

[www.engineer135.ir](http://www.engineer135.ir)

## بررسی بتن بدون ریزدانه NFC

کد موضوع مقاله : G

نویسنده : مرضیه حیدری ( مهندس عمران - مدیر فنی آزمایشگاه زرین بتن اکباتان )

وابستگی به شرکت تعاونی زرین بتن اکباتان

Email : [info@zarinbeton.com](mailto:info@zarinbeton.com)

### چکیده :

همانطور که می‌دانیم امروزه صنعت بتن نقش بسیار مهمی در ساخت و سازهای جوامع بشری ایفا می‌کند و یکی از عوامل بسیار مؤثر در سازه‌های بتنی در جهان است. مخلوط بتن بدون ریزدانه، از سیمان، آب و درشت‌دانه‌ای که بدون ریزدانه (ماسه) می‌باشد تهیه می‌گردد. بتن بدون ریزدانه دارای مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی است، از مزایای اقتصادی آن می‌توان به پایین آمدن هزینه‌های فراوان به منظور هدایت آب‌های سطحی، باران و فاضلاب اشاره داشت. همچنین در مناطق سردسیر، بدلیل عبور آب از این بتن از یخ زدگی سطح معابر جلوگیری می‌کند. شایان ذکر است که بتن بدون ریزدانه (NFC) توسط شرکت زرین بتن اکباتان (تولید کننده بتن آماده) برای پروژه در حال ساخت موزه غرب تپه هگمتانه شهر همدان به تولید رسیده و مورد مصرف قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی : بتن بدون ریزدانه، NFC، بتن سبک، بدون ریزدانه، محیط زیست

## خواص بتن سبک :

### مقدمه :

بتن های سبک با مقدار چگالی با سطح خشک ، تقریبا ۳۰۰ تا حداکثر  $2000 \text{ kg/m}^3$  با مقاومت از ۱ تا ۶۰ MPa می توان تولید کرد. این رنجها را می توان با وزن نرمال تقریبی  $2100-2500 \text{ kg/m}^3$  و مقاومت ۱.۵ تا ۱۰۰ MPa سنجیده شود .

تکنیک های اصولی مورد استفاده برای تولید بتن سبک را به ترتیب زیر می توان خلاصه کرد :

- حذف ریز دانه ها با وزن معمولی و تولید حفره های پر شده از هوا با استفاده از روش ساخته شده توسط wimpey در انگلستان در سال ۱۹۲۴ ( بتن فاقد ریز دانه - NFC )

- شامل حبابهای گاز در خمیر سیمان یا ماتریکس سیمان با حفره های ۳۰٪-۵۰٪ ( فوم بتن - FC )

- جایگزینی بطور کامل یا قسمتی ؛ توسط دانه های طبیعی در مخلوط بتن با دانه هایی که سهم زیادی از حفره ها را در بر بگیرند . ( بتن با دانه های سبک )

که در ( شکل شماره ۱ ) نشان داده شده است .

شکل شماره ۱

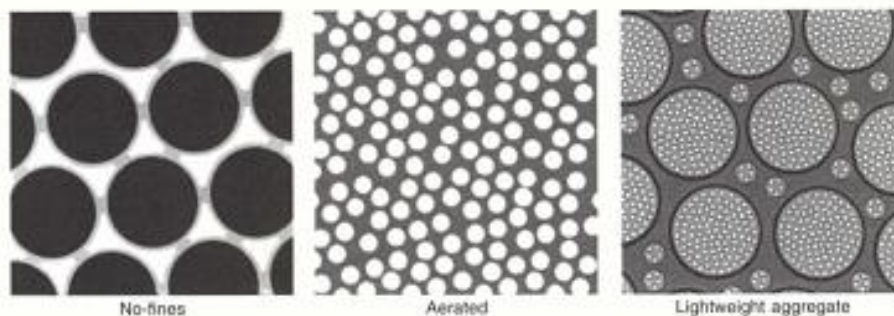


Figure 2.1 Basic forms of lightweight concrete.

