

نوعاً من عائلة

CEM I



دليلك العملي لأختيار النوع الصحيح من CEM I
حسب المواصفة الأوروبية EN 197-1

١٢ نوعًا من عائلة
CEM I حسب المواصفة
الأوروبية EN 197-1

فهرس المحتويات

٣	فهرس المحتويات	
٦	١ مقدمة	
٦	١.١ حقوق النشر	
٦	١.٢ تنويه	
٧	١.٣ إهداء	
٧	١.٤ مقدمة الكتيب الثاني من سلسلة أسرار الأسمنت	
٨	١.٥ منهجية الكتاب	
٨	١.٦ الجمهور المستهدف	
٩	١.٧ أهداف الكتاب وتصحيح المفاهيم	
١٠	٢ أسمنت رمادي CEM I 32.5N	
١٠	٢.١ التعريف	
١٠	٢.٢ التركيب	
١٢	٢.٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية	
١٣	٢.٤ الاستخدامات النموذجية	
١٤	٢.٥ الفوائد والمميزات	
١٤	٢.٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	
١٦	٣ أسمنت رمادي CEM I 32.5R	
١٦	٣.١ التعريف	
١٦	٣.٢ التركيب	
١٨	٣.٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية	
٢٠	٣.٤ الاستخدامات النموذجية	
٢١	٣.٥ الفوائد والمميزات	
٢١	٣.٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	
٢٣	٤ أسمنت رمادي CEM I 42.5N	
٢٣	٤.١ التعريف	
٢٣	٤.٢ التركيب	
٢٥	٤.٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية	
٢٧	٤.٤ الاستخدامات النموذجية	
٢٨	٤.٥ الفوائد والمميزات	
٢٩	٤.٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	
٣٠	٥ أسمنت رمادي أسود CEM I 42.5R	
٣٠	٥.١ التعريف	

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

التركيب	5.2	٣١
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	5.3	٣٢
الاستخدامات النموذجية	5.4	٣٥
الفوائد والمميزات	5.5	٣٦
التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	5.6	٣٦
أسمنت رمادي أسود CEM I 52.5N	6	٣٨
التعريف	6.1	٣٨
التركيب	٦,٢	٣٩
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	6.3	٤٠
الاستخدامات النموذجية	6.4	٤٣
الفوائد والمميزات	6.5	٤٤
التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	6.6	٤٤
أسمنت رمادي أسود CEM I 52.5R	7	٤٦
التعريف	7.1	٤٦
التركيب	7.2	٤٧
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	7.3	٤٨
الاستخدامات النموذجية	7.4	٥٠
الفوائد والمميزات	7.5	٥١
التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	7.6	٥١
أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 32.5N White	8	٥٤
التعريف	8.1	٥٤
التركيب	8.2	٥٤
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	8.3	٥٦
الاستخدامات النموذجية	8.4	٥٨
الفوائد والمميزات	8.5	٥٩
التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	8.6	٥٩
أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 32.5R White	9	٦١
التعريف	9.1	٦١
التركيب	9.2	٦١
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	9.3	٦٢
الاستخدامات النموذجية	9.4	٦٤
الفوائد والمميزات	9.5	٦٤
التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	9.6	٦٥

٦٦.....	أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 42.5N White	10
٦٦.....	التعريف	10.1
٦٧.....	التركيب	10.2
٦٨.....	الخصائص الفيزيائية والكيميائية	10.3
٧٠.....	الاستخدامات النموذجية	10.4
٧٠.....	الفوائد والمميزات	10.5
٧٠.....	التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	10.6
٧٢.....	أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 42.5R White	11
٧٢.....	التعريف	11.1
٧٣.....	التركيب	11.2
٧٤.....	الخصائص الفيزيائية والكيميائية	11.3
٧٥.....	الاستخدامات النموذجية	11.4
٧٥.....	الفوائد والمميزات	11.5
٧٦.....	التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	11.6
٧٧.....	أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 52.5N White	12
٧٧.....	التعريف	12.1
٧٨.....	التركيب	12.2
٧٨.....	الخصائص الفيزيائية والكيميائية	12.3
٧٩.....	الاستخدامات النموذجية	12.4
٨٠.....	الفوائد والمميزات	12.5
٨٠.....	التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	12.6
٨٢.....	أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 52.5R White	13
٨٢.....	التعريف	13.1
٨٢.....	التركيب	13.2
٨٣.....	الخصائص الفيزيائية والكيميائية	13.3
٨٤.....	الاستخدامات النموذجية	13.4
٨٤.....	الفوائد والمميزات	13.5
٨٤.....	التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم	13.6

١ مقدمة

١,١ حقوق النشر

© جميع الحقوق محفوظة ٢٠٢٥

فادي درويش Fadi Darweesh

لا يُسمح بنسخ أي جزء من هذا الكتاب، أو إعادة إنتاجه، أو تخزينه في أي نظام إلكتروني، أو نقله بأي وسيلة كانت – سواء إلكترونية أو ميكانيكية – بما في ذلك التصوير أو التسجيل أو النشر أو الترجمة، إلا بإذن خطي مسبق من المؤلف.

