



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دکتر بتن
DrBeton.ir

مرکز توسعه بتن ایران

نکات اجرایی در تهیه و بکارگیری میکروسیلیس در بتن

محسن تدین

سرپرست بخش فناوری بتن مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
مدرس دانشگاه علم و صنعت و انجمن بتن ایران

تلفن: ۱۲۷۲۹۹۳-۰۹۱۲ ، نمابر: ۲۲۹۰۱۳۵۴-۰۲۱

رایانامه: tadayonmoh@yahoo.com

تیر ۱۳۹۴

سمینار یکروزه "مصرف میکروسیلیس در صنعت بتن"

- از اواخر دهه ۶۰ تا سال ۱۳۹۲، میکروسیلیس ایران فقط در دو کارخانه فروآلیاژ **ازنا** و فروسیلیس **سمنان** تولید می‌شد.
- مقدار تولید این دو کارخانه در سال حداکثر **۳۰,۰۰۰** تن بود.
- طی سالهای اخیر کارخانه‌های دیگر از نوع فروآلیاژ یا فروسیلیس در حوالی ملایر و اصفهان احداث شده‌اند که تولید سالیانه هر یک کمتر از **۵۰۰۰** تن می‌باشد.
- انتظار می‌رود طی سالهای آینده نیز چند کارخانه دیگر در این زمینه فعال شوند و این امر به **کاهش قیمت** میکروسیلیس منجر خواهد شد.

تولید و تأمین میکروسیلیس (دوده سیلیسی)

- به دلیل مزیت‌های ایران در زمینه **انرژی**، و وجود منابع مناسب به‌ویژه سیلیسی‌های مرغوب با خلوص زیاد، صنعت **فروسیلیس** و **فروآلیاژ** در ایران طرفداران زیادی پیدا کرده است.

- محصولات اصلی این کارخانه‌ها در داخل و خارج کشور مصرف می‌شود و **محصول جانبی** آنها یعنی میکروسیلیس عمدتاً در داخل بکار می‌رود.

تولید و تأمین میکروسیلیس (دوده سیلیسی)

● قیمت میکروسیلیس، سودجویان را بر آن داشت تا موادی را تحت عنوان میکروسیلیس به بازار عرضه کنند.

● **سیلیس پودری** میکرونیزه، گاه به عنوان میکروسیلیس فروخته می‌شود که تقلب محسوب می‌گردد.

● **سیلیس** با پودر کردن زیاد نمی‌تواند تبدیل به میکروسیلیس شود، زیرا اولاً قابل ترکیب با **آهک هیدراته** نمی‌باشد یعنی **پوزولان** به حساب نمی‌آید، ثانیاً عملاً نمی‌تواند به اندازه‌های میکروسیلیس از نظر **ریزی** و سطح ویژه درآید.

تولید و تأمین میکروسیلیس (دوده سیلیسی)

- قیمت پودر سیلیس میکرونیزه تقریباً نصف میکروسیلیس می‌باشد. با کاهش تدریجی قیمت میکروسیلیس، این نسبت به سه چهارم یا بیشتر می‌رسد.
- گاه پودر سنگ‌های آهکی نیز به عنوان میکروسیلیس عرضه می‌گردد که کلاهبرداری آشکاری می‌باشد.

تولید و تأمین میکروسیلیس (دوده سیلیسی)

• انجام آزمایش وزن مخصوص فله‌ای غیرمتراکم

میکروسیلیس : $200 - 350 \text{ kg/m}^3$

پودرهای میکرونیزه سیلیس : $500 - 600 \text{ kg/m}^3$

• آزمایش چگالی ذرات

میکروسیلیس : $2/20 - 2/35 \text{ gr/cm}^3$

پودر سیلیس : $2/50 - 2/60 \text{ gr/cm}^3$

روش‌های بازشناسی میکروسیلیس از پودرهای تقلبی

● مشاهده ذرات در زیر میکروسکوپ معمولی

ذرات میکروسیلیس : عملاً غیر قابل مشاهده

ذرات پودر سیلیس : قابل مشاهده و تیز گوشه

● آزمایش جذب ازت (نیترژن) برای تعیین سطح ویژه (ریزی)

