

## بررسی رفتار فیزیکی و مکانیکی بتون فاقد ریزدانه

### دکتر عبدالله کیوانی

استادیار گروه عمران  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی  
دانشکده فنی دانشگاه آذربایجان  
keyvani@dr.com

### چکیده

هزینه اساسی در احداث و توسعه جدید زیرساخت ها، اطمینان از زهکشی و هدایت آبهای سطحی جاده ها، خیابانها، پیاده روها، زمین های ورزشی، محوطه پارکینگ ها، انبارهای روباز، پارکها و... می باشد. این نیاز در مناطقی با نزولات رگباری و فاقد پوشش های گیاهی بخصوص در مناطق شهری از اهمیت خاصی برخوردار است. چرا که نزولات جوی رگباری در مناطق توسعه یافته شهری خیلی سریعتر از شرایط طبیعی منطقه و با حجم زیادتری جاری می شود. این پدیده علاوه بر آب گرفتگی در مناطق شهری به آب شستگی، فرسایش کانالها، رسوب گذاری، اختلال در شبکه فاضلاب و... منجر می شود. برای دستیابی به توسعه پایدار و مدیریت صحیح آبهای سطحی نزولات رگباری شدید استفاده از رویه های خیلی متخلخل با قابلیت جذب و زهکشی زیاد بتونی است. در این تحقیق با استفاده از طرحهای اختلاط بتونی خاص و با اسلامپ صفر نتایج بررسی نشان داد که قابلیت نفوذپذیری و جذب آب رویه های بتونی فاقد ریزدانه ناشی از نزولات جوی رگباری شدید در لایه های اساس و زیر اساس و بستر های طبیعی به میزان ۱۰۰ الی ۷۵۰ لیتر در دقیقه در هر متر مربع میسر می باشد. آزمایشات انجام شده با دانه بندی مختلف، عیار سیمان متفاوت و نسبت های آب به سیمان گوناگون رفتار فیزیکی و مکانیکی این نوع طرح اختلال که تحت عنوان "بتون فاقد ریزدانه" است نشان داد که بافت خاص و منحصر به فرد این نوع بتون در دستیابی به یک رویه آبکش و کاملاً نفوذپذیر نه تنها در مهار و کنترل جریان نزولات رگباری فوق العاده موثر و جالب است، بلکه می توان از این نوع بتون در بسترسازی دیوارها و بستر رودخانه های فرسایشی استفاده نمود که از لحاظ اکولوژیکی نتیجه ارزشمندی در حفظ محیط زیست خواهد داشت. **کلید واژه ها:** بتون فاقد ریزدانه، تخلخل، نسبت آب به سیمان، نسبت شن به سیمان، مقاومت سایشی، نفوذ پذیری، اسلامپ صفر، بتون آبکش.

### ۱- مقدمه

اهداف فوق الذکر با استفاده از طرح اختلاط بتونی با دانه بندی درشت و فاقد ریزدانه و با یک بافت متخلخل با ساخت نمونه های آزمایشگاهی مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. از رایج ترین کاربردهای این نوع بتون استفاده در خیابانهای کم تردد، جاده های برون شهری با آمد و شد متوسط، راههای ارتباطی مناطق مسکونی، محوطه پارکینگها، پیاده روها و... می باشد. برای بررسی رفتار فیزیکی و مکانیکی طرح بتون آبکش که از تخلخل زیاد برخوردار باشد مصالح ریزدانه و پر کننده بتون که اغلب ماسه می باشد از طرح اختلاط حذف گردید تا بتوان به این اهداف دست یافت. این نوع بتون با ترکیبهای مختلف و دانه بندی متفاوت برای کاربری های گوناگون در زاین با هدف جلوگیری از فرسایش دیواره های رودخانه های ماهی دار مورد تحقیق بوده که هدف اصلی حفظ و صیانت سیستم اکولوژی و زیست محیطی رودخانه و جانداران

ضرورت اصلاحات و نوآوری در طراحی در جهت توسعه پایدار و کاهش نیاز به سیمان و بتون اضافی یک چالش جدید می تواند باشد که از این طریق علاوه بر کاهش هزینه ها و سرمایه گذاری در زیرساخت های شهری، کنترل و مهار آبهای سطحی در موقع نزولات رگباری شدید به علت توسعه مناطق شهری و از بین رفتن بافت گیاهی و سطوح زهکش طبیعی، ایده مهندسی مهمی می باشد. این ایده جدید استفاده از بتون به عنوان یک ماده ساختمانی سازگار با طبیعت که برخلاف تعریف و کاربری های رایج- که بتون را که همیشه به عنوان یک ماده آبنند و نفوذ ناپذیر تعریف می کند- کاربرد بتونی کاملاً زهکش یا آبکش و متخلخل می باشد. بر این اساس، ایده بتون آبکش برای دستیابی به

اندازه درشت ترین دانه رد شده از الک شماره  $37/5 \text{ mm}$  مانده روی الک  $25 \text{ mm}$  با اندازه اسمی  $40$  میلیمتر استفاده شد. اندازه اسمی  $25$  میلیمتر برای دانه های رد شده از الک  $25 \text{ mm}$  مانده روی الک  $19$  و مانده روی الک  $12 \text{ mm}$  انتخاب گردید. در نهایت اندازه اسمی  $12$  میلیمتر برای دانه های رد شده از الک  $12 \text{ mm}$  و مانده روی الک  $5 \text{ mm}$  مد نظر قرار گرفت.

از آنجا که چسبندگی مخلوط بتون فاقد ریزدانه و نواحی اتصال گرده دانه های درشت به ژل سیمان بستگی دارد بدیهی است که نسبت آب به سیمان در چسبندگی نقش بسزایی خواهد داشت. در این مطالعه نسبتهای آب به سیمان  $0/35$  و  $0/5$  مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

برای بررسی رفتار مکانیکی و فیزیکی بتون فاقد ریزدانه چهار نوع نمونه در سری های چهار گانه نسبت های شن به سیمان  $3$ ،  $4$ ،  $6$  و  $8$  در هر سری چهار نوع نمونه آزمایشی به شرح زیر ساخته شده و سپس تحت آزمایش مربوطه قرار گرفت.