خواص بتن سبک به ساختار اولیه اش بستگی دارد که بعنوان عایق حرارتی می توان استفاده کرد که این خاصیت به سیمان پرتلند مورد استفاده در آن بستگی دارد .

## بتن فاقد ریزدانه چیست؟

بتن فاقد ریزدانه یک مخلوط سنگدانه درشت(شن) ، سیمان ، آب و ماسه به میزان اندک (وگاهی اوقات بدون ماسه) است. در ساختار این بتن ۱۵-۲۵٪ (از لحاظ حجم) فضای خالی وجود دارد و این امر موجب عبور آب از داخل این بتن می شود.

در بتن فاقد ریزدانه از آب نسبت به دیگر انواع بتن کمتر استفاده می‌شود و این مسأله باعث شده تا پس از ساختن مخلوط بتن آب آن به سرعت تبخیر شده و مخلوط در مدت یک ساعت کاملاً از آب تخلیه خواهد شد.



نمونه های آزمایشگاهی

### مراحل ساخت بتن فاقد ریزدانه :

مراحل ساخت بتن فاقد ریزدانه شامل ۴ مرحله اساسی است :

۱- مخلوط کردن

۲- جاگذاری کردن (گماردن، قراردادن)

۳- تراکم و فشرده سازی (کوبیدن)

۴- عمل آوردن بتن

بوجود آوردن، قرار دادن و عمل آوردن بتن فاقد ریزدانه همه به جای اینکه در یک کارخانه زیر شرایط یکسان انجام شوند، در محل کار (پای کار) انجام می‌شوند.

اگر چه بتن فاقد ریزدانه می‌تواند توسط همان تهیه کننده‌های بتن توپر تهیه شده و توسط همان کامیون‌های بتن توپر تحویل داده شود، اما این ویژگی‌های فیزیکی منحصر به فردش است که نیاز به یک پیمانکار با تجربه تخصصی دارد. همچنین تفاوت‌های ساختاری ما بین بتن فاقد ریزدانه و بتن غیر قابل نفوذ ساخت متفاوت آن را نیازمند است.

به هر حال، کیفیت و عملکرد بتن فاقد ریزدانه بستگی به میزان آشنایی و عملکرد سازنده و خاصیت ضربه‌های ساختاری (کمپکت) دارد.

اساس مشخص شده و پذیرفته شده‌ای برای مقاومت بالا  $400 \text{ psi}$  الی  $4000 \text{ psi}$  این نوع بتن به دلیل مقاومت نسبتاً پایین آن نیست. و مساله مهم تر در موفقیت یک روسازی بتن فاقد ریزدانه مقدار پوکی (فضای خالی) آن است.

البته باید بدانیم که زیر سازی این بتن و زمین زیرینش نباید کاملاً غیر قابل نفوذ باشد و باید حداقل اندکی خاک و زیر سازی آن نفوذ پذیری داشته باشد. در مناطق ماسه‌ای هم بتن فاقد ریزدانه مستقیماً بالای ماسه گذاشته می‌شود.

همچنین باید به این موضوع اشاره کرد که یخ‌زدن آب در داخل این بتن مشکلی ایجاد نمی‌کند، زیرا آزمایش‌هایی صورت گرفته که در آن بتن فاقد ریزدانه را به مدت بیش از ۱۵ سال در آب و هوای سرد گذاشته و آب باران و برف پس از ورود به داخل بتن یخ می‌زد. کاربرد موفق بتن فاقد ریزدانه در این مناطق این مساله را حل نموده است و مشکلی در به کار بردن این بتن در این مناطق وجود ندارد.

