

بررسی اثر دیاتومه بر روی مقاومت و دوام بتن

علی اکبر رمضانیانپور

دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سید هادی حبیبی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد

حسین فیروزی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد

چکیده:

بتن امروزه بعنوان یکی از مهمترین مصالح ساختمانی در سازه‌های مختلف بتنی مصرف می‌شود. ساخت مناسب بتن می‌تواند به سازه بتنی دوام و عمر مفید بالایی بدهد. اما مصرف بتن‌های باکیفیت پایین و قرارگرفتن سازه بتنی در محیط‌های بسیار خورنده عمر مفید را به شدت کاهش می‌دهد. مصرف مواد افزونه و پوزولانها توانسته است تا حدی در ساخت بتن‌های بادوام کمک نماید. در این مقاله پوزولان طبیعی دیاتومه ایران در جایگزینی با سیمان در ساخت بتن استفاده شده است. بتن‌های فوق با مصالح سنگی مختلف و تحت عمل آوریهای متفاوت با و بدون دیاتومه ساخته شده و از نقطه نظرهای مقاومت، کرناتاسیون و جذب سطحی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که دیاتومه می‌تواند علاوه بر تأثیر مثبت بر مقاومت بتن بخصوص در درازمدت در افزایش دوام بتن نیز با کاهش نفوذپذیری آن و کاهش عمق کرناتاسیون مؤثر واقع گردد.

The Effect Of Diatomite On The Strength And Durability Of Concretes

A.A. Ramezaniapour, ph.D.

Associate Professor

S.H.Habibi, M.Sc.

H. Firoozi, M.Sc.

Civil Eng. Dept. Amirkabir University

ABSTRACT

Concrete is an important construction materials which is widely used in concrete structures. The use of high quality concrete can increase the design life of structures.

On the other hand a low quality concrete decreases the design life of structures specially in highly corrosive environments. The use of pozzolans can improve the durability of concretes.

In this investigation a natural pozzolans namely diatomite, has been replaced with cement. Concrete specimens and their strength, carbonation depth, and water adsorption were compared.

Results show that the use of diatomite in concrete can improve its strength and reduce the permeability and carbonation depth of concrete.

مقدمه:

پیدایش پاره‌ای از خرابیهای کوتاه و درازمدت در سازه‌های بتنی و بتن مسلح در محیط‌های گرم و مرطوب و خورنده اغلب محققین و دست‌اندرکاران بتنی را به تحقیق و بررسی دوام بتن و دستیابی به مواد و روشهایی برای افزایش عمر مفید سازه‌های بتنی واداشته است. سالهاست که مواد پوزولانی طبیعی و مصنوعی به‌همراه پاره‌ای از افزودنیها در بتن مصرف شده و نتایج رضایتبخشی در ارتباط با دوام بتن نشان داده‌اند. استفاده از بعضی پوزولانهای با کیفیت بالا نظیر میکروسیلیس توانسته است علاوه بر وجود آوردن بتن با مقاومت بالا، بتنی با نفوذپذیری کم و در نتیجه دوام مطلوب در محیط‌های مختلف نتیجه بدهد.

در کشور ما نیز تحقیقاتی در زمینه کاربرد محدود پوزولانها در بتن انجام شده است. این تحقیقات عمدتاً روی سیمانهای طبیعی نظیر سیمانهای تراس و مصنوعی نظیر سرباره صورت گرفته و نتایج رضایتبخش حاصل شده است. در کار تحقیقاتی اخیر که ادامه کاربرد دیاتومه به عنوان یک پوزولان طبیعی در بتن می‌باشد، خواص مقاومتی و جذب سطحی و کربناتاسیون بتنهای حاوی سیمان پوزولانی دیاتومه با ۲۰ درصد جایگزینی با بتن با سیمان نوع ۱ مقایسه گردیده است.

مصالح و برنامه آزمایشها

مصالح مصرفی:

جهت مشخص شدن اثر دیاتومه بر خواص بتن نمونه‌های بتنی در آزمایشگاه ساخته شد که مشخصات هر کدام به قرار زیر است:

الف - نوع سنگدانه مصرفی در بتن به دو دسته کلی تقسیم می‌شود که این دو دسته به صورت زیر می‌باشند:

- شن منطقه کورال (بندرعباس) و ماسه منطقه شمیل (بندرعباس) که اصطلاحاً به آن مصالح غیربومی گفته خواهد شد.