میکروسیلیس : $12 - 30 \text{ m}^2/\text{gr}$

پودر سیلیس : $0.25 - 0.5 \text{ m}^2/\text{gr}$

روش‌های بازشناسی میکروسیلیس از پودرهای قلبی

● **عدم امکان استفاده از آزمایش بلین** برای تعیین ریزی میکروسیلیس و

بازشناسی آن از پودرهای قلبی سیلیسی

● **عدم امکان استفاده از آزمایش تعیین SiO_2** موجود در میکروسیلیس و پودر سیلیس

● **استفاده از آزمایش تشخیص خاصیت پوزولانی طبق ASTM C1240 و**

استاندارد ملی ۱۳۲۷۸ ایران (مهم ترین آزمایش تشخیصی)

میکروسیلیس : نسبت مقاومتی ۷ روزه تسریع شده ۱۰۵ درصد و بیش تر

پودر سیلیس و غیره : عدم دستیابی ۱۰۰ درصد در مقاومت ۷ روزه

روش های بازشناسی میکروسیلیس از پودرهای قلبی

- میکروسیلیس تولیدی اولیه در فیلترهای الکتروستاتیکی جمع آوری می شود و وزن مخصوص فله‌ای غیر متراکم آن کمتر از 200 kg/m^3 می باشد.
- معمولاً با دمیدن هوا در سیلوی میکروسیلیس و انباشتگی مجدد، وزن مخصوص فله‌ای آن بیشتر می شود.
- در برخی کشورها با تراکم این پودر میکروسیلیس، وزن مخصوص فله‌ای آن دو چندان می گردد تا حجم کمتری را اشغال کند.

شکل های تولید، عرضه و بسته بندی

- هر چه مقدار وزن مخصوص فله‌ای بیشتر شود، **هزینه حمل** آن کمتر می‌شود.
- در ایران دو نوع بسته‌بندی برای میکروسیلیس وجود دارد.
گونی پلاستیکی : بسته‌های ۲۰ تا ۴۰ کیلویی در کیسه‌های معمولی
جامبوبگ : بسته‌های بزرگ ۲۵۰ تا ۵۰۰ کیلویی
میکروسیلیس را می‌توان مانند سیمان با **بونکر** مخصوص حمل نمود.
- در دنیا گاه **دوغاب میکروسیلیس** برای مصرف عرضه می‌گردد. برخی اوقات،
دوغاب حاوی **فوق‌روان‌کننده** نیز می‌باشد.

شکل‌های تولید، عرضه و بسته‌بندی

- در ایران از اوایل دهه ۸۰ هجری دوغاب میکروسیلیس تحت عنوان **ژل میکروسیلیس** به همراه روان کننده یا فوق روان کننده عرضه شده است.
- هدف از ارائه ژل میکروسیلیس، اختلاط بهتر با بتن بود.
- معمولاً ژل میکروسیلیس حاوی **۴۵ تا ۵۰ درصد میکروسیلیس**، **۴۵ تا ۵۰ درصد آب** و **حدود ۵ درصد فوق روان کننده** می باشد.
- باید با خشک کردن مقدار معینی از ژل میکروسیلیس، مقدار **آب** موجود در واحد وزن را مشخص کرد. همچنین تعیین **چگالی ژل** ضروری است.

شکل های تولید، عرضه و بسته بندی

- در این مواد نیز مانند هر ماده ترکیبی دیگر، **تقلب و مشکلات دیگری** می‌تواند وارد گردد.

- **ژل میکروسیلیس** در سطوحی کوچک و بزرگ **۵ تا ۲۰ لیتری** یا **بشکه‌های بزرگ** و یا به صورت **فله‌ای با تانکر** عرضه می‌گردد.

- می‌توان دوغاب یا ژل میکروسیلیس را در **کارگاه ساخت بتن**، تولید و مصرف کرد.

شکل‌های تولید، عرضه و بسته‌بندی

● در برخی کشورها، **دوغاب میکروسیلیس** (بدون فوق روان کننده یا همراه آن)

را با مواد پراکنده کننده خشک می کنند و **گرانول** هایی تولید می نمایند که

در تماس با آب، باز و در مخلوط پراکنده می شود.

