شود. می‌توان از بتن گوگردی استفاده کرد. قصد داریم که چسبندگی و مقاومت بین بتن‌های ساخته شده با گوگرد تحت تاثیر پودر سیلیس که به عنوان سنگدانه در بتن گوگردی استفاده شده است را برروی آسفالت‌های قیری که خراب شده است را بررسی کنیم. سیلیس که

خود یکی از سنگدانه‌های پر مقاومت پیرامون ما است، می‌تواند نقش مهمی در مقاومت بتن گوگردی ساخته شده با پودر سیلیس داشته باشد وهمچنین از گوگرد به جای سیمان پرتلند به عنوان چسباننده استفاده می‌کنیم.

۱-۱- گوگرد

گوگرد، عنصری جامد، ترد و به رنگ زرد است. که در اثر حرارت دستخوش دگرگونی می‌گردد این ماده در دمای ۱۱۹ درجه سانتی‌گراد ذوب و به صورت سیال زرد رنگ، در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به صورت مایع قهوه‌ای رنگ است. در پالایشگاه‌ها از فراوری نفت و گاز بدست می‌آید. مقدار کمی از این ماده در صنایع دیگر به کار می‌رود مقدار زیادی مازاد بر مصرف در پالایشگاه‌ها می‌ماند[۱].

۱-۲-سیلیس

دومین عنصر رایج با ۲۵ درصد فراوانی در پوسته زمین است. این ماده غیر فلزی، سخت است و بی‌رنگ تا خاکستری تیره وجود دارد. ازجمله معادن سیلیس که در منطقه گلستان وجود دارد می‌توان به معدن گالیکش، مراوه‌تپه و مینودشت نام برد که جهت مصرف درمواد اولیه سیمان بکار می‌رود.

۲- بتن گوگردی

بتن گوگردی یک مصالح ساختمانی است که اکنون در بسیاری از کاربردهای تخصصی در سراسر صنعت حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر در درجه اول در مناطقی که مواد معمولی مانند بتن پرتلند سیمانی (ppc) از بین می‌روند و دوام کمی دارند مانند محیط‌های شیمیایی اسیدی و آب‌های شور، این مصالح جدید ترموپلاستیک بوده و در عرض یک روز از بتن ریزی به مقاومت فشاری بیش از psi ۹۰۰ دست می‌یابد[۲-۳]. این مواد در برابر نفوذ رطوبت، نفوذ ناپذیر بوده و در برابر حمله اسیدهای معدنی و نمک‌ها بسیار مقاوم هستند[۴]. در این پژوهش از این نوع بتن با اضافه کردن پودر سیلیس به جای سنگدانه‌های معمولی با درصدهای مختلف به عنوان یک لایه روسازی در خرابی آسفالت‌های قیری که دارای هزینه زیادی می‌باشند و همچنین مقاومت کمتری نسبت به بتن گوگردی دارند استفاده می‌کنیم. امروزه بتن‌های گوگردی به علت مزایای منحصر به فرد از جمله مقاومت بالای شیمیایی، رواج زیادی در صنایع و پروژه‌های ساختمانی و مکانیکی در سطح دنیا یافته است[۵]. این نوع بتن به خصوص در محل‌های مانند سطوح مجاور مواد اسیدی کاربرد منحصر به فردی دارد. بتن گوگردی مصالح نسبتاً جدیدی است، گرچه ظاهر آن شبیه بتن معمولی می‌باشد اما در ساخت، حمل و نقل، کاربرد و آزمایش آن متفاوت است[۶]. بتن گوگردی مصالحی ترموپلاستیک است که با اختلاط سیمان کوگردی به صورت گرم با سنگدانه‌های معدنی ساخته می‌شود[۷]. بتن گوگردی سریعاً در اثر خنک شدن سرد می‌شود و کسب مقاومت می‌کند. اگر سنگدانه‌های مقاوم در برابر اسیدها و نمک‌ها بکار رود بتن گوگردی پر مقاومت و با دوام می‌تواند تولید شود و در مواردی که سایر بتن‌ها سریعاً از بین می‌روند بخوبی مصرف گردد[۸]. بتن گوگردی در محیط‌های قلیایی و اکسید کننده‌ها پایدار نیست اما در محیط اسیدی و نمک‌ها عملکرد عالی دارد[۹].