- شن و ماسه موجود در منطقه جزیره کیش که به آن مصالح بومی در این مقاله اطلاق خواهد شد. قابل ذکر است که مصالح بومی اغلب از نوع مرجانی بوده و در اغلب موارد بقایای جانوران

دریابی در آنها مشهود بود.

ب - سیمان مصرفی در نمونه‌ها همگی نوع یک می‌باشد و همچنین جهت مشخص شدن اثر دیاتومه در بعضی نمونه‌ها بیست درصد وزن سیمان با دیاتومه با سطح مخصوص مشابه سیمان نوع یک مصرفی جایگزین شده است. میزان عیار سیمان نمونه‌ها ۳۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب بتن انتخاب شده است.

ج - آب مصرفی در ساخت بتن آب حاصل از کارخانه آب شیرین کن جزیره کیش که مشخصاتی مشابه آب مقطر دارد در تمام نمونه‌ها می‌باشد.

د - در مواردی که نسبت آب به سیمان نمونه‌ها پایین بوده است جهت بالا بردن کارآیی بتن از مواد روان‌کننده استفاده گردید. میزان مصرف این مواد بین یک‌ونیم تا سه درصد وزن سیمان متغیر بود.

مخلوط‌های آزمایشی:

برای دستیابی به اطلاعات کاملتری نسبت به رفتار دیاتومه در بتن مخلوط‌هایی با مشخصات ذیل ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت.

الف - مخلوط‌های سری A: این مخلوط‌ها از مصالح بومی ساخته شده‌اند. همچنین در این مخلوط‌ها از دیاتومه به میزان بیست درصد وزنی استفاده شده است.

ب - مخلوط‌های سری B: از نظر مصالح از مصالح غیربومی ساخته شده و دیاتومه در آن وجود ندارد.

ج - مخلوط‌های سری C: از نظر مصالح از مصالح غیربومی ساخته شده و دیاتومه در آن نیز وجود دارد.

قابل ذکر است که هر سری مخلوط معرفی شده به دسته‌های کوچکی تقسیم شده‌اند که اختلاف هر دسته در نسبت آب به سیمان آن مخلوط می‌باشد. این دسته‌ها به صورت زیر مشخص می‌شوند:

دسته‌بندی مخلوط‌های سری A - این سری شامل پنج دسته کلی می‌باشد که با شماره‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ مشخص می‌گردند. نسبت آب به سیمان هر دسته به قرار زیر است:

شماره دسته	۱	۲	۳	۴	۵
نسبت آب به سیمان	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۸

دسته بندی مخلوط های سری B - این سری شامل چهار دسته کلی می باشد که با شماره های ۶، ۷، ۸ و ۹ مشخص می گردند. نسبت آب به سیمان هر دسته به قرار زیر است:

شماره دسته	۶	۷	۸	۹
نسبت آب به سیمان	۰/۵	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۴۲

دسته بندی مخلوط های سری C - این سری شامل چهار دسته کلی می باشد که با شماره های ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ مشخص می گردند. نسبت آب به سیمان هر دسته به قرار زیر است:

شماره دسته	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
نسبت آب به سیمان	۰/۵	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۴۲

شرایط نگهداری و آزمایشها:

از لحاظ عمل آوری هر دسته به سه بخش تقسیم شده اند که هر بخش در شرایط زیر عمل آورده شده اند:

بخش اول - نمونه های این بخش بعد از خروج از قالب بلافاصله در آب معمولی نگهداری شده اند. (حالت WC یا نمونه های شاهد)

بخش دوم - نمونه های این بخش بعد از خروج از قالب بلافاصله در آب دریا نگهداری شده اند. (حالت SC)

بخش سوم - نمونه های این بخش بعد از خروج از قالب به مدت یک هفته در آب معمولی نگهداری شده و سپس به محیطی با درجه حرارت ۳۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵ تا ۸۰ درصد منتقل شده اند. (حالت LC)

روی نمونه های ساخته شده جهت مشخص شدن اثر دیاتومه آزمایشات مختلفی انجام پذیرفت که اهم آن عبارتند از:

۱- آزمایش مقاومت فشاری

۲- آزمایش کرناسیون

۳- آزمایش جذب سطحی

بررسی نتایج:

اکنون به بررسی نتایج این آزمایشات می پردازیم. قابل ذکر است اگر سری مخلوط B و C را با یکدیگر مقایسه کنیم

می توانیم اثر دیاتومه که تنها پارامتر مختلف این دوسری می باشد را مشخص نمود.