بنابراین **اختلاط** را راحت تر می کند.

● **گرانول** در ایران تولید نمی شود و به نظر می رسد تولید یا مصرف آن در ایران از

اهمیت و اولویت برخوردار باشد.

شکل های تولید، عرضه و بسته بندی

- در کارگاه‌های بزرگ، می‌توان میکروسیلیس را که توسط بونکر حمل شده است به سیلوها منتقل نمود.

- گاه کیسه‌های بزرگ را به بالای سیلوها یا قیف‌ها می‌برند و با پاره کردن انتهای کیسه، میکروسیلیس را تخلیه می‌کنند. در این حالت صفحه بالایی سیلو متحرک است.

- در برخی کارگاه‌ها، از کیسه‌های بزرگ و کوچک به‌طور مستقیم برای ساخت دوغاب استفاده می‌کنند و آن را درون همزن دوغاب تخلیه می‌نمایند.

انبار کردن و حمل و نقل

- گذشت زمان و مرطوب شدن به میکروسیلیس آسیبی نمی‌رساند.
- میکروسیلیس هوازده و کربناته نمی‌شود و با آب به تنهایی ترکیب نمی‌شود.
- در صورتی که مواد قلیایی و یا آهک زنده یا شکفته در این مجموعه حضور داشته باشد، واکنش انجام می‌شود و میکروسیلیس فاسد و تباہ می‌گردد.
- دلیل دوغاب میکروسیلیس در شرایط عادی از بین نمی‌رود و فاسد نمی‌شود.
- رطوبت در میکروسیلیس می‌تواند به کلوخه‌شدگی منجر گردد و کار انتقال از سیلو را به بچینگ از طریق اسکرو (لوله مارپیچ‌دار) مشکل نماید.

انبار کردن و حمل و نقل

- **رطوبت** موجود در میکروسیلیس باید از **مقدار آب کسر** و به وزن میکروسیلیس اضافه گردد.

- میکروسیلیس بسیار **ساینده** است و حرکت آن یا دوغاب آن در لوله، به ساییده شدن و سوراخ شدن صفحه یا سطح تماس کمک می کند. **پمپ** کردن دوغاب به پمپ نیز صدمه جدی می زند.

- اگر دوغاب میکروسیلیس، نسبتاً **شل** باشد، **ته نشینی** در آن اتفاق می افتد و **همگنی** نخواهد داشت. بنابراین ژل میکروسیلیس کمی سفت تر از یک دوغاب معمولی ساخته می شود.

انبار کردن و حمل و نقل

- هنگامی که دوغاب، **شل** و آبکی ساخته می‌شود، لازم است قبل از مصرف، به خوبی **همگن** و یکنواخت شود.
- روش رایج‌تر آن است که از **کف مخزن**، مواد به کمک یک **پمپ** مکیده و در بالای مخزن ریخته شود. انجام این کار در یک مدت معین و در طول استفاده از محتویات مخزن، به همگنی آن منجر می‌گردد.

انبار کردن و حمل و نقل

- برای اختلاط اولیه و ساخت دوغاب می‌توان از یک پره در یک استوانه استفاده نمود و سپس مخلوط را به مخزن نگهداری انتقال داد. همچنین می‌توان از سیستم هوای فشرده برای اختلاط اولیه استفاده کرد.
- هرچه دور پره مخلوط‌کن بیشتر باشد دوغاب یکدست‌تری حاصل می‌شود و میکروسیلیس آن پراکنده‌تر می‌گردد.

انبار کردن و حمل و نقل

- مانند همه اجزای بتن، لازم است میکروسیلیس یا دوغاب و یا ژل مصرفی **توزین** یا **پیمان** شود.

- میکروسیلیس **پودری** را بهتر است **توزین** نمود، اما **دوغاب** یا ژل را می توان **پیمان** کرد.

- از یک **باسکول کوچک** شبیه باسکول سیمان می توان بهره گرفت. بهر حال گاه از باسکول سیمان و بصورت **تجمعی** می توان استفاده نمود.