الف) نمونه های فشاری به شکل استوانه به قطر  $10$  سانتی متر و ارتفاع  $20$  سانتی متر طبق استاندارد ASTM برای هر سری  $3$  نمونه.

ب) نمونه های خمشی به شکل تیر به ابعاد  $15$  سانتی متر عرض  $10$  سانتی متر و ارتفاع  $45$  سانتی متر طول و با دهانه  $30$  سانتی متر و تحت بار گذاری برای هر سری  $3$  نمونه.

ج) نمونه های سایشی-ضربه ای دیسکی شکل به قطر  $15$  سانتی متر و ارتفاع  $10$  سانتی متر و برای هر سری  $3$  نمونه.

د) نمونه های نفوذ پذیری دیسکی شکل به قطر  $10$  سانتی متر و ارتفاع  $10$  سانتی متر و برای هر سری  $2$  نمونه.

مصلح سنگی مصرفی درشت دانه از مصالح محلی با منشاء آذرین و رودخانه ای گرد و مدور انتخاب گردید. که به شرح جدول  $2$  می باشد.

### ۳- نتایج آزمایشات

با توجه به نتایج آزمایشات مشاهده می شود که با نسبت آب سیمان  $0/35$  مقاومت فشاری با افزایش قطر شن کاهش می یابد. این نتیجه بیانگر این امر است که بطور مقایسه ای از بعد مقاومت فشاری، افزایش اندازه قطر شن از  $12$  میلی متر به  $40$  میلی متر در حدود  $70$  تا  $85$  درصد کاهش مقاومت فشاری را به دنبال دارد.

در ارزیابی نقش اندازه قطر شن در رفتار مقاومت فشاری بتون فاقد ریزدانه ملاحظه می شود که قطر  $12$  میلی متر در مقایسه با سایر قطر ها از مقاومت فشاری بالایی برخوردار است و با افزایش نسبت شن به سیمان کاهش مقاومت نیز فاحش است.

در بررسی نقش نسبت شن به سیمان در اندازه قطر شن  $12$  میلی متر افزایش مقدار شن کاهش مقاومت فشاری را داشته و نرخ این کاهش

دوزیست و ماهی می باشد. همچنین در اروپا، کانادا، انگلستان و هندوستان مطالعات زیادی در این رابطه در روسازیها به صورت مختلف در حال انجام است.

از آنجا که قطر دانه درشت، روش ساخت، بافت سطحی و ... در عملکرد و رفتار بتون فاقد ریزدانه تاثیر به سزایی دارد. لذا در کاربرد این تکنیک بررسی آزمایشگاهی بر اساس مصالح محلی جهت دستیابی به اهداف طرح و تکنولوژی ساخت امری کاملاً ضروری بوده و قویاً توصیه می شود.

در این پژوهش، بتون با بافت درشت و درصدی فیلر با کمیت خاص اما با قابلیت نفوذ پذیری زیاد که از مقاومت فشاری، خمشی و دوام قابل قبولی براساس کاربریهای مختلف برخوردار باشد با توجه به پارامترهای موثر نظیر نسبت آب به سیمان، ماکزیمم سایز دانه درشت و عیار سیمان رفتار این بتون با ساخت و تست نمونه های مربوطه بررسی شد. هر سری نمونه در خصوص اهداف مربوطه و در جهت کاربری مربوطه طبق اصول استاندارد نمونه گیری، عمل آوری و سپس آزمایش شده و رفتار نمونه ها از لحاظ کمی ارزیابی و نتایج هر سری در سری های بعدی اپتیمم سازی شد. علاوه بر اهداف مقاومت فشاری، خمشی، نفوذ پذیری و سایش، رفتار بتون تازه نیز در نمونه های ساخته شده مورد تحقیق و بررسی بود.

### ۲- مراحل آزمایشات

ساخت بتون نفوذ پذیر و آبکش که فاقد ریز دانه باشد از لحاظ چگونگی اندود سطح دانه های درشت، پیوستگی دانه ها و با در نظر گرفتن اندازه سطح تماس دانه ها به یکدیگر، ضروری است که ژل سیمان به عنوان عامل چسبندگی از قابلیت اندود و چسبندگی لازم برخوردار باشد. بدین منظور این غشاء چسبنده از لحاظ کاهش کرنش های کششی ناشی از جمع شدگی ژل سیمان، نیازمند ماده پر کننده معدنی می باشد که در این تحقیق به اندازه  $5$  درصد وزن مصالح سنگی درشت دانه ریزدانه طبق مشخصات جدول  $1$  استفاده گردید. در بررسی رفتار فیزیکی و مکانیکی بتون نفوذ پذیر و آبکش و در جهت دستیابی به اهداف این پژوهش عوامل و پارامترهای زیادی موثر است که مستلزم شناخت نقش و میزان تاثیر هر کدام از این عوامل است. در این راستا از بعد مسائل اجرایی و کاربری، پارامترهایی که به عنوان تاثیر گذار مطرح است، اندازه درشت دانه، نسبت آب به سیمان و نسبت سیمان به شن می باشد که در این پژوهش هر کدام از این عوامل در آزمایشات و نمونه گیری ها مدنظر قرار گرفته است.