۳-آسفالت

مخلوطی از سنگدانه‌های خرد شده و دانه‌بندی شده می‌باشد که در کارخانه آسفالت، حرارت می‌دهند و با قیر گرم در درجه حرارت‌های معین، مخلوط می‌کنند و به همان صورت گرم بر سطوح مورد نظر مانند اساس، زیر اساس، رویه‌های بتنی و سطوح دیگر پخش و کوبیده می‌شود. آسفالت استفاده شده دراین پژوهش ازنوع آسالت گرم می‌باشد که در کارخانه آسفالت شهرستان کلاله تهیه شده است. آسفالت که یک مصالح انعطاف پذیر می‌باشد در محل‌های دست انداز و سرعت گیرها خیلی زود بخصوص در مناطق گرم باعث جمع شدگی شده و مشکلات فراوانی برای کاربران و استفاده کنندگان از راه را بوجود می‌آورد وچه بسا باعث تصادفات در این محل شود و خسارات مالی و جانی جبران ناپذیری را بوجود بیاورد.

۴- مواد و روش اختلاط و آزمایش

بتن مصرفی در این پژوهش با نسبت اختلاط بین ۱۰ تا۴۰ درصد گوگرد با پودر سیلیس می‌باشد و در این سنگدانه‌های سیلیسی به مقدار ۱۰ درصد نیز اکسید آهن درون سنگدانه‌های سیلیسی مخلوط شده است. و این مخلوط در شرایط آزمایشگاهی ۱۰+ تا ۱۸+ درجه سانتی‌گراد ساخته شده است. این نسبت‌ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ترکیب نمونه‌های بتن گوگردی وطرح اختلاط

نام ترکیب	گوگرد %	سیلیس %	آسفالت %
A	۴۰	۱۰	۵۰
B	۳۰	۲۰	۵۰
C	۲۰	۳۰	۵۰
D	۱۰	۴۰	۵۰
E	۵۰	–	۵۰
F	۱۰۰	–	–
H	-	–	۱۰۰

در جداول شماره ۱، حروف A , B , C , D , E , F , H به ترتیب نشانگر وجود ۱۰درصد، ۲۰درصد، ۳۰ درصد، ۴۰درصد سیلیس، ۵۰ درصد گوگرد، ۵۰ درصد آسفالت، ۱۰۰ درصد گوگرد و ۱۰۰ درصد آسفالت می‌باشد.

۴-۱- مواد ومصالح

- گوگرد خالص
- سیلیس
- آسفالت
- روغن قالب

۴-۱-۱- چسباننده مورد استفاده

سیمان مورد استفاده در این پژوهش، گوگرد خالص می‌باشد که به عنوان مواد چسباننده به جای سیمان پرتلند بکار رفته است. با توجه به این که گوگرد در اثر حرارت دادن ذوب شده و به صورت مایع در می‌آید عملاً آب در این مخلوط استفاده نمی‌شود.

جدول ۲ -آنالیز گوگرد

Property	Method	Spec
Ash Content (wt %)	ISO 3425	Max 0.09
Hydrocarbon (wt %)	B.S. 4113	Max 0.09
Purity (on dry basis) wt%	B.S. 4113	99.5-99.9
Moisture (wt %)	B.S. 4113	Max 0.8
Acidity (as H2SO4) (wt%)	ISO 3704	Max 0.02
COLOR ; VISUAL	Yellow	
Mechanical impurities (sand , etc)	None	
Bulk density (kg/m³)	1100-1500	

۴-۱-۲- سنگدانه

در این تحقیق به جای سنگدانه‌های معمولی (شن و ماسه) از سنگدانه‌های سیلیسی ریز دانه استفاده شده است که دارای مقاومت بالاتری نسبت به سنگدانه‌های معمولی می‌باشد[۱۰] و همچنین سیلیس مصرفی در این تحقیق حاوی ۱۰ درصد اکسید آهن است، .که دارای جذب آب ۰.۲ درصد و وزن مخصوص ۳۳.۲ گرم بر متر مکعب می‌باشد

جدول ۳ -آنالیز سیلیس

Microsilica Grade 920 ASTM	
SiO2(Silicon Dioxide)	Min. 92.0%
Fe2O3 (Iron Oxide)	Max. 1.00%
Al2O3(Aluminium Oxide)	Max. 1.00%
CaO(Calcium Oxide)	Max. 0.50%
MgO(Magnesium Oxide)	Max. 0.50%
K2O(Potassium Oxide)	Max. 1.00%
Na2O(Sodium Oxide)	Max. 0.40%
Bulk Density Typically	550 kg/m3 ~ 650 kg/m3
Packing: Big Bags	950 kg ~ 1050 kg