توزین و پیمان کردن

- ظرفیت یک باسکول منفرد برای میکروسیلیس در یک بچینگ یک مترمکعبی می‌تواند در حدود ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم باشد، زیرا مقدار مصرف آن بیش از این مقدار نخواهد بود.

- دقت توزین اجزای بتن در آیین‌نامه بتن و مبحث نهم مقررات ملی در حدود $\pm 3\%$ مقدار آنست. همچنین رواداری آن از طرفی $\pm 0.4\%$ درصد ظرفیت باسکول خواهد بود.

توزین و پیمانہ کردن

- هر چند می‌توان از **توزین** برای سنجش دوغاب یا ژل نیز استفاده کرد اما برای **مواد سیال**، روش حجمی نیز کاربرد دارد. بهر حال در سیستم وزنی، امکان بکارگیری باسکول تجمعی دوغاب یا ژل به همراه سیمان وجود ندارد.
- رواداری برای سیستم **حجمی** همان $3 \pm$ درصد و از طرفی $4/0 \pm$ درصد ظرفیت سیستم خواهد بود.
- چنانچه از دوغاب یا ژل استفاده گردد **ظرفیت وزنی** باید تا سه برابر وزن میکروسیلیس مصرفی محتمل بالا رود.

توزین و پیماننه کردن

- برای انتقال مواد پودری به سیستم توزین از **اسکرو** یا سیستم **هوای فشرده** می‌توان بهره گرفت.
- در سیستم **دوغابی**، باید مقدار میکروسیلیس، آب و روان‌کننده، در حجم یا وزن واحد دوغاب مشخص باشد.
- **کنترل مقدار آب** ژل آماده نیز در هنگام خرید و برای محموله‌های ارسالی ضروری است.

توزین و پیمان‌کردن

- همچنین لازم است **چگالی دوغاب** یا ژل برای نسبت‌های معین اندازه‌گیری شده باشد و در زمان **تولید دوغاب** یا ژل در کارخانه یا کارگاه، باید مرتباً آن را کنترل نمود.
- با توجه به چگالی ژل آماده مصرف در هنگام خرید، **محموله‌های ارسالی** باید مرتباً کنترل گردند.
- رواداری مقدار **مواد خشک** باید در حدود $\pm 5\%$ اعلام شده و رواداری **چگالی** باید در حدود $\pm 0.3/0\%$ باشد.

توزین و پیمانانه کردن

- از رابطه **حجم مطلق**، می توان **چگالی** یک ژل یا دوغاب را تخمین زد و به صورت معکوس می توان از چگالی یک ژل یا دوغاب، مقدار **آب** و **میکروسیلیس** تقریبی را بدست آورد.
- بدیهی است نمی توان مقدار **روان کننده** موجود در ژل یا دوغاب را تخمین زد.

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسیلیس و کنترل آن

• رابطه حجم مطلق برای دوغاب یا ژل

$$V_G = V_M + V_w + V_s$$

$$V_G = \frac{M}{\rho_M} + \frac{W}{\rho_w} + \frac{S}{\rho_s}$$

V_G : حجم ژل

ρ_M ، M ، V_M : حجم، جرم و چگالی ذرات میکروسیلیس

ρ_w ، W ، V_w : حجم، جرم و چگالی آب

ρ_s ، S ، V_s : حجم، جرم و چگالی ماده جامد افزودنی شیمیایی

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسیلیس و کنترل آن

$$V_G = V_M + V_w + V_s$$

$$V_G = \frac{M}{\rho_M} + \frac{W}{\rho_w} + \frac{S}{\rho_s}$$

1 kg/lit

$$V_G = \frac{M}{\rho_M} + W$$

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسلیس و کنترل آن

$$G=M+W \quad , \quad \frac{G}{\rho_G} = \frac{M}{\rho_M} + W = \frac{M + W \cdot \rho_M}{\rho_M}$$

$$\rho_G = \frac{\rho_M(M + W)}{M + \rho_M \cdot W}$$

$$V_G = \frac{M + W}{\rho_G}$$

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسلیس و کنترل آن

• اگر ۴۰ کیلوگرم میکروسلیس با چگالی ۲/۲۵ و ۶۰ کیلوگرم آب با یکدیگر

مخلوط شوند چگالی دوغاب حاصله برابر است با:

$$\rho_G = \frac{2.25(40+60)}{40+2.25 \times 60} = 1.286 \text{ kg / lit}$$

• با توجه به اینکه جرم دوغاب ۱۰۰ کیلوگرم می باشد **حجم دوغاب** عبارت است از:

$$V_G = \frac{40+60}{1.286} = 77.76 \text{ lit}$$

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسلیس و کنترل آن

- بدیهی است در ژل‌های **نسبتاً سفت**، مقداری **حباب هوا** باقی می‌ماند و چگالی ژل همواره از مقدار محاسبه شده کمتر خواهد بود.
- با افزایش و کاهش **چگالی ذرات میکروسیلیس**، مقدار چگالی ژل یا دوغاب بالاتر یا پایین‌تر خواهد شد.
- با افزایش **مقدار میکروسیلیس** و کاهش **آب**، چگالی ژل بالاتر می‌رود و برعکس.

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسیلیس و کنترل آن

• اگر ۴۰ کیلوگرم میکروسیلیس با چگالی ۲/۲۵ و ۵۰ کیلوگرم آب با یکدیگر

مخلوط شوند چگالی دوغاب حاصله برابر است با:

$$\rho_G = \frac{2.25(40+50)}{40+2.25 \times 50} = 1.328 \text{ kg / lit}$$

• اگر برای مثال میکروسیلیس ۵۰ کیلوگرم و آب ۴۰ کیلوگرم می شد داشتیم:

$$\rho_G = \frac{2.25(50+40)}{50+2.25 \times 40} = 1.446 \text{ kg / lit}$$

• حال اگر چگالی میکروسیلیس بجای ۲/۲۵ به مقدار ۲/۳۵ می رسید داشتیم:

$$\rho_G = 1.469 \text{ kg / lit}$$

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسیلیس و کنترل آن

● **یک کارخانه یا کارگاه** می‌تواند برای مقادیر مشخص آب و میکروسیلیس،

چگالی‌ها را محاسبه کند و جدولی تهیه نماید و با توجه به **تغییرات** چگالی دوغاب

یا ژل بتواند تغییرات مقادیر آب و میکروسیلیس و نسبت‌های آنها را سریعاً

مشخص کند و **کنترل** خود را به اجرا درآورد.

رابطه حجمی و وزنی دوغاب و ژل میکروسیلیس و کنترل آن

● پودر میکروسیلیس به دلیل ریزی زیاد، به سختی با بتن و اجزای آن مخلوط و همگن می‌شود.

● عواملی که بر همگنی بهتر اثرگذار است عبارتند از:

حالت و شکل میکروسیلیس مصرفی

نوع مخلوط‌کن

مدت اختلاط

روانی بتن

ترتیب مصرف میکروسیلیس

نوع و قدرت پراکنده‌کنندگی روان‌کننده

اختلاط میکروسیلیس

- مصرف میکروسیلیس **گرانول** یا **دوغابی** یا **ژل** بر مصرف آن به شکل پودر، همواره برتری دارد.

- مخلوط‌کن‌هایی که **پره جدا از دیگ** دارند برای مخلوط کردن میکروسیلیس به‌ویژه از نوع پودری توصیه می‌شود.

- **بتونیرهای معمولی**، **تراک میکسر** یا انواع مخلوط‌کن‌هایی که پره آنها به بدنه دیگ متصل است **نمی‌تواند** بخوبی میکروسیلیس پودری را با بتن مخلوط نماید.

اختلاط میکروسیلیس

- هر چه مدت اختلاط بیشتر شود عمل اختلاط بهتر انجام می‌گردد. در صورتی که میکروسیلیس پودری در مخلوط‌کن‌های پره جدا ریخته می‌شود توصیه می‌گردد زمان اختلاط حداقل ۳۰ ثانیه بیشتر از حالت بتن معمولی باشد.
- در بتن‌های سفت، اختلاط مناسب دیرتر حاصل می‌گردد. لازم به ذکر است که در بتن‌های خودتراکم نیز توصیه می‌شود تا زمان اختلاط بطور کلی بیشتر شود و در صورت مصرف میکروسیلیس پودری، این زمان باید مجدداً افزایش یابد.