جدول ۱: مشخصات ریزدانه

محدوده ریزدانه	مدول نرمی	وزن مخصوص مطلق $ton/m^3$	ارزش ماسه %
رد شده از الک نمره ۸ مانده روی الک ۱۰۰	۲/۶۶	۲/۷۵	۷۶/۱

جدول ۲: مشخصات درشت دانه

اندازه اسمی $mm$	محدوده الک $mm$	وزن مخصوص مطلق $ton/m^3$	وزن مخصوص انبوهی $kg/m^3$	جذب آب %
۴۰	$25 < d < 37.5$	۲/۸۳	۱۶۷۸/۵	۰/۷۵
۲۵	$19 < d < 25$	۲/۸۱	۱۶۶۱/۳	۰/۸۷
۱۹	$12 < d < 19$	۲/۸۳	۱۷۰۲/۰	۰/۹۸
۱۲	$5 < d < 12$	۲/۸۲	۱۷۲۸/۸	۱/۱۹

سیمان به لایه های تحتانی در حین تراکم در بتون فاقد ریزدانه امری مهم و ضروری است که باید به این نکته در تمام کاربریها توجه خاص مبذول گردد و مراقبت لازم در اجرا بعمل آید. مقاومت خمشی در رویه های بتونی، لاینینگ کانالها و تونلها امری مهم می باشد. رفتار بتون فاقد ریزدانه بر اساس نسبت شن به سیمان ۳ نشان می دهد که با افزایش قطر شن، مقاومت خمشی کاهش می یابد و حداکثر کاهش در مقایسه قطر شن ۱۲ با قطر شن ۴۰ میلیمتر در حدود ۴۰ درصد است.

برای نسبت شن به سیمان برابر با ۴، نرخ کاهش مقاومت خمشی از قطر شن ۱۲ الی ۲۵ میلیمتر زیاد بوده اما برای اندازه قطر ۴۰ میلی متر افزایش نسبی مطرح است. این پدیده ناشی از تخلخل نسبی زیاد بین دانه های شن ۴۰ میلی متری است که در قسمتهای تحتانی در اثر تراکم ته نشین شده و یک لایه توپر ایجاد کرده است، شکل ۳. طرح اختلاط با نسبت W/C معادل ۰/۵۰ برای قطر شن ۱۲ میلی متر با توجه به نسبت های شن به سیمان از ۳ تا ۸ تغییرات مقاومت خمشی کمتری را نشان می دهد بطوریکه برای نسبت شن به سیمان ۳، مقاومت خمشی در حدود ۳۰ کیلوگرم بر سانتی مربع و برای نسبت شن به سیمان ۸، مقاومت خمشی در حدود ۲۷ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. با افزایش قطر شن و برای اندازه های ۱۹ و ۲۵ میلی متر نوسانات مقاومت خمشی با افزایش نسبت شن به سیمان زیاد می شود. در قطر ۴۰ میلی متر، کاهش مقاومت خمشی با افزایش نسبت شن به سیمان از ۳ تا ۶ قابل مشاهده است. لکن برای نسبت شن به سیمان ۸، افزایش مقاومت خمشی مشاهده گردید، شکل ۴. بررسی نفوذپذیری بتون فاقد ریزدانه و عوامل موثر آن نظیر نسبت آب به سیمان (W/C)، قطر دانه درشت و نسبت شن به سیمان نشان می دهد که برای نسبت آب به سیمان (W/C) معادل ۰/۳۵ و قطر شن ۱۲ میلی متر و ۱۹ میلی متر، با افزایش نسبت شن به سیمان از ۳ به ۸، مقدار نفوذپذیری فوق العاده زیاد می شود. عبارت دیگر به ازاء نسبت شن به سیمان ۳، مقدار نفوذپذیری در سطح نمونه دیسکی شکل به قطر ۱۰ سانتی متر و به ضخامت ۵ سانتی متر از حدود ۵۰

مقاومت زیاد است. رفتار مشابه در سائز شن ۱۹ میلی متر نیز ملاحظه می شود.

کاهش مقاومت فشاری برای قطر شن ۲۵ و ۴۰ میلی متر نیز قابل مشاهده است. البته نکته مهم و هدفمندی که در این پژوهش مد نظر است متخلخل و نفوذپذیری بتون است که مسلماً با افزایش نسبت شن به سیمان علاوه بر کاهش هزینه، نفوذپذیری بتون نیز بیشتر خواهد شد.

کاهش مقاومت فشاری از لحاظ مقایسه های امری نسبی است. بدین مفهوم که با توجه به کاربری، مقاومت فشاری می تواند کمیتی حتی ۵۰ کیلوگرم بر سانتی مربع داشته باشد. در جمع بندی اثر نسبت شن به سیمان بر اساس قطر شن می توان گفت که به ازاء نسبت های ۶ و ۸، مقاومت فشاری تقریباً برای قطرهای شن ۱۲، ۱۹، ۲۵، ۴۰ میلی متر برابر است در حالیکه از لحاظ عیار سیمان مصرفی و نفوذپذیری بتون اختلاف فاحشی بین قطرهای ۱۲ الی ۴۰ میلی متر وجود دارد، شکل ۱.

مقاومت فشاری بتون فاقد ریزدانه با نسبت آب به سیمان (W/C) معادل ۰/۵ با قطرهای شن ۱۲، ۱۹، ۲۵ و ۴۰ میلی متر با افزایش نسبت شن به سیمان نیز کاهش مقاومت را نشان می دهد. این کاهش مقاومت برای قطر ۱۲ میلی متر با نرخ زیادی همراه است اما برای قطر ۱۹ میلی متر کاهش مقاومت فشاری با افزایش نسبت شن به سیمان بالنسبه کم است. این رفتار قطر ۱۹ میلی متر شن در قطر ۲۵ میلی متر نیز قابل مشاهده است، شکل ۲.

مقایسه نقش نسبت W/C در این بررسی نشان می دهد که در قطرهای مختلف با نسبت W/C معادل ۰/۳۵ مقاومت فشاری در مقایسه با نسبت W/C معادل ۰/۵۰ حداقل ۷۰ درصد و حداکثر ۲۰۰ درصد بیشتر می باشد. بدیهی است کاربرد نسبت W/C کمتر علاوه بر دستیابی به مقاومت فشاری بیشتر، در جلوگیری از ته نشینی و سرازیر شدن اندود

۰/۵ عملاً ته‌نشینی ژل سیمان مطرح بوده و لذا مقاومت خمشی برای ساینز ۴۰ میلی‌متر شن متاثر از نسبت W/C نیست. هر چند که نسبت شن به سیمان ۳ بطور متوسط دو برابر مقاومت خمشی با نسبت شن به سیمان ۶ و ۸ را نشان می‌دهد که این امر ناشی از زیادی کمیت ژل سیمان برای نسبت شن به سیمان ۳ است.