الف - مقایسه نتایج مقاومت فشاری نمونه های سری B و C در مخلوط های سری B همانگونه که انتظار می رفت با کاهش نسبت آب به سیمان مخلوط، مقاومت نمونه بتنی افزایش می یابد و این افزایش در شرایط عمل آوری WC به ازای کاهش ۰/۰۱ در نسبت آب به سیمان، در سن ۲۸ روزه بتن به طور متوسط ۸/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. این روند افزایش در سایر شرایط عمل آوری نیز دیده می شود و میزان این افزایش به ازای ۰/۰۱ کاهش در نسبت آب به سیمان به ترتیب برای شرایط SC، LC برابر ۸ و ۷/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد.

در مخلوط سری C نیز با کاهش نسبت آب به سیمان مخلوط مقاومت نمونه بتنی افزایش می یابد ولی افزایش مقاومت آن در اثر کاهش ۰/۰۱ از نسبت آب به سیمان در سن ۲۸ روزه بتن بیشتر از مخلوط B است. این تغییر در شرایط WC، SC، LC به ترتیب برابر ۱۶، ۱۲/۵ و ۱۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بدست آمد. با مقایسه مقاومت نمونه های سنین کم این دو مخلوط دیده می شود که در تمامی موارد نمونه های سری B مقاومت بیشتری از خود نشان داده اند که علت اصلی آن می تواند فعالیت کم دیاتومه در سنین پایین باشد ولی با گذشت زمان و افزایش فعالیت دیاتومه این کمبود مقاومت جبران خواهد گردید.

در ادامه بررسی مقاومت فشاری نمونه های سری B و C به نتایج زیر خواهیم رسید:

الف - مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های سری B همواره بزرگتر از نمونه های متناظر آن در سری C است و این افزایش در حدود ۲۷ درصد می باشد. (بیشترین اختلاف در نمونه های با آب به سیمان بالا دیده می شود)

ب - مقاومت فشاری ۹۰ روزه نمونه های سری C در شرایط عمل آوری WC بیشتر از نمونه های سری B می باشد و میزان این افزایش حدود ۱۰ درصد می باشد که این امر نشانگر فعالیت بیشتر دیاتومه در این سنین می باشد. در نمونه های عمل آورده شده در حالت SC مقاومت فشاری سری B و C تقریباً مشابه می باشد که این امر نیز نشانگر فعالیت دیاتومه بوده که توانسته است کمبود مقاومت سنین اولیه را جبران نماید. در حالت LC مقاومت فشاری نمونه های سری B بیشتر از نمونه های سری C می باشد و اختلاف نمونه های مشابه در هر دوسری حدود ۱۱ درصد می باشد که با مقایسه اختلاف در سن ۲۸ روز نشان می دهد که اختلاف مقاومت دو سری کاهش یافته است و این مؤید فعالیت ضعیف دیاتومه در این شرایط عمل آوری می باشد. علت کند بودن فعالیت دیاتومه کمبود آب جهت انجام فعل و انفعال در محیط می باشد. این امر می تواند روشنگر این مطلب باشد که در

صورت استفاده از دیاتومه و یا هر پوزولان دیگر در بتن بایستی در عمل آوری آن دقت کافی به عمل آورد تا بتوان به مشخصات مناسب تری در بتن دست یافت. نتیجه دیگری که می توان به آن پی برد این است که وجود دیاتومه در مخلوطها باعث افزایش مقاومت در سنین بالا نسبت به نمونه های بدون دیاتومه می گردد که این افزایش به ترتیب از محیط شاهد بطرف دو محیط آب دریا و محیط خشک نقصان می یابد. (منحنی شماره ۱)