- گاه توصیه می‌شود برای **اختلاط بهتر** میکروسیلیس در بتن، **ابتدا** میکروسیلیس به همراه سنگدانه‌های درشت مخلوط شود و سپس آب، سیمان و ماسه اضافه گردد. در اکثر بچینگ‌های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک این کار عملاً امکانپذیر نیست در حالی که در آزمایشگاه این امر مقدور می‌باشد.

- **قدرت پراکنده‌کنندگی** روان‌کننده برای پخش و توزیع میکروسیلیس پودری در بتن از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین استفاده از روان‌کننده معمولی مانند **لیگنوسولفونات**ها توصیه نمی‌شود و لازم است حتماً از فوق‌روان‌کننده‌ها به‌ویژه از نوع **پلی‌کربوکسیلات**ها استفاده نمود.

اختلاط میکروسیلیس

- گاه توصیه می‌شود برای **اختلاط بهتر** میکروسیلیس در بتن، **ابتدا** میکروسیلیس به همراه سنگدانه‌های درشت مخلوط شود و سپس آب، سیمان و ماسه اضافه گردد. در اکثر بچینگ‌های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک این کار عملاً امکانپذیر نیست در حالی که در آزمایشگاه این امر مقدور می‌باشد.

- **قدرت پراکنده‌کنندگی** روان‌کننده برای پخش و توزیع میکروسیلیس پودری در بتن از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین استفاده از روان‌کننده معمولی مانند **لیگنوسولفونات**ها توصیه نمی‌شود و لازم است حتماً از فوق‌روان‌کننده‌ها به‌ویژه از نوع **پلی کربوکسیلات**ها استفاده نمود.

اختلاط میکروسیلیس

- هر روز نسبت به گذشته سعی می‌شود مصرف میکروسیلیس در بتن **کمتر** شود.

- میکروسیلیس و مقدار آن تأثیرهای زیر را بر بتن دارد:

تغییر کار آیی (بهبود توأم با کاهش روانی) و بهبود قابلیت پرداخت سطح

کاهش جداشدگی و افزایش انسجام بتن

کاهش جدی در آب انداختن بتن و افزایش سرعت خشک‌شدگی سطح

و ترک‌خوردگی بتن تازه

تغییر در مقاومت (معمولاً افزایش کوتاه مدت و میان مدت) در مقادیر خاص

و احتمالاً کاهش در بلندمدت

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس دار و محدوده مصرف

● میکروسیلیس و مقدار آن تأثیرهای زیر را بر بتن دارد:

تغییر دوام در مقادیر خاص (کاهش نفوذپذیری بویژه در برابر یون کلرید، کاهش آهنگ خوردگی میلگردها، کاهش انبساط ناشی از واکنش‌زایی سنگدانه‌های سیلیسی با قلیایی‌ها، افزایش مقاومت سایشی، بهبود پایایی در یخبندان در نسبت‌های خاص)

کاهش درصد هوای عمدی ناشی از مصرف حبابزها
افزایش جمع‌شدگی ناشی از خشک‌شدگی در بتن سخت شده
افزایش افت اسلامپ بتن تازه
افزایش مشکلات پمپ کردن و ایجاد چسبندگی بیشتر

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس دار و محدوده مصرف

● میکروسیلیس و مقدار آن تأثیرهای زیر را بر بتن دارد:

افزایش مشکل پکیدگی بتن‌های پر مقاومت در آتش‌سوزی‌ها

افزایش مصرف فوق‌روان‌کننده

افزایش قابل توجه در هزینه تولید بتن

نیاز جدی‌تر برای عمل‌آوری رطوبتی و ایجاد پدیده خودخشک‌شدگی در بتن

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس‌دار و محدوده مصرف

- مصرف میکروسیلیس به میزان **کمتر از ۵ درصد** جایگزینی برای افزایش **مقاومت** و **دوام** به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

- مصرف میکروسیلیس به میزان **بیشتر از ۱۰ درصد** جایگزینی برای بهبود پایایی در **یخبندان** توجیه **ندارد** و توصیه نمی‌شود.