در بررسی رفتار بتون فاقد ریزدانه در قبال سایش و ضربه براساس روش و دستگاه آزمایش لوس آنجلس و محاسبات مربوطه تاثیر نسبت آب به سیمان، نسبت شن به سیمان و اندازه قطر دانه درشت نشانگر اینست که با توجه به مرغوبیت سنگدانه های مصرفی دامنه تغییرات بسیار کم بوده و صرفاً ناشی از جداسدگی دانه ها و ژل سیمان بوده است. بعبارت دیگر بازاء نسبت های آب به سیمان ۰/۳۵ و ۰/۵۰ حداکثر اختلاف ۱/۲ درصد و ۰/۴ درصد به ترتیب است. این نتایج نشانگر اینست که با افزایش نسبت شن به سیمان مقدار درصد مقاومت سایشی-ضربه ای ناشی از ضربات گلوله های فولادی زیاد شده که ناشی از عدم پیوستگی و چسبندگی کافی در بین سنگدانه ها بواسطه کمبود ژل سیمان است. در این بررسی تعیین مقاومت سایشی-ضربه ای براساس آزمایش لوس آنجلس و روش خاص مجری طرح پژوهشی مقدار مقاومت سایشی-ضربه ای محاسبه شده که در نمودارها قابل مشاهده است.

در این روش کاهش وزن خشک اولیه سه نمونه بر اساس میزان وزن ذرات و دانه های خرد شده که از دستگاه لوس آنجلس خارج و از الک نمره ۱۰ رد شده نسبت به وزن خشک اولیه سه نمونه محاسبه و به صورت درصد در نظر گرفته شده است.

همانطوریکه در نمودارها ملاحظه می شود در نمونه هایی با نسبت آب به سیمان ۰/۵۰ درصد سایش در مقایسه با نمونه هایی با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ کمتر است. این پدیده ناشی از عدم مقاومت کافی نمونه های دیسکی شکل با نسبت آب به سیمان ۰/۵۰ در مقابل ضربات ۱۲ گلوله فولادی ۵۰۰۰ گرمی در ۵۰۰ دور چرخش می باشد. بعبارت دیگر در این روش ابتکاری نمونه ها بر خلاف روش استاندارد ASTM-C131, C-535 به شکل دیسکی و به قطر ۱۵۰ میلی متر و به ضخامت ۱۰۰ میلی متر در دستگاه قرار داده می شد. تاثیر منفی نسبت آب به سیمان زیاد در نمونه های دیسکی شکل سایشی-ضربه ای در حین آزمایش اغلب با متلاشی شدن نمونه ها همراه بود که با کاهش وزن نمونه، ضربه خوری نمونه در حین چرخش و برخورد با گلوله های فولادی در ۵۰۰ دور کمتر می شد، شکل ۷.

نکته حائز اهمیت در خصوص نمونه های سایشی-ضربه ای و درصد های محاسبه شده این است که در مصالح رد شده از الک نمره ۱۶ ذرات سیمان و ریزدانه مصرفی نیز وجود دارد که به طور نسبی ۴ الی ۶ درصد مقادیر محاسبه شده می تواند باشد. بعبارت دیگر چون مصالح مصرفی از بعد سایش و ضربه پذیری مقاومت خوبی را داشته و هدف عمده از این آزمایش بررسی بافت متخلخل بتون فاقد ریزدانه

سانتی‌متر مکعب در دقیقه به مقدار ۹۰۰۰ سانتی‌متر مکعب در دقیقه افزایش می‌یابد شکل ۵.

وقتی قطر شن به ۴۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد مقدار نفوذپذیری برای قطر ۴۰ میلی‌متر با افزایش نسبت شن به سیمان در مقایسه با قطرهای ۱۲، ۱۹ و ۲۵ فوق‌العاده زیاد می‌شود. نوسانات نفوذپذیری در هر چهار قطر ناشی از موقعیت قرارگیری ژل سیمان بین دانه‌های شن می‌باشد که یکی از اهداف پژوهش است. مقایسه نفوذپذیری با قطرهای ۱۲، ۱۹ و ۲۵ و نسبت شن به سیمان ۳، ۴، ۶، ۸ نشان می‌دهد که هر سه قطر از میزان نفوذپذیری تقریباً یکسانی برخوردار می‌باشند لذا معیار انتخاب در کاربری‌های مختلف باید بر اساس سایر رفتارهای بتون فاقد ریزدانه باشد.