۴-۳- روش ساخت بتن

ابتدا گوگرد خشک را درون یک عدد قالب ریخته و وزن می‌کنیم. این عمل را جهت بدست آوردن وزن مخصوص گوگرد خشک انجام می‌دهیم. وزن گوگرد خشک بدست آمده برابر ۹۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. حالا برای بدست آوردن وزن مخصوص گوگرد ذوب شده گوگرد خشک را درون قابلمه ریخته، و درون دستگاه ذوب (هاون) می‌ریزیم، فرایند ذوب گوگرد بستگی به میزان گوگرد درون ظرف بین ۱.۵ تا ۲ ساعت به طول می‌انجامد تا زمانیکه گوگرد ذوب می‌شود، قالب‌های ساخته شده از جنس چوب را به وسیله روغن چرب می‌کنیم، جهت جلو گیری از گوله شدن هر ۲۰ دقیقه یک بار گوگرد را به وسیله بیلچه هم می‌زنیم. گوگرد در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به نقطه ذوب می‌رسد، وقتی گوگرد کاملاً ذوب شد قابلمه را به وسیله انبردست از داخل هاون بیرون آورده و طبق شکل۱درون قالب می‌ریزیم.

شکل ۱ - نحوه ریختن گوگرد درون قالب

مواد به مدت ۲ تا ۳ ساعت درون قالب می‌ماند تا سرد و منجمد شود سپس به وسیله پیچ‌گوشتی قالب را باز کرده و نمونه را از قالب در می‌آوریم و به وسیله ترازو مطابق شکل ۲ وزن می‌کنیم وزن بدست آمده گوگرد ذوب شده برابر ۱۸۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

شکل ۲ – وزن کردن تمونه گوگرد

اکنون برای بدست آوردن وزن مخصوص آسفالت، آسفالت را درون قالب ریخته و به وسیله چکش تراکم آسفالت را متراکم می‌نماییم، به این صورت که ابتدا یک لایه نازک از آسفالت را درون قالب ریخته و به وسیله چکش با ۲۰ ضربه متوالی آسفالت را متراکم می‌کنیم سپس لایه بعدی را درون قالب ریخته و دوباره با ۲۰ ضربه دیگر آسفالت را متراکم می‌کنیم تا قالب کاملاً پرشود. اکنون قالب را باز می‌کنیم و نمونه را در آورده و به وسیله ترازو وزن می‌کنیم تا وزن مخصوص آسفالت را از این طریق بدست آوریم. وزن بدست آمده از این روش برابر ۱۸۳۰ کیلو گرم بر متر مکعب می‌باشد. برای پر کردن قالب‌های ۵۰ درصد گوگرد و ۵۰ درصد آسفالت ابتدا آسفالت را تا نیمه قالب ریخته و متراکم می‌کنیم و نیمه دیگر به وسیله گوگرد ذوب شده درون دستگاه هاون پر می‌نماییم، سپس بعد از ۲ تا ۳ ساعت که مواد سرد شود نمونه را از قالب بیرون آورده و به وسیله ترازو وزن می‌کنیم. وزن بدست آمده برابر ۲۰۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد همان‌گونه که از وزن نمونه پیدا است این وزن بیشتر از وزن نمونه‌های آسفالت خالص و گوگرد خالص می باشد. وقتی علت را بررسی می‌کنیم متوجه شدیم که به علت خوب متراکم نبودن نمونه آسفالت و مایع بودن گوگرد در اثر ذوب ، مایع گوگرد به داخل آسفالت نفوذ کرده و حفرات خالی بین آسفالت را پر کرده و باعث افزایش وزن نمونه ترکیبی آسفالت و گوگرد شده است. اکنون با توجه با وزن مخصوص هر متریال که به روش گفته شده بدست آوردیم نسبت‌های گوگرد و سیلیس را محاسبه کرده و شروع به ساخت بتن گوگردی می‌کنیم. برای بدست آوردن ترکیب ۴۰درصد سیلیس و ۱۰ درصد گوگرد که برابر با ۱۸۲ گرم گوگرد می‌باشد درون دستگاه هاون قرار می‌دهیم تا ذوب شود بهتر است تا زمانیکه گوگرد ذوب می‌شود سیلیس را که برابر ۴۰ درصد وزنی می‌باشد را درون هاون قرار دهیم تا سیلیس نیز گرم شود،[۱۱-۱۴] و زمانیکه گوگرد ذوب شد آرام آرام سیلیس را به گوگرد اضافه می‌کنیم و هم می‌زنیم تا گوگرد کاملاً مخلوط شود. ویک ترکیب مناسب بدست می‌آید. و بعد از اینکه مخلوط آماده شد آن را داخل قالب می‌ریزیم، این عمل را برای درصدهای مختلف گوگرد و سیلیس انجام می‌دهیم تا قالب‌ها را از درصدهای مختلف سیلیس و گوگرد پر می‌کنیم.