- برای بهبود **کار آبی** (به‌ویژه قابلیت پرداخت سطح) و **کاهش جداشدگی** و **آب انداختن**، می‌توان مقدار **کمتر از ۵ درصد** را نیز بکار برد.

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس دار و محدوده مصرف

- در آیین‌نامه پایایی بتن در مناطق حاشیه خلیج فارس و دریای عمان محدوده ۶ تا ۸ درصد (به صورت جایگزین) توصیه شده است.
- گاه عنوان شده که مصرف کمتر از ۵ درصد، اثرات منفی بر دوام داشته است.
- امروزه در ایران، ژل‌های میکروسیلیس خاصی با درصد کم میکروسیلیس و مقدار زیاد فوق‌روان‌کننده در بازار عرضه می‌شود. این مواد صرفاً بعنوان فوق‌روان‌کننده عمل می‌کنند. در مقادیر مصرف ۱ تا ۲ درصد وزن سیمان از این مواد (محدوده توصیه شده فروشنده)، مقدار مصرف میکروسیلیس عملاً کمتر از ۱ یا حتی کمتر از ۰/۵ درصد وزن سیمان می‌باشد و برخلاف تبلیغات موجود هیچگونه خاصیت مثبتی را برای بتن به دنبال نمی‌آورد!!

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس دار و محدوده مصرف

• هر یک کیلوگرم میکروسیلیس جایگزین سیمان، نیاز به آب برای ایجاد روانی را به مقدار تقریبی $0/75$ کیلوگرم افزایش می‌دهد.

• برای مثال حدود 20 کیلوگرم میکروسیلیس، نیاز به آب را 15 لیتر افزایش می‌دهد و اگر فوق‌روان‌کننده برای جبران این مشکل بکار نرود، مقاومت‌ها و دوام افت می‌کند.

مقدار فوق‌روان‌کننده اضافی برای این امر بسته به نوع آن بین $0/75$ تا $1/5$ کیلوگرم خواهد بود.

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس‌دار و محدوده مصرف

- هزینه افزودنی اضافی برای ۲۰ کیلو میکروسیلیس به انضمام حمل و مصرف در حدود ۲-۱/۵ دلار در هر متر مکعب بتن است.

- هزینه مصرف ۲۰ کیلو میکروسیلیس در حدود ۰/۴ تا ۵ دلار

(بسته به هزینه‌های حمل و مصرف و غیره) به جز افزودنی اضافی برای هر متر مکعب بتن در ایران می‌باشد.

- در صورت مصرف ژل آماده (برای ۲۰ کیلو میکروسیلیس)، هزینه آن در یک متر مکعب بتن در حدود ۲۰ تا ۲۵ دلار در ایران (بسته به حمل و ...) می‌باشد.

طرح مخلوط بتن میکروسیلیس دار و محدوده مصرف

- سایش بیشتر شوت و لوله‌های پمپ بتن
- کاهش جداشدگی و ایجاد همگنی بیشتر در بتن تازه
- لزج‌تر شدن بتن و نیاز به تراکم بیشتر برای خروج هوا از بتن
- افزایش احتمال وجود حباب‌های ریز سطحی در جداره قالب‌های قائم
- افت اسلامپ بیشتر و افزایش احتمال ایجاد درز ضعیف بین لایه‌ها و درز سرد
- افزایش آهنگ خشک‌شدگی سطح بتن و نیاز به حفاظت سریعتر و پرداخت زود هنگام به دلیل کاهش آب انداختن
- بهبود قابلیت پرداخت سطح بتن تازه

حمل، ریختن، تراکم و پرداخت سطح بتن میکروسیلیس دار

● **عمل آوری طبق آبا و مبحث نهم** مقررات ملی دارای سه بخش می تواند باشد :

حفاظت (جلوگیری از آسیب به بتن تازه گرفته)

مراقبت (عمل آوری رطوبتی)

پروراندن (عمل آوری حرارتی)

● از آنجا که بتن میکروسیلیس دار معمولاً **آب نمی اندازد** یا کم آب می اندازد،

سطح آن بویژه در مناطق **گرم و خشک** و توأم با **وزش باد** و در معرض **تابش آفتاب**

و با **ارتفاع قابل ملاحظه از سطح دریا** به سرعت خشک می شود و لازم است در

برابر **تبخیر** (حداکثر ۱۵ دقیقه پس از تراکم و شمشه گیری) محافظت گردد.