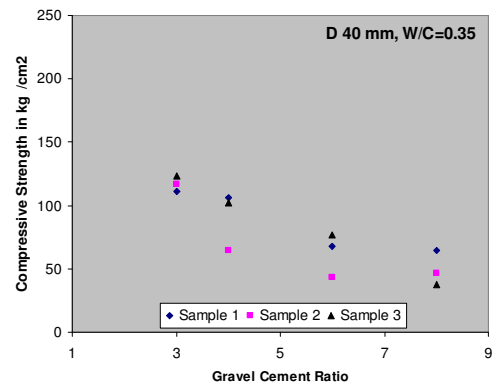
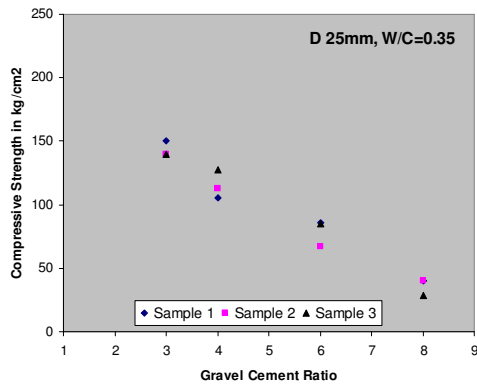
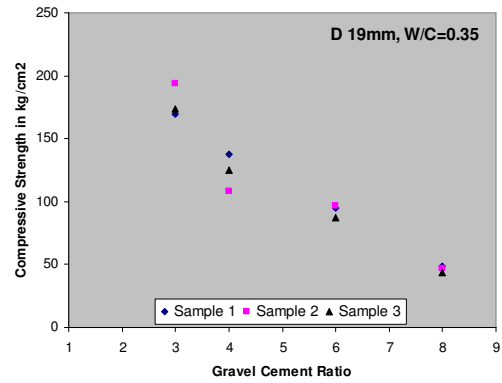
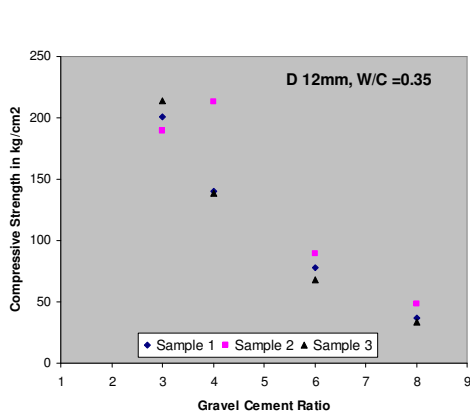
از آنجا که این نوع بتون بدون ماسه طراحی می‌شود و ملات خمیری سیمانی پرکننده فضای بین دانه‌های شن خیلی کم می‌باشد لذا نسبت‌های آب به سیمان بالا این ضعف و خطر را دارد که باعث ته‌نشینی و رسوب ژل سیمانی چسبانده در لایه های تحتانی گردد که این امر در نمونه‌های خمشی، فشاری و نفوذپذیری در این آزمایشات برای نسبت W/C معادل ۰/۵ عملاً مشاهده گردید. بعبارت دیگر به علت روانی ژل سیمان و فقدان ریزدانه جهت ایجاد حالت خمیری، ژل سیمان آرام آرام بطور ثقیلی ته‌نشین شده و عمل تراکم نیز این وضعیت را تشدید می‌کند. بدیهی است چنین عارضه‌ای با اهداف بتون فاقد ریزدانه کاملاً منافات داشته و نه تنها از بعد مکانیکی، جسم غیر یکنواخت ایجاد می‌کند بلکه نفوذپذیری یا عایق بودن بتون فاقد ریزدانه را کاملاً از بین می‌برد. بدین جهت بطور مقایسه‌ای نسبت آب به سیمان ۰/۵۰ در مقایسه با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ عملکرد منفی را نشان می‌دهد، شکل ۶.

بررسی رفتار مقاومت خمشی و نقش نسبت W/C برای قطرهای و نسبت‌های متفاوت شن به سیمان، عملکرد متفاوتی را نشان می‌دهد. بطوریکه برای قطر شن ۱۲ میلی‌متر و با نسبت‌های شن به سیمان ۳ و ۴، کاهش مقاومت خمشی با افزایش نسبت W/C مطرح است اما برای نسبت‌های شن به سیمان ۶ و ۸، افزایش مقاومت خمشی حاصل شده است. این افزایش دقیقاً حاکی از ته‌نشینی ژل سیمان در قسمت تحتانی نمونه‌های خمشی است که عملاً در ناحیه کششی قرار گرفته بود.

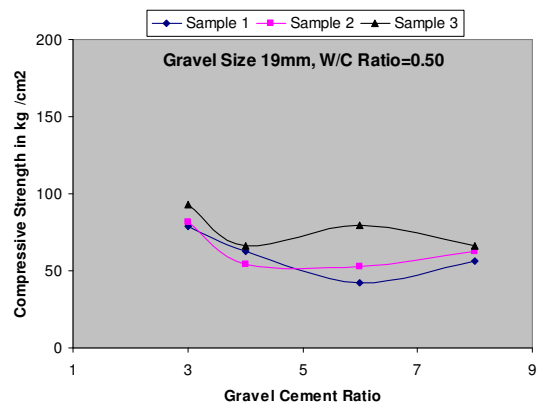
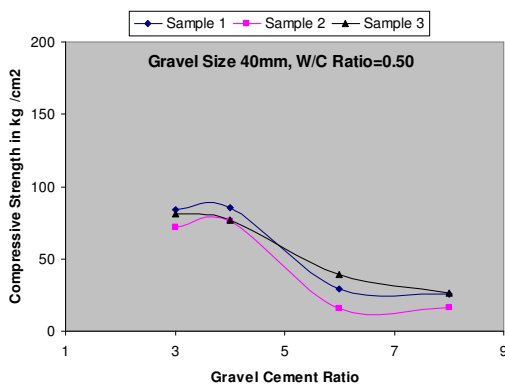
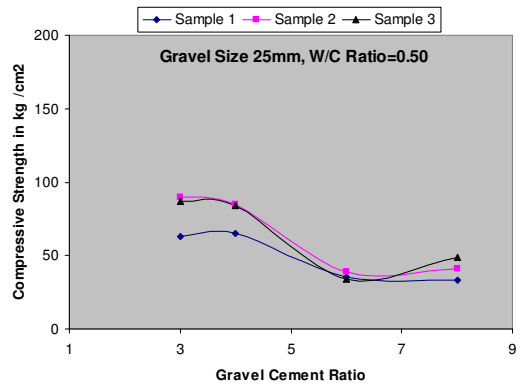
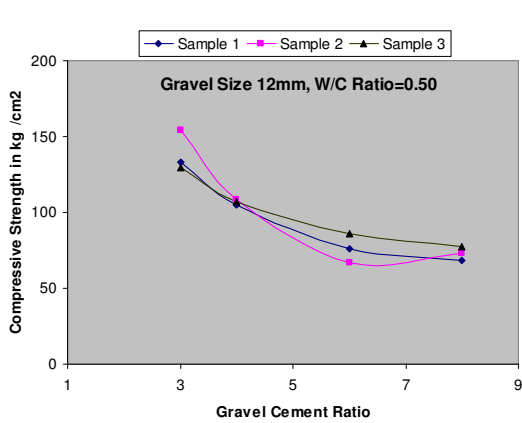
برای قطر ۴۰ میلی‌متر و با نسبت‌های شن به سیمان ۳، ۴، ۶ و ۸، اثر نسبت W/C کمتر مطرح است چرا که با توجه به کمیت وزنی ثابت شن، با افزایش قطر شن کاهش سطح جانبی و افزایش تخلخل بطور طبیعی بین سنگدانه‌های درشت ایجاد شده که در هر دو نسبت W/C معادل ۰/۳۵ و