۴-۴- آزمایش مقاومت فشاری

به طور کلی از دو نمونه آزمایش فشاری استفاده می‌شود: نمونه‌های مکعبی و استوانه‌ای، که در انگلیس و آلمان و بسیاری از کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمونه‌هایی با استانداردهای امریکایی، فرانسوی و استرالیا. اشکال استوانه‌ای توصیه می‌شود. در این پژوهش از نمونه‌های مکعبی ۱۰ سانتی‌متر مکعب برای مقاومت فشاری استفاده می‌شود برای این آزمایش نمونه ها

در قالب‌های چوبی و مکعبی ریخته می‌شوند. نمونه‌های مکعبی آزمایشی بین دو صفحه قرار می‌گیرند مطابق شکل ۳ در جهتی که سطح نمونه در تماس با قالب مکعب است. نیروی فشاری می‌شکند و به دستگاه باز می‌گردد. نیرو از یک مانیتور که در صفحه جک ثابت مانده است ضبط می‌شود و با تقسیم این نیرو به پاهای مکعب، مقاومت فشاری نمونه را بدست می‌آورد:

شکل ۳ -آزمایش مقاومت فشاری

۴-۵- آزمایش جذب آب

نتایج این آزمایش به طور مستقیم با منافذ موجود در بتن مرتبط است به طوری‌که هرچه منافذ بالاتر باشد، جذب آب نیز بیشتر می‌شود. آزمایش جذب آب، ابتدا نمونه‌های خشک را وزن می‌کنیم در دو مرحله نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت درون آب غوطه‌ور می‌سازیم. نمونه‌های مکعب در دمای آب در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایش شدند. در مرحله اول روش حذف نمونه‌ها و خشک کردن آن‌ها در خشک کن به مدت ۲۴ ساعت بود و نمونه‌ها از خشک کن وزن شده و در دمای اتاق سرد می‌شدند. آن‌ها پس از اندازه گیری میزان جذب آب حجمی اولیه به مدت نیم ساعت در آب غوطه‌ور شدند و پس از خشک شدن دوباره وزن شدند. به منظور بدست آوردن وزن نهایی حجمی حجم آب پس از ۷۲ ساعت غوطه‌وری نمونه‌ها در آب، نمونه‌ها در آب، نمونه‌ها اندازه گیری و در نهایت درصد جذب آب محاسبه شد.

۴-۶- آزمایش ذوب و انجماد

برای انجام آزمایش یخ و ذوب شدن ابتدا نمونه‌ها را از قالب در آورده و به مدت ۲۴ ساعت داخل فریزر قرار می‌دهیم و سپس بعد از ۲۴ ساعت آن‌ها را بیرون آورده در دمای معمولی قرار می‌دهیم این عمل را به مدت ۱۰ روز انجام می‌دهیم، بعد از مدت مذکور نمونه‌ها را مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار می‌دهیم و نتایج آن را بررسی می‌کنیم.

۵- نتایج آزمایشگاهی و تحلیل آن‌ها

دراین قسمت ار تحقیقات نمونه‌ها بعد از رسیدن به سن مورد نظر با دستگاه‌های اشاره شده و مطابق با استانداردهای مربوطه مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و نتایج آزمایش‌ها در قالب جداول و نمودارها داده شده است.