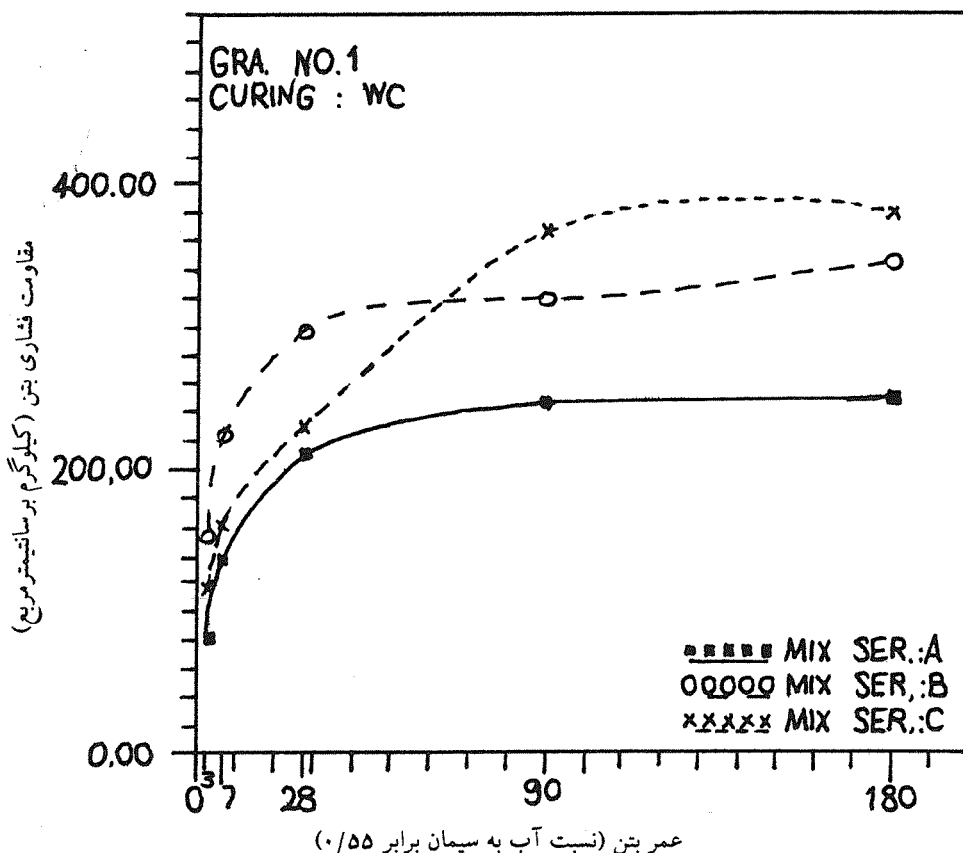
نتایج آزمایشات کربناسیون:

این آزمایشات در سن ۱۸۰ روز و فقط برای نمونه های نگهداری شده در حالت LC انجام پذیرفت. قابل ذکر است که روند انجام واکنش کربناته شدن بتن در این شرایط (رطوبت نسبی بالا و درجه حرارت بالا) بسیار بحرانی است. در بررسی هایی که بین نمونه های B و C انجام پذیرفت به نتایج زیر می توان رسید:

۱- در حالت کلی در هر دو سری مخلوط با کاهش نسبت آب به سیمان عمق کربناته شدن نمونه ها کاهش می یابد به طوری که در مخلوط سری B عمق کربناته شدن از بالاترین نسبت آب به سیمان تا پائین ترین این مقدار در نمونه ها به ۱/۶ میلیمتر تقلیل می یابد. (منحنی شماره ۲)

در هر سه مخلوط یک رابطه خطی بین عمق کربناسیون و نسبت آب به سیمان بدست آمد که میزان همبستگی نتایج بدست آمده با خط در سری A، ۷۳ درصد و در سری C بیش از ۹۵ درصد می باشد و لذا می توان نتیجه گرفت در صورتی که از مصالح معمولی (غیرمرجانی) در ساخت بتن استفاده گردد یک رابطه خطی بین عمق کربناسیون و نسبت آب به سیمان بدست آورد. همچنین خطوط رسم شده برای نمونه B و C تقریباً با یکدیگر موازی بوده و همواره خط سری C پائین تر از خط سری B می باشد. (منحنی شماره ۲)

۲- در تمام مخلوطها عمق کربناته شدن سری مخلوط B بیشتر از



منحنی شماره ۱ تغییرات مقاومت نمونه های ساخته شده با گذشت زمان برای یک نسبت آب به سیمان ثابت در هر ۳ سری مخلوط A و B و C (نمونه های شاهد)

نمونه‌های مشابه در سری مخلوط C می‌باشد که باز نشانگر عملکرد مثبت دیاتومه در کاهش عمق کرناسیون می‌باشد.