خوب این نوع بتون را در قبال اینگونه نیروهای ضربه ای نشان می دهد.

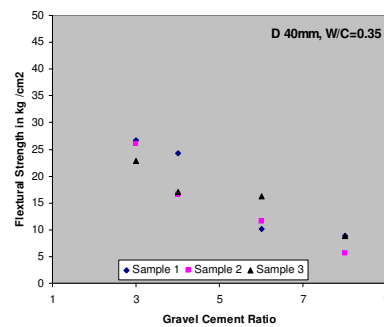
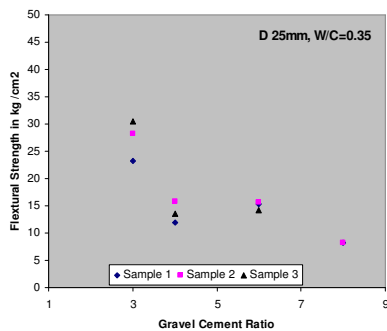
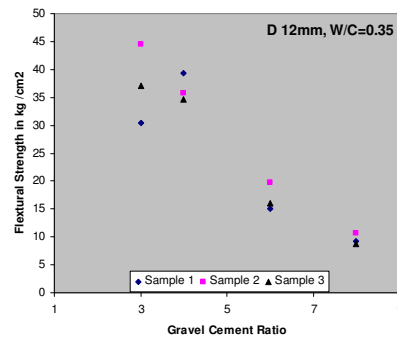
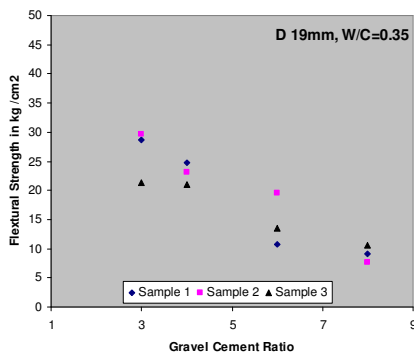
در قبال نیروهای ضربه ای و سایشی برای کاربری های خاص بوده است لذا نتایج آزمایشات رفتار و مقاومت بسیار



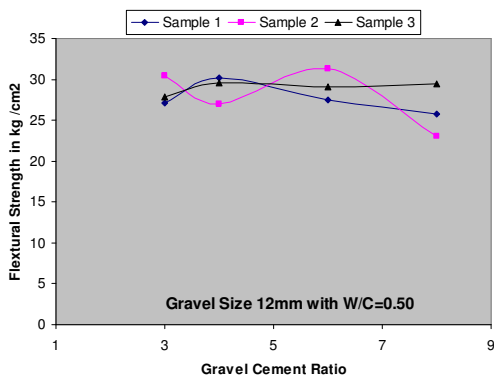
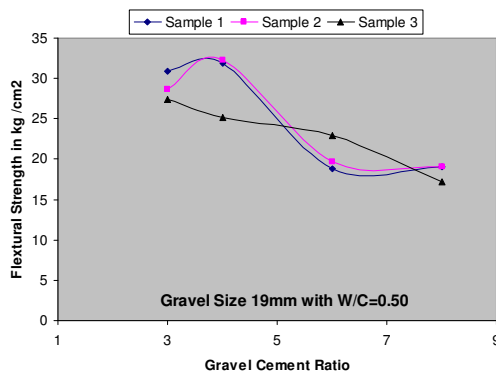
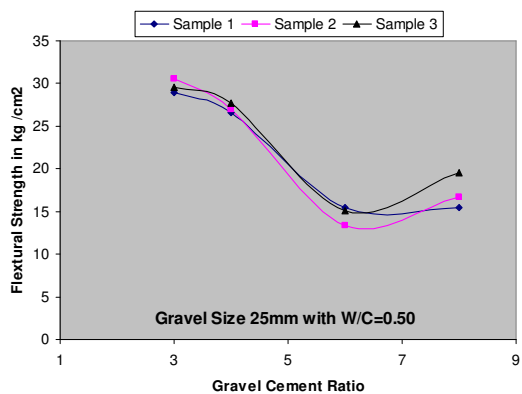
شکل ۱. رابطه نسبت شن به سیمان و قطر دانه درشت در مقاومت فشاری بتون فاقد