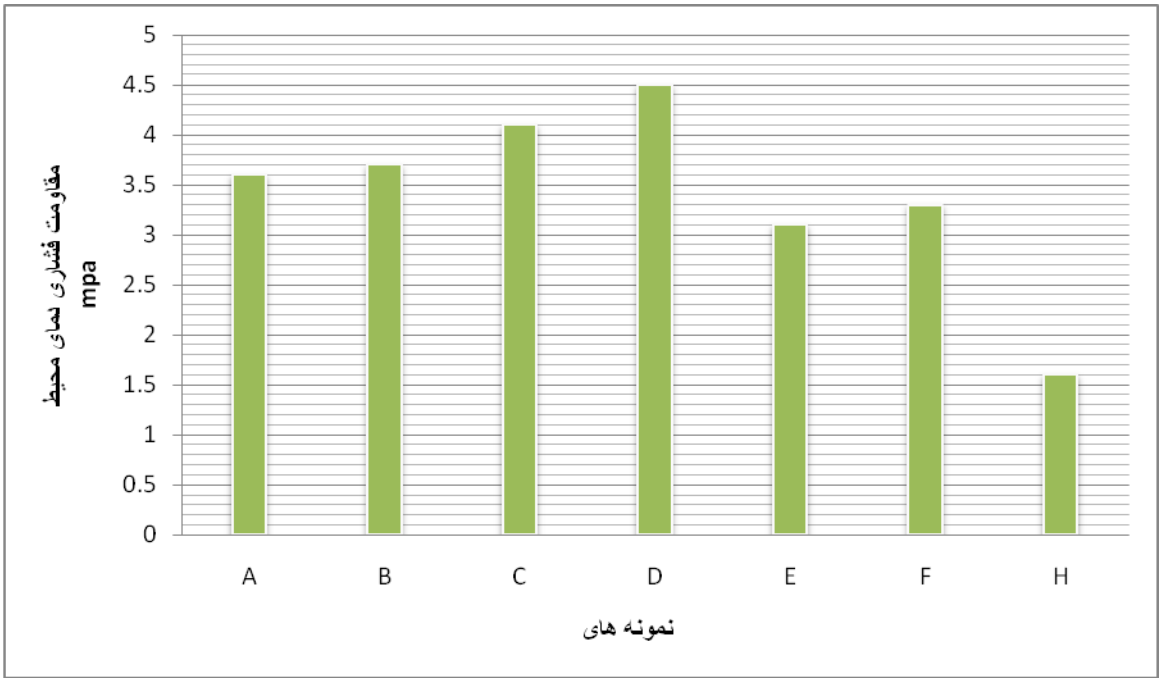
۵-۱- نتایج مربوط به مقاومت فشاری

نتایج نمونه‌ها بعد ازاعمال آزمایش‌های مربوطه در جدول ۴ ارایه شده است:

جدول ۴- نتایج مر بوط به مقاومت فشاری

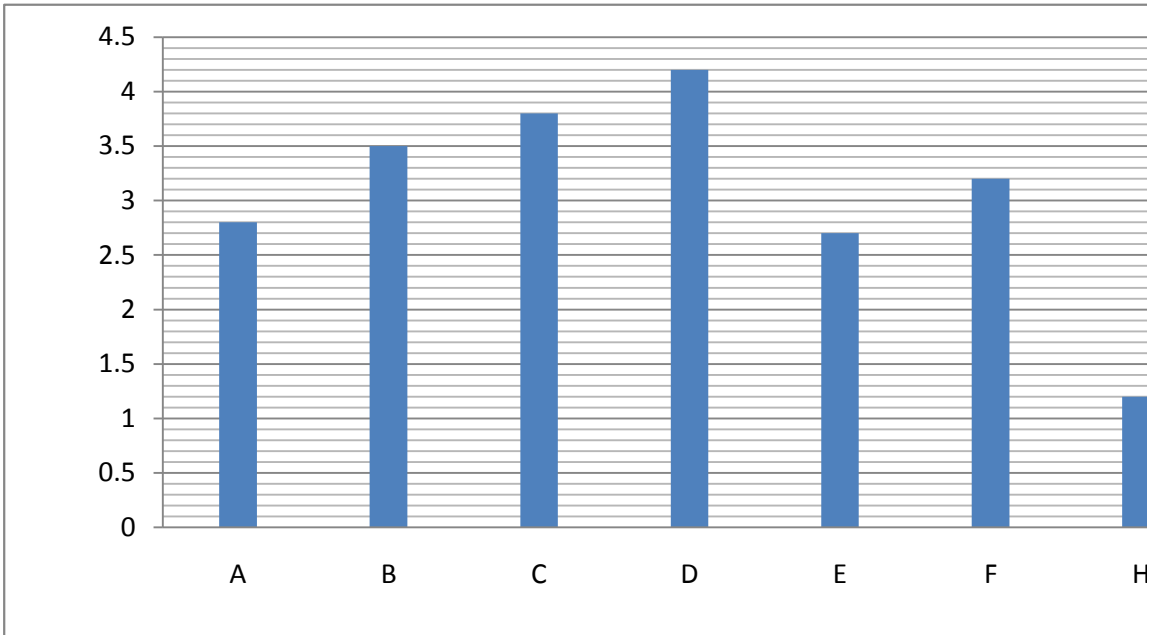
نام نمونه	مقاومت فشاری در دمای معمولی مکاپاسکال	مقاومت فشلری بعد از دوره ذوب ویخ مگاپاسکال
A	3.6	2.8
B	3.7	3.5
C	4.1	3.8
D	4.5	4.2
E	3.1	2.7
F	3.3	3.2
H	1.6	1.2