عمل آوری بتن میکروسیلیس دار

● استفاده از **نایلون** برای جلوگیری از تبخیر توصیه می‌شود. استفاده از **حصار** و **بادشکن**، **سایه بان** و **مرطوب کردن** حصار بادشکن، بتن‌ریزی در شرایط مناسب‌تر و **خنک‌تر** توصیه می‌گردد.

● در مواردی که از نظر اجرایی، موارد فوق امکان‌پذیر نیست، استفاده از **مواد مانع تبخیر** بصورت غشاء سطحی توصیه می‌شود.

● میکروسیلیس به عنوان یک **پوزولان**، در محیط مرطوب با **آهک هیدراته** ناشی از واکنش آب و سیمان ترکیب می‌شود و **چسب** مناسبی را تولید می‌کند. بنابراین لازم است **عمل آوری رطوبتی** مناسبی از بتن در دستور کار قرار گیرد.

عمل آوری بتن میکروسیلیس دار

● **رطوبت‌رسانی مستقیم یا غیرمستقیم نسبت به روش‌های صرفاً مانع تبخیر برای عمل آوری رطوبتی ارجح است.**

● **بهتر است طول مدت عمل آوری بتن میکروسیلیس‌دار به‌ویژه در مواردی که انتظار دوام قابل توجهی را داریم افزایش یابد (حدود ۱/۵ برابر مدت مشابه برای بتن فاقد میکروسیلیس)**

عمل آوری بتن میکروسیلیس‌دار

- از آنجا که میزان **جمع شدگی** ناشی از خشک شدگی بتن سخت شده پس از خاتمه عمل آوری برای بتن میکروسیلیس دار بیشتر از بتن مشابه آن می باشد بنابراین علاوه بر افزایش **مدت عمل آوری رطوبتی**، بهتر است بتن مرطوب ناگهان در معرض **آفتاب شدید**، **وزش باد سریع** و **هوای بسیار گرم و خشک** قرار نگیرد تا سطح آن به آهستگی خشک شود.

- توصیه می شود چنانچه از **پوشش های خیس** استفاده می شود، اجازه دهید پس از خاتمه مدت عمل آوری، پوشش خیس در سطح بتن بتدریج خشک شود و سپس پوشش مزبور برداشته شود.

عمل آوری بتن میکروسیلیس دار

- **پودر سیلیس** و غبار آن می‌تواند به بیماری خطرناک **ریوی سیلیکوز** منجر شود.

- نهادهای رسمی بهداشتی امریکا تاکنون **میکروسیلیس** را عامل ایجاد بیماری

سیلیکوز ندانسته‌اند.

- **غبار سیلیس** دارای گوشه‌های **تیز** و بلوری است. ذرات **میکروسیلیس**، **کروی**

و غیربلوری هستند.

- میکروسیلیس به مراتب **ریزتر** از غبار سیلیس می‌باشد و **تنفس** هر ریزگردی

از نظر بهداشتی مناسب نیست.

ایمنی و بهداشت میکروسیلیس

- بهتر است افراد درگیر با میکروسیلیس پودری، از **ماسک** مناسبی استفاده نمایند.

- **تنفس** گردوغبار سیلیس ناشی از ماسه‌پاشی، آسیاب سیلیس، معادن، کارخانه‌های

تولید شیشه به مراتب **خطرناک‌تر** از تنفس میکروسیلیس است.

- در همه **میکروسیلیس**‌ها مقدار ناچیزی **سیلیس بلوری** نیز وجود دارد که

در حد مخاطره‌آمیز است.

پایان



دکتر بتن
DrBeton.ir

مرکز توسعه بتن ایران