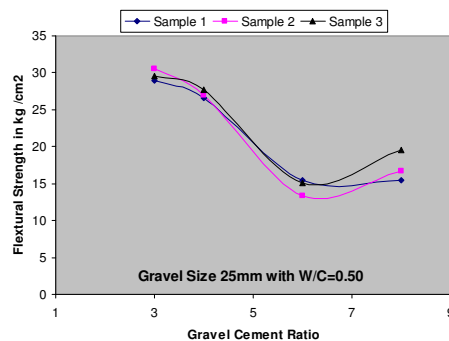
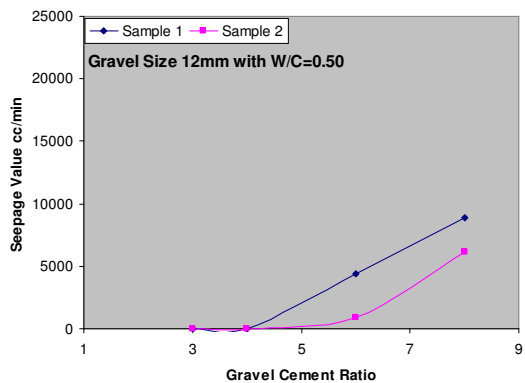
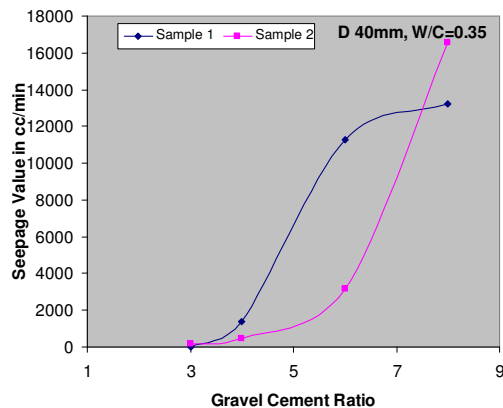
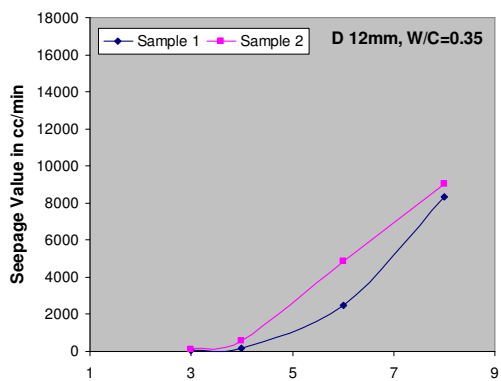
شکل ۲. رابطه نسبت شن به سیمان و قطر دانه درشت در مقاومت فشاری بتون فاقد ریزدانه بازا نسبت آب به سیمان ۰/۵۰



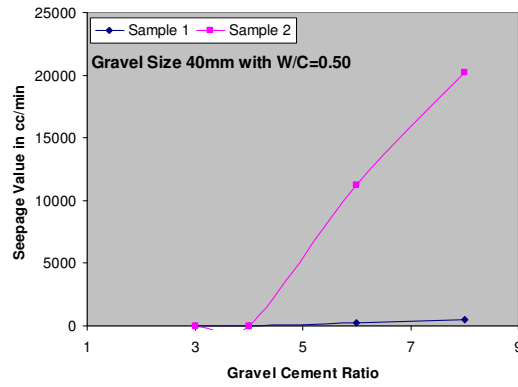
شکل ۳. رابطه نسبت شن به سیمان و قطر دانه درشت در مقاومت خمشی بتون فاقد ریزدانه بازا نسبت آب به سیمان ۰/۳۵



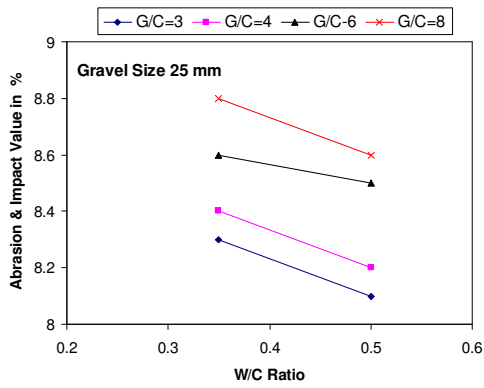
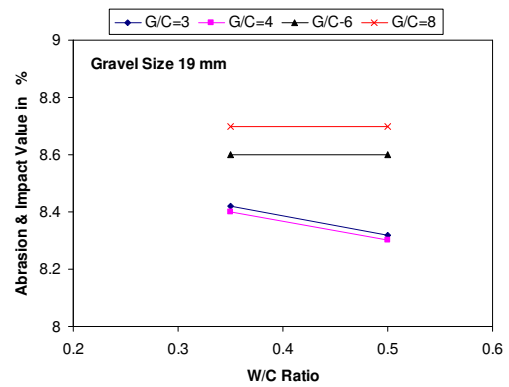
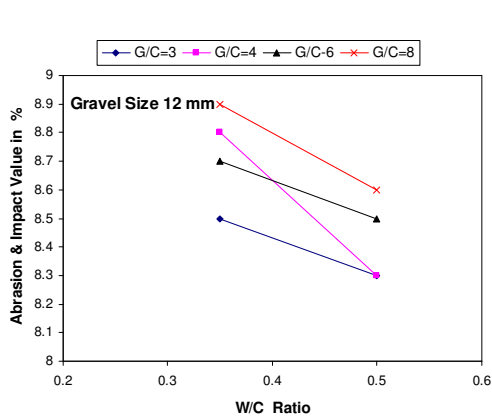
شکل ۴. رابطه نسبت شن به سیمان و قطر دانه درشت در مقاومت خمشی بتون فاقد ریزدانه بازا نسبت آب به سیمان ۰/۵۰



شکل ۵. رابطه نسبت شن به سیمان و قطر دانه درشت در مقدار نفوذپذیری بتون فاقد ریزدانه بازا نسبت آب به سیمان ۰/۳۵



شکل ۶. رابطه نسبت شن به سیمان و قطر دانه درشت در مقدار نفوذپذیری بتون فاقد ریزدانه بازا نسبت آب به سیمان ۰/۵۰



شکل ۷. رابطه نسبت آب به سیمان و قطر دانه درشت در مقاومت سایشی-ضربه ای بتون فاقد ریزدانه



های فولادی زیاد شده که ناشی از عدم پیوستگی و چسبندگی کافی در چفت و بست بین سنگدانه ها بواسطه کمبود ژل سیمان است.