با توجه به جدول شماره ۴ مشاهده می‌گردد که مقاومت نمونه‌ها در دمای معمولی با نمونه‌هایی که مورد آزمایش دوره ذوب و انجماد قرار گرفته‌اند بیشتر می‌باشد، و یخبندان باعث ضعیف شدن نمونه‌ها در آزمایش مقاومت فشاری می‌شوند. پس نتیجه می-گیریم که دوره ذوب و یخ تاثیر مستقیم در مقاومت فشاری بتن گوگردی تحت تاثیر پودر سیلیس دارد و شکل ۴ و ۵ نمودار در دمای معمولی و دوره ذوب و انجماد را نشان می‌دهد، و شکل ۶ مربوط به نمونه‌های شکسته شده در آزمایش مقاومت فشاری می-باشد.



شکل ۴- نمودار مقاومت فشاری در دمای محیط

شکل ۴ نمودار مقاومت فشاری نمونه‌ها را در دمای محیط بیان می‌کند، در این نمودار نشان می‌دهد که درنمونه A که دارای ۱۰ درصد سیلیس و۴۰ درصد گوگرد می باشد داری مقاومت کمتری نسبت به نمونه B که دارای ۲۰ درصد سیلیس و ۳۰ درصد گوگرد می‌باشد و همانگونه که از نمودار برمی‌آید هرچه مقدار سیلیس مصرفی داخل بتن گوگردی به نسبت ۱۰ درصد بیشتر می-شود مقاومت نمونه‌ها بیشتر می‌شود، و نمونه گوگرد خالص دارای مقاومت کمتری نسبت به همه نمونه‌ها می‌باشد.



شکل ۵- نمودار مقاومت فشاری در دوره ذوب وانجماد

شکل ۵ نمودار مقاومت فشاری دوره ذوب وانجماد را نشان می‌دهد که در این نمودار همانند مقاومت فشاری در دمای معمولی با افزایش مقدار سیلیس به نسبت‌های ۱۰ تا۴۰ درصد مقاومت فشاری نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد با این تفاوت که در نمونه‌های دروه ذوب و انجماد به علت تاثیر انقباض و انبساط ناشی از ذوب و انجماد بتن باعث کاهش مقاومت فشاری نسبت به محیط معمولی می‌باشد.

شکل ۶ - نمونه‌های شکسته شده در آزمایش مقاومت فشاری

درشکل شماره ۶ تصویر نمونه‌ای شکسته شده در مقاومت فشاری را نشان می‌دهد دراین نمونه‌ها پس از شکسته شدن هیچ گونه جدا شدگی بین بتن گوگردی و آسفالت قیری اتفاق نیفتاده است و نشان می‌دهد که از نظر چسبندگی بین بتن گوگردی و آسفالت قیری نتایج قابل قبولی بدست آمده است و شکست‌هایی که بوجود آمده است در ناحیه بتن گوگردی می‌باشد.