نتایج حاصل است نشانگر اثر مثبت دیاتومه در کاهش جذب سطحی می‌باشد.

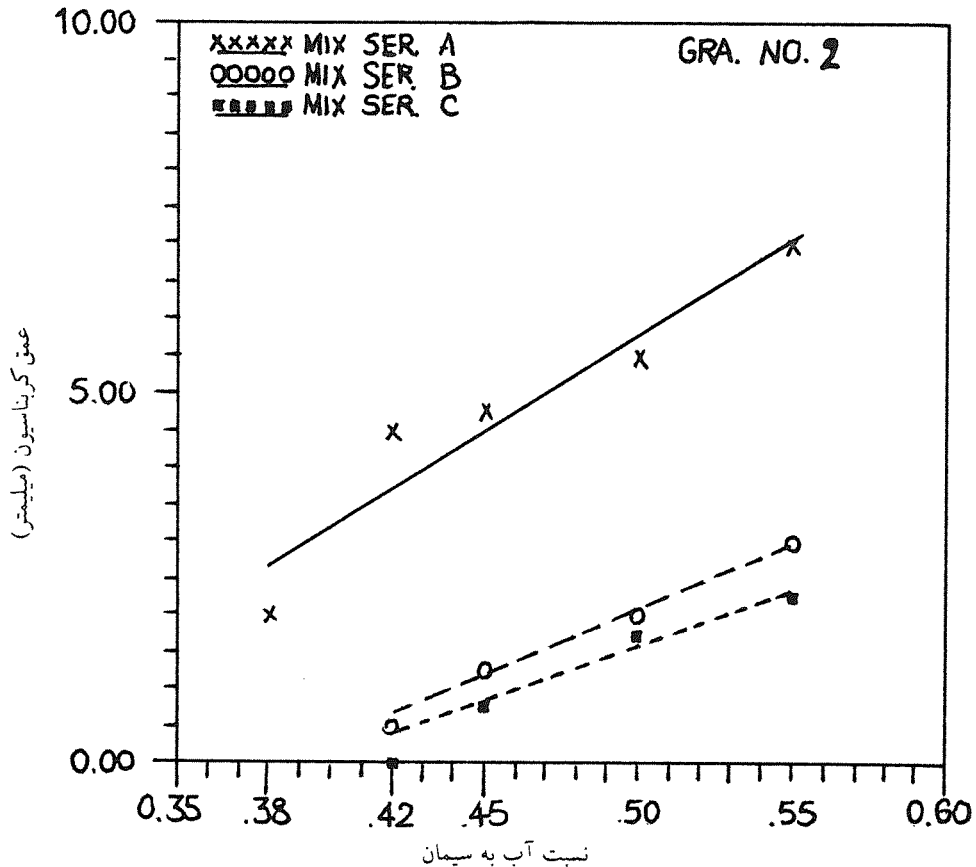
نتایج آزمایش جذب سطحی:

با بررسی نتایج آزمایش جذب آب در روی تمام نمونه‌های بتنی دیده شده است که در تمامی حالت‌های عمل‌آوری و در تمام سری مخلوط‌ها نسبت آب به سیمان با جذب سطحی رابطه مستقیم داشته است یعنی با کاهش نسبت آب به سیمان میزان جذب سطحی نیز کاهش یافته است (منحنی شماره ۲). برای بررسی اثر دیاتومه در این پارامتر بایستی مخلوط‌های سری B و C در هر حالت عمل‌آوری با یکدیگر مقایسه گردند. این مقایسه در حالت عمل‌آوری WC و SC نشان دهنده جذب سطحی کمتر برای سری مخلوط C که حاوی دیاتومه هستند می‌باشد و در حالت عمل‌آوری LC جواب‌ها پراکندگی نشان می‌دهند که ممکن است ناشی از خطا در آزمایش باشد. به هر حال آنچه از

همچنین با کاهش نسبت آب به سیمان میزان جذب سطحی شدت کاهش می‌یابد و این مطلب در هر سه شرایط عمل‌آوری صدق می‌کند. با بررسی نتایج بدست آمده از آزمایشات چنین برمی‌آید که رابطه خطی بسیار نزدیک (با ضریب همبستگی بالاتر از ۹۰ درصد) بین این دو پارامتر وجود دارد. این خطوط به ترتیب از بالا به پائین مربوط به شرایط WC, SC, LC می‌باشد یعنی در یک سری مخلوط پائین‌ترین جذب سطحی در نمونه‌های WC مشاهده می‌گردد به هر حال همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود بالاترین جذب سطحی مربوط به نمونه‌های LC می‌باشد.