### بتن فاقد ریزدانه ( NFC ) :

این مخلوط شامل سیمان و آب و درشت دانه ای که فاقد ماسه باشد . پس از مرطوب کردن اولیه دانه ها با آب آنها را با سیمان و آب مخلوط می کنند . در نتیجه هر قسمت شن درشت دانه با لایه ای از خمیر سیمان در حدود  $1,3 \text{ mm}$  پوشانده می شود که این امر سبب تماس نقطه به نقطه در فاصله حفرات می گردد . حفره های بهم پیوسته باعث می شوند تا بتنی با بافت خلل و فرج دار با کاهش چگالی و محکم و متخلخل تولید شود . که چگالی عمدتاً به نوع دانه ها و دانه بندی آنها بستگی دارد . پائین ترین چگالی با دانه بندی تک اندازه انجام شده است . حداکثر اندازه درشت دانه  $7$  تا  $75 \text{ mm}$  می باشد اما از  $10$  تا  $20 \text{ mm}$  است . شن نباید بیشتر از  $10\%$  از مواد را شامل شود و ابعاد آن نباید کمتر از  $5 \text{ mm}$  باشد و همچنین نباید بصورت ورقه ورقه و یا باریک باشد . باید تمیز باشد تا با خمیر سیمان انسجام خوبی داشته باشد . شن باید بصورت سنگ ریزه و سخت باشد ؛ بدون لبه های تیز چرا که احتمال خرد شدن موضعی در زیر بار را افزایش می دهد . برای شن با وزن معمولی نسبت شن به سیمان از  $6$  تا  $10$  با چگالی  $1200 \text{ kg/m}^3$  تا  $1900 \text{ kg/m}^3$  را تولید می کند در حالی که شن سبک با نسبت شن به سیمان  $3$  تا  $8$  و چگالی  $800 \text{ kg/m}^3$  تا  $1400 \text{ kg/m}^3$  را تولید می کند .

به دلیل نفوذ هوا به درون آن ، دانه ها ی بتن NFC بسرعت خشک می شوند.



Figure 2.2 No-fines concrete.

شکل شماره ۲

چگالی:

در جدول شماره ۳ خواص واقعی بتن NFC ساخته شده با شن معمولی و شن سبک را نشان می دهد .:

جدول شماره ۳

**Table 2.1** Typical properties of NFC made with normal weight and lightweight aggregates

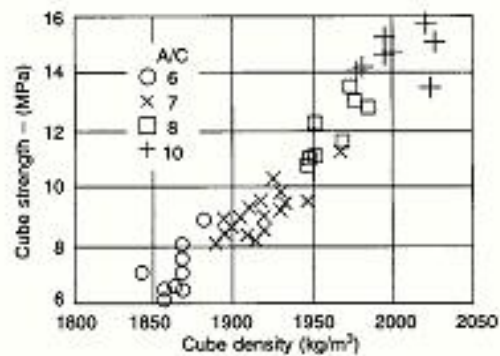
Item	Normal weight aggregate	Lightweight aggregate
Aggregate/cement ratio (by mass)	6-10	3-8
Water/cement ratio (by mass)	0.38-0.45	0.38-0.45
Air dry density (kg/m <sup>3</sup> )	1200-1900	800-1400
Cube strength (MPa)	3-7	3-7

### مقاومت فشاری :

مقاومت فشاری بستگی به چگالی دارد که به نوبه خود سیمان تاثیر گذار است. که در شکل ارتباط بین مقاومت و چگالی برای بتن های ساخته شده با شن معمولی را نشان می دهد. مقاومت در یک سن در حالت مشابه در بتن معمولی افزایش می یابد. ( نمودار شماره ۱ )

نمودار شماره ۱

### Properties of lightweight concrete



**Figure 2.3** Relationship between 28-day cube strength and density for NFC with various A/C ratios by volume.

### مقاومت کششی :

مقاومت خمشی ۳۰٪ مقاومت فشاری است. داده ها نشان می دهد که مقاومت کششی ، خمشی و پیوستگی در سن ۲۸ روزه مکعبی به ترتیب ۱۲٪ ، ۲۳٪ ، ۱۹٪ می باشند.