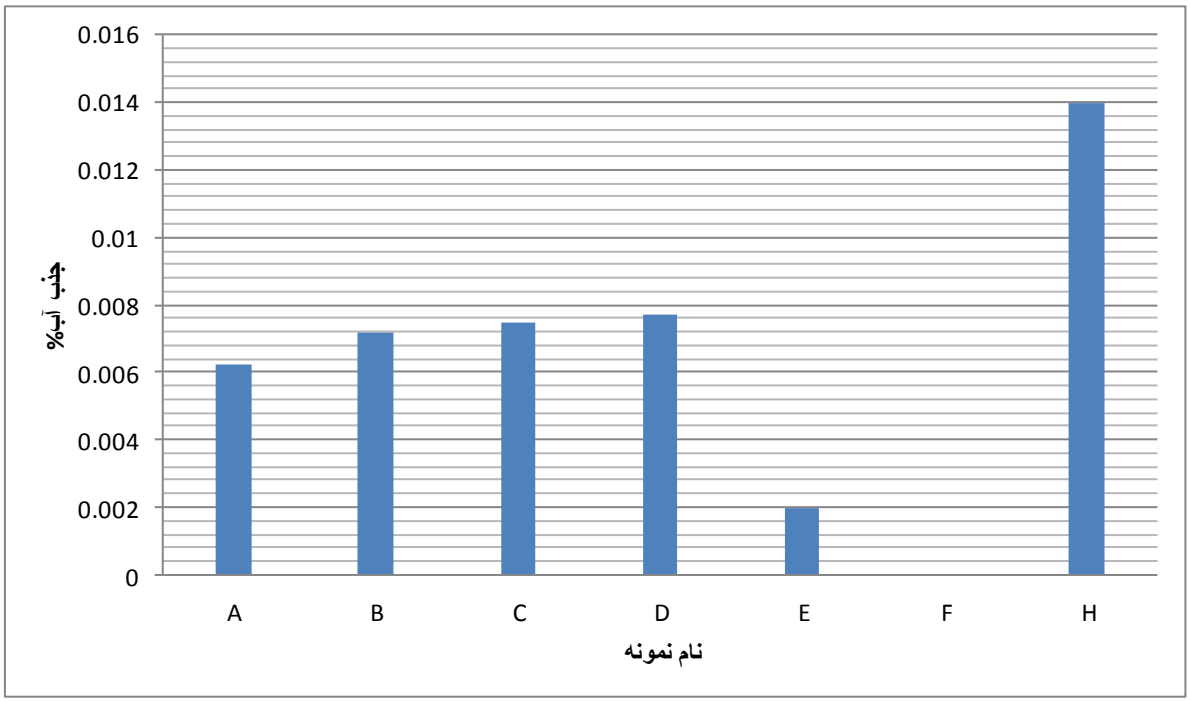
۵-۲- نتایج آزمایش جذب آب

آزمایش جذب آب بر روی نمونه‌های مکعبی در سن ۲۸ روزه با ابعاد ۱۰ سانتی‌مترمکعب انجام شد و نتایج آن در جدول ۵ و نمودار آن در شکل ۱۷ رایه شده است.

جدول ۵ - نتایج آزمایش جذب آب

نمونه	سیلیس %	گوگرد %	آسفالت %	وزن خشک Kg	وزن اشباع Kg	جذب آب %
A	10	40	50	1.930	1.942	0.0062
B	20	30	50	1.930	1.944	0.0072
C	30	20	50	1.865	1.879	0.0075
D	40	10	50	2.080	2.096	0.0077
E	-	50	50	2.062	2.064	0.002
F	-	100	-	1.810	1.810	0
H	-	-	100	1.880	1.907	0.014

جدول شماره ۵ نتایج آزمایش جذب آب برروی نمونه مکعبی را نشان می‌دهد همانگونه که از جدول مشخص است نمونه A که دارای سیلیس ۱۰ درصد می‌باشد دارای جذب آب کمتری نسبت به نمونه B که دارای سیلیس ۲۰ درصد می باشد هرچه درصد سیلیس در نمونه ها بیشتر می‌شود در صد جذب آب نیز بیشتر می‌شود که این امر ناشی از وجود سیلیس می‌باشد، در نمونه F که فاقد سیلیس می‌باشد درصد جذب آب صفر می‌باشد.



شکل ۷- نمودار جذب آب

در شکل ۷ نمودار جذب آب مشاهده می‌نماییم که نمونه‌های دارای بتن گوگردی نسبت به آسفالت خالص درصد جذب کمتری دارند. وهرچه درصد سنگدانه‌های سیلیسی بیشتر می‌شود، جذب آب نمونه ها بیشتر می‌شود و در نمونه گوگرد خالص F جذب آب صفر می‌شود. این نمودار بیان می کند که با افزایش درصد سیلیس و کاهش درصد گوگرد میزان جذب آب در نمونه‌های بتن گوگردی بیشتر می‌شود و نمودارآسفالت قیری به علت داشتن منافذ بیشتر نسبت به نمونه بتن گوگردی جذب آب بیشتری دارد.