### تشکر و قدردانی

انجام هر پژوهشی مستلزم پشتیبانی مادی و معنوی و حمایت های تشویقی می باشد. در راستای این پژوهش به جهت حجم زیاد کارهای آزمایشگاهی و مالی جا دارد از دانشگاه آزاد اسلامی خوی و حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه در تامین هزینه های تحقیقات در طول یکسال صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از کارشناس محترم آزمایشگاه در همکاری مستمر و طاقت فرسا در مراحل مختلف نمونه گیری و آزمایشات تشکر و قدردانی می گردد.

### مراجع

- 1- ACI Committee 2000, 116, "Cement and Concrete Terminology (ACI116R-00)," American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 73 pp.
- 2- ACI 201.2R-92 Guide to Durable Concrete Reported by ACI Committee 201" 2000, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 26 pp.
- 3- Portland Cement Association, 1988, Design and Control of Concrete Mixtures, 13th Edition, Skokie, Ill., 212 pp.
- 4- Cabrera J. G. 1992 et. al., " Effect of Superplasticizers on the Plastic Shrinkage of Concrete", Magazine of Concrete Research, pp. 149-155, 44,.
- 5- Tarun R. Naik, 2002 Rudolph N. Kraus, and Rafat Siddique , "No Fines Concrete Using Non-Specification Coal Fly Ash, Reference: CBU--37.
- 6- Committee Report ACI 212.4R, April 1993 Guide for the Use of High Range Water Reducing Admixtures (Superplasticizers) in Concrete, Concrete International, pp. 40-47,.
- 7- Abdullah KEYVANI and Noboru SAEKI, 2000, Abnormal Crack Phenomenon in Concrete Mixtures Due to Superplasticizers, Six CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Nice, France,.
- 8- Hessam Nabavi, Pervious Concrete, Virginia Ready-Mixed Concrete Association, Northern Virginia.
- 9- Bruce T. Chattin, Pervious Concrete, www.washingtonconcrete.org industry pervious pavement.
۱۰. دکتر عبدالله کیوانی، گزارش نهایی طرح پژوهشی "بررسی رفتار و بافت سطحی بتون فاقد ریز دانه"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، ۱۳۸۵.

### ۴- نتیجه گیری

توسعه پایدار و کاهش نیاز به سیمان یک چالش جدید می تواند باشد. این ایده جدید استفاده از بتون به عنوان یک ماده ساختمانی سازگار با طبیعت که برخلاف تعریف و کاربری های رایج بتون را که همیشه به عنوان یک ماده آبند و نفوذ ناپذیر تعریف می کند، کاربرد بتون زهکش و کاملاً آبکش می باشد. بر اساس ایده بتون آبکش، بررسی رفتار فیزیکی و مکانیکی طرح بتون فاقد ریزدانه که از تخلخل زیاد برخوردار باشد از بعد اثر سایز دانه، عیار سیمان، نسبتهای آب به سیمان و نسبت مقدار درشت دانه به سیمان با ساخت نمونه های مختلف موردآزمایش قرار گرفت. نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد:

- ۱) در ارزیابی نقش اندازه قطر شن در رفتار مقاومت فشاری بتون فاقد ریزدانه ملاحظه می شود که قطر ۱۲ میلی متر در مقایسه با سایر قطرهای مقاومت فشاری بالایی برخوردار است و با افزایش نسبت شن به سیمان کاهش مقاومت نیز فاحش است.
- ۲) با افزایش نسبت شن به سیمان علاوه بر کاهش هزینه، نفوذپذیری بتون نیز بیشتر می شود.
- ۳) رفتار بتون فاقد ریزدانه بر اساس نسبت شن به سیمان ۳ نشان می دهد که با افزایش قطر شن، مقاومت خمشی کاهش می یابد و حداکثر کاهش در مقایسه قطر شن ۱۲ با قطر شن ۴۰ میلیمتر در حدود ۴۰ درصد است.
- ۴) بررسی نفوذپذیری بتون فاقد ریزدانه و عوامل موثر آن نظیر نسبت آب به سیمان، قطر دانه درشت و نسبت شن به سیمان نشان می دهد که برای نسبت آب به سیمان معادل ۰/۳۵ و قطر شن ۱۲ میلی متر و ۱۹ میلی متر، با افزایش نسبت شن به سیمان از ۳ به ۸، مقدار نفوذپذیری فوق العاده زیاد می شود.
- ۵) بررسی رفتار سری نمونه های آزمایشی با نسبت W/C معادل ۰/۵۰ از لحاظ نفوذپذیری نشان می دهد که نسبت آب به سیمان زیاد بطور کلی برای اینگونه بتونها کاملاً مضر است و نه تنها طرح اختلاط اینگونه بتونها باید با اسلامپ کاملاً صفر باشد بلکه از ته نشینی و رسوب ژل سیمان در موقع عمل تراکم نیز باید جلوگیری شود.
- ۶) با افزایش نسبت شن به سیمان مقدار درصد مقاومت سایشی-ضربه ای ناشی از ضربات گلوله

---

---

## Physical and Mechanical Behavior of No-Fines Concrete

ABDULLAH KEYVANI

Dr.Eng, .Assistant Professor,  
Dept. of Civil Engineering, Azad Islamic University Chapter Khoy  
[keyvani@dr.com](mailto:keyvani@dr.com)

### Abstract

No-fines concrete is a type of concrete from which the fine aggregate is totally omitted and single-sized coarse aggregates are held together by a binder consisting of a paste of hydraulic cement and water. No-Fines concrete creates a porous structural pavement that allows water to infiltrate directly into the soil naturally. Because no-fines concrete allows rainwater to seep directly into the ground, ground water is recharged, water resources are preserved, stormwater runoff is reduced or eliminated, and water quality is improved. This type of concrete is a pervious concrete and can be used successfully for parking lots, sidewalks, low volume streets and various other paving applications. The present paper cites the physical and mechanical behavior of no-fines concrete and detailed experiments.

**Keywords:** No-fines concrete, pervious concrete, permeability, zero-slump, abrasion resistance, Impact resistance.