نتیجه‌گیری:

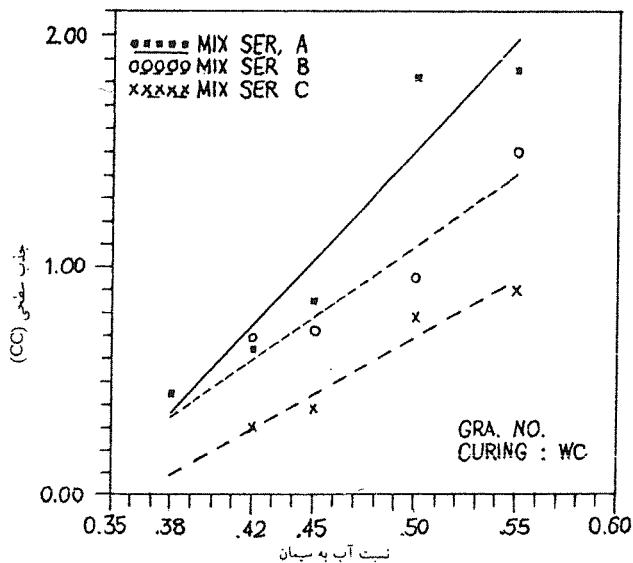
۱- مصرف دیاتومه با درصد یاد شده نه تنها باعث افت مقاومت



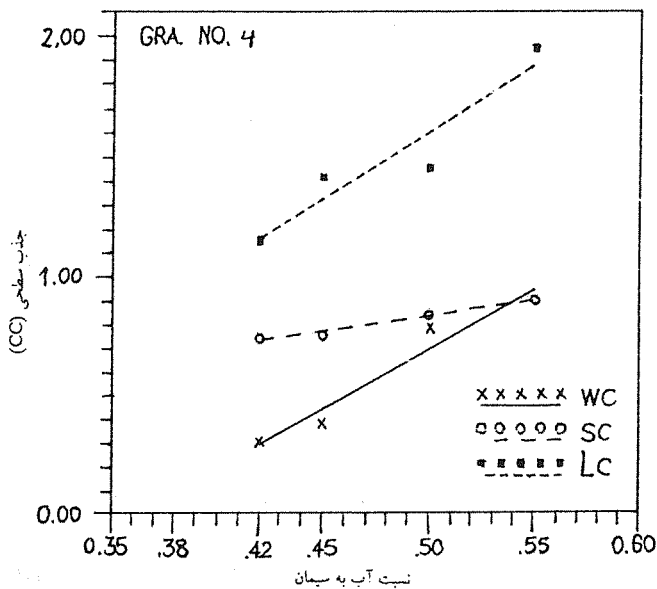
منحنی شماره ۲ منحنی تغییرات عمق کرناسیون با نسبت آب به سیمان در سری مخلوط‌های A و B و C. منحنی‌ها یک رابطه خطی نسبتاً خوبی را بین این ۲ پارامتر نشان می‌دهند.

سطحی در بتن می‌گردد.
 ۴- در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که دیاتومه پوزولان مناسبی در بهبود کیفیت و دوام بتن می‌باشد.

نمی‌گردد بلکه در دراز مدت باعث ازدیاد مقاومت بتن می‌گردد.
 ۲- طبق نتایج حاصله مصرف پوزولان فوق کاهش عمق کرناسیون را باعث می‌شود.
 ۳- براساس نتایج حاصله مصرف دیاتومه باعث کاهش جذب



منحنی شماره ۳ تغییرات جذب سطحی نمونه‌های بتنی با نسبت آب به سیمان برای هر ۳ سری مخلوط و شرایط عمل آوری WC



منحنی شماره ۴ تغییرات جذب سطحی با نسبت آب به سیمان برای سری مخلوط A در سه شرایط عمل آوری