۶- نتیجه گیری

با توجه به نمودارها و اطلاعات بدست آمده از آزمایش‌ها مشاهده می‌نماییم که نمونه‌های کوگردی دارای جذب آب صفر می-باشند. و در نمونه‌هایی که با افزایش درصد سیلیس روبه رو است باعث جذب آب بیشتر نسبت به درصد سیلیس موجود می‌باشد. و همچنین نمونه‌های آسفالتی دارای جذب آبی تقریباً دو برابر نمونه‌های دارای بتن گوگردی می‌باشد، به این دلیل که در بتن گوگردی ساخته شده در این پژوهش از سیلیس که یک سنگدانه ریز می‌باشد استفاده شده است که دارای منافذ کم می‌باشد و جذب آب را کم می‌کند در حالی که آسفالت دارای دانه بندی درشت‌تری است و جذب آب بیشتری دارد. با این تعاریف این نتیجه بدست می‌آید که میزان جذب آب تاثیر مستقیم نوع دانه‌بندی نمونه‌ها دار یعنی هرچه دانه‌بندی درشت تر باشد منافذ بین بتن یا آسفالت بیشتر شده و جذب آب را نیز افزایش می‌دهد

و همچنین از جدول و نمودارهای مقاومت فشاری این نتیجه بدست می‌آید ذوب وانجماد باعث ضعیف شدن نمونه‌ها درآزمایش مقاومت فشاری می‌شود، علت این امر این است که در زمان انقباض وانبساط مداوم که در مجاورت یخ باعث واکنش‌هایی بین سنگدانه‌ها می‌شود وباعث کاهش مقاومت نمونه‌ها می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده و تصاویر نشان داده شده نمونه‌ها از آزمایش مقاومت فشاری، در هر دو نوع نمونه‌ها، دمای معتدل و دوره ذوب یخ هیچ گونه جدا شدگی بین بتن گوگردی و آسفالت بوجود نیامده است و این موضوع نشان می‌دهد که ذوب وانجماد هیچ گونه تاثیری روی چسبندگی بین آسفالت و بتن گوگردی نمی‌گذارد، از نظر چسبندگی نتایج خوبی بدست آمده است.

۷- منابع

۱. مهدی صادقیان زمانی، عاطفه پرورش ریزی، نادر عباسی، علی ریس‌استبراق، مطالعه آزمایشگاهی برخی خواص فیزیکی ومکانیکی بتن گوگردی، ۱۳۹۱، مجله تحقیقات کشاورزی جلد. ۱۳

2. Vroom, A, H., U.S. Patent No 4,058, 500, (1977).

3. Vroom, A, H., U.S. Patent No 4,293, 463, Oct.6, (1981).

۴. فهیمه یوسف‌وند، محمد رضا نیکودل، امیرمازیارریس‌قاسمی، مقایسه مقاومت بتن سیمان پرتلند و گوگردی ساخته شده با سنگدانه‌های مختلف، ۱۳۹۴، دهمین کنگره مهندسی عمران، تبریز.

5. Nevin, Peter. y, "Assessing Sulfur Concrete Application", Concrete International, 20(2), pp. 87-89 (1998).

6. Nexant Company, "New uses for sulfur", New York 10601, USA. (2003).

۷. ایمان الیاسیان، حسین کربلایی فرجی، بتن گوگردی،۱۳۹۵، کنفرانس ملی پلیمردر صنایع راه وساختمان.

8. Gannon. C.R, Wombles. R.H.,Hettinger. W.P., Jr., and Watkins, W.D., "New Cocept`s and Discoveries Related to the Strength Characteristics of Plasticized Sulfur", Properties of Flexible Parement Materials, ASTM STP 807, J.J. Emery. F. d. American Sciety for Testing and materials. PP. 84-101 (1983).

۹. نرمین بهرامی‌آده، میترا مهتدی حقیقی، خواص گوگرد به منظور تهیه سیمان گوگردی، ۱۳۸۲، پژوهشکده صنایع شیمیایی ایران.

10. William C. McBee, Thomas A. Sullivan, U.S. Patent No 4,348, 313, Sep. 7, (1982).

11. William A. Pryor, "Mechanisms or Sulfur Reactions", PP. 97-116 1962).

12. William A. Pryor, "Mechnisms or Suifur Reactions", PP.124-126 (1962).

13. Mark, James E. et. Al., "Science and Technology of Rubber", Second Edition, Academic Press; San Diego, CA; (1994).

14. Mohamed A M O, EI Gamal M.Sulfur concrete for the construction industry: a sustainable development approach. J. Ross Publishing. (2010).