مدول الاستیسیته :

برای بتن معمولی E با افزایش مقاومت افزایش می یابد ۱۰GPa و برای مقاومت استوانه ای 5GPa

### جمع شدگی خشک شدن :

جمع شدگی خشک شدن کم تر برای بتن نرمال است وقتی که لایه سیمان نازک است شن مانع قابل توجهی می باشد که در رطوبت های پائین ۱۲۰ تا ۲۰۰ میکروسترین افزایش می یابد. که بسته به لایه خمیر نازک و بافت سطحی بتن جمع شدگی افزایش می یابد .

### قابلیت انتقال حرارت :

ضریب انتقال حرارت NFC برای شن با وزن معمولی بین  $0.69 \text{ J/m}^2 \text{ s}$  و  $0.94$  و حدود  $0.22 \text{ J/m}^2 \text{ s}$  برای شن سبک دانه می باشد . که برای بتن معمولی ضریب با رطوبت افزایش می یابد .

### نفوذپذیری :

NFC ساخته شده با شن متراکم تا ۱۲٪ آب می تواند جذب کند . اما در شرایط معمولی حدود ۱/۵ از این مقدار است . منافذ بزرگ NFC اجازه می دهد تا آن زهکشی شود .

### مقاومت انجماد/ذوب :

مقاومت انجماد/ذوب به عمل موئینگی بستگی دارد . اگر منافذها در بتن اشباع شده باشند پائین خواهد آمد .

توسط آزمایشگاه زرین بتن اکباتان بتن NFC مورد بررسی قرار گرفت و برای پروژه در حال احداث موزه تپه هگمتانه به تولید رسید که در زیر نتایج آزمایشات صورت گرفته ارائه گردیده است :



موزه تپه هگمتانه همدان 1391

که طرح اختلاط صورت گرفته فقط از سیمان شن بادامی و آب استفاده شده است . ( جدول شماره ۴ و ۵ )

تامین کنندگان :

۱. سیمان هگمتانه پرتلند نوع دو
۲. شن بادامی
۳. آب

جدول شماره ۴

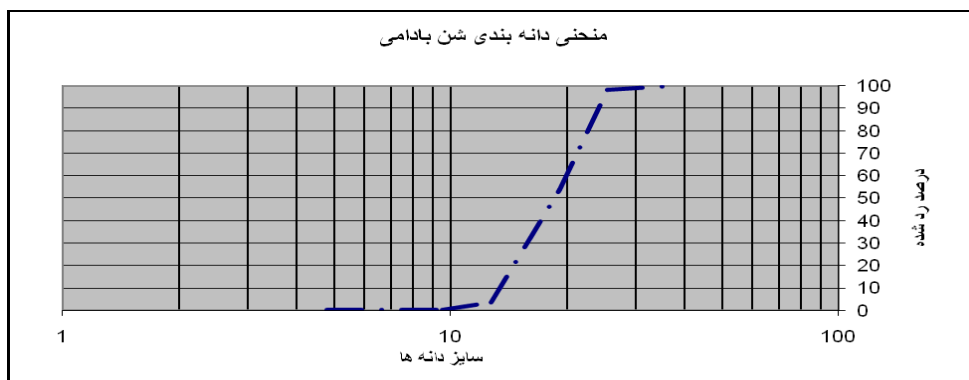
تاریخ	طرح اختلاط	عیار بتن	سیمان کیلوگرم	شن بادامی کیلو گرم	آب لیتر
۹۱/۰۹/۰۹	زیرین بتن اکباتان	۲۰۰	۲۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰

جدول شماره ۵

نوع مصالح	وزن واحد حجم (gr/cm <sup>3</sup> )		وزن مخصوص بالای الک ۱۶/۳ اینچ			درصد رد شده ۲۰۰
	آزاد	متراکم	ظاهری	حقیقی	SSD	
شن بادامی	۳۷۱/۱	۱,۴۹۴	۲,۷۴۶	۲,۵۵۳	۲,۶۲۳	۹۸/۰
						۲۸/۰

جدول شماره ۶

تاریخ نمونه گیری	سن نمونه	عیار بتن	روانی	طول	عرض	ارتفاع	سطح	حجم	وزن مخصوص	وزن نیرو(تن)	مقاومت فشاری مکعبی
۹۱/۰۹/۰۹	۷	۲۰۰	-	۱۵	۱۵	۱۵	۲۲۵	۳۳۷۵	۸۱۳۵	۲,۴۱	۱۱۷
	۲۸			۱۵	۱۵	۱۵	۲۲۵	۳۳۷۵	۸۱۵۵	۲,۴۲	۱۳۰



نمودار شماره ۲

### نتیجه گیری : مزایای بتن فاقد ریزدانه چیست و موارد استفاده از آن کدام است ؟

بتن فاقد ریزدانه دارای مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی است، که البته مزایای زیست محیطی آن بیشتر مد نظر است. از مزایای اقتصادی آن می توان به پایین آمدن خرج های فراوان به منظور هدایت آب باران و فاضلاب اشاره داشت. در واقع می توان گفت با وجود بتن فاقد ریزدانه نیازی به ساختن جوی های آب فراوان در سطح شهر و کنار خیابان و کوچه ها و همچنین کانال های بزرگ آب نیست. زیرا این بتن هر گونه بارندگی را مستقیماً به زمین و سفره های آب زیرزمینی منتقل می کند و در واقع یک مزیت زیست محیطی نیز محسوب می شود. از دیگر مزایای زیست محیطی آن می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- ۱- جلوگیری از بروز آب گرفتگی در معابر و مکان ها به هنگام بارندگی
- ۲- جلوگیری از آلوده شدن آب بارندگی ها (زیرا اگر زمین غیرقابل نفوذ باشد، آب باران و برف در سطح زمین که آلودگی فراوان دارد جریان می یابد و منجر به آلوده شدن آب بارندگی می شود.)
- ۳- پر شدن ذخایر آب زیرزمینی
- ۴- در نقاط سرد که ماندن برف و باران روی زمین (بعد از بارش) منجر به سردتر شدن آن مناطق می شود می توان با استفاده از این بتن آب باران و برف را به داخل زمین هدایت کرد و از سردتر شدن آن ناحیه جلوگیری کرد.
- ۵- همچنین می توان از این نوع بتن در مکان هایی که نیاز به زمین خشک است استفاده کرد مثلاً در زیر سازی چمن های استادیوم های فوتبال.
- ۶- همچنین در مناطق سردسیر، بدلیل عبور آب از این بتن از یخ زدگی سطح معابر جلوگیری می کند که شهرداری های محترم می توانند از این بتن در پیاده رو سازی ها و محوطه سازی پارک ها، پارکینگ ها و معابری که مشکل آبیگری دارند استفاده نمایند.



موزه تپه هگمتانه همدان 1391

- ۷- ایجاد منظره زیبا به هنگام بارندگی، زیرا با وجود این بتن دیگر هنگام بارندگی آب گرفتگی وجود ندارد. با توجه به مزیت های عنوان شده در بالا استفاده نمودن از چنین بتن نیاز هر کشوری می باشد. و همچنین محل اجرای آزمایشها در شرکت زرین بتن اکباتان واقع در شهر همدان می باشد.



**مراجع :**

۱- آزمایشگاه شرکت تعاونی زرین بتن اکباتان

1. John Newman and Phil Owens " Properties of lightweight concrete"
2. Bob James "Pervious concret - when it Rains it Drains ! "

**قدردانی :**

از آقای علیرضا پورنجفی کمال تشکر را دارم .