هذا الكتاب مسجل ومحفوظ الحقوق قانونيًا، ويُعد ملكية فكرية خاصة بالمؤلف. أي انتهاك لذلك يُعرض صاحبه للمساءلة القانونية.

١,٢ تنويه

تم بذل جهد كبير في جمع المعلومات وصياغتها بدقة وبأسلوب مبسط يناسب جميع المستويات. ويُعتبر هذا العمل دليلًا تعليميًا وتوعويًا، ولا يُعني عن الاستشارة الفنية المتخصصة في المشاريع ذات الطبيعة الخاصة أو البنى الإنشائية المعقدة.

© ٢٠٢٥ – جميع الحقوق محفوظة للأستاذ فادي درويش، أخصائي بحث وتطوير في صناعة الأسمنت.

إهداء...

إلى كل من يعيش الأسمنت... لا يدرسه فقط.
إلى العامل في مصنع الباطون، والمهندس في غرفة التحكم، والمتخصص في ضبط الجودة، والمشغل أمام الطاحونة، والمقاول الذي يعرف أن اختيار النوع قد يُنقذ مشروعًا أو يُدمره.

إلى أصحاب المصانع، والمعماريين، والمهندسين الإنشائيين، وإلى كل طالب أو فني يحمل في يده تقرير تحليل... وفي قلبه طموح أن يفهم أكثر.

هذا الكتاب ليس لطيفة واحدة... بل لكل من سأل: "أريد أن أقرب من الأسمنت وفاءً وسأل: كيف؟ ولماذا؟"

١,٤ مقدمة الكتيب الثاني من سلسلة أسرار الأسمنت

في عالم البناء المتسارع، قد يبدو الأسمنت مجرد كيس رمادي في عين العامل أو مهندس الموقع... لكن الحقيقة أعمق بكثير. خلف كل رقم مطبوع على الكيس، وكل رمز مثل CEM I أو R42.5، تقف تركيبات معقدة، ومعايير صارمة، وقرارات حاسمة تؤثر على نجاح المشروع من بدايته حتى استدامته.

هذا الكتيب، الذي يمثل الجزء الثاني من سلسلة أسرار الأسمنت، لا يقدم معلومات سطحية أو نظرية، بل يأتي كدليل عملي شامل، أشبه بكتاب جغرافي يعطي لمحة عن كل دولة... لكن هنا، نحن نستعرض خريطة منتجات الأسمنت، ونُعرِّف القارئ على ١٢ نوعًا مختلفًا من عائلة CEM I، ستة أنواع رمادية وستة أنواع بيضاء، كلها موثقة ومعتمدة ضمن المواصفة الأوروبية EN 197-1.

١,٥ منهجية الكتاب

يعتمد الكتاب أسلوبًا موحدًا في تقديم كل نوع، من خلال ستة مفاتيح علمية عملية:

١. التعريف Definition
٢. التركيب Composition
٣. الخصائص الفيزيائية والكيميائية Physical & Chemical Characteristics
٤. الاستخدامات النموذجية Typical Applications
٥. الفوائد والمميزات Benefits & Advantages
٦. التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم Technical & Commercial Evaluation - Star System

١,٦ الجمهور المستهدف

هذا الكتيب ليس موجهًا فقط لمصانع الأسمنت، بل لكل من يعمل في قطاع الإنشاءات: للمصانع التي تُنتج، للمقاولين الذين يشترون، للمهندسين الذين يصممون، وللفنيين الذين يخلطون ويصبّون ويشكون.

١,٧ أهداف الكتاب وتصحيح المفاهيم

والأهم من ذلك، أن هذا الكتيب يهدف إلى تصحيح مفاهيم خاطئة شائعة في السوق، مثل: "كل أنواع الأسمنت تنفع لأي شيء!"، "خذ الأقوى وخلص!"، "الأسمنت الغامق يعني الجودة!".

الهدف من هذا العمل مزدوج: علمي وتوعوي، يضع مرجعاً مبسطاً ودقيقاً بين يدي كل من يهتم بصناعة الأسمنت. ومشروع تجاري معرفي، يعكس جهداً بحثياً طويلاً، ويستحق أن يعود على صاحبه بالنفع.

هذا الدليل لا يدعي الكمال، لكنه خطوة جادة نحو توحيد الفهم، وربط المواصفة بالتطبيق، والرمز بالاستخدام الفعلي في السوق.

أما الكتيب القادم، فسيأخذك إلى عالم أكثر تنوعاً وتعقيداً: عائلة CEM II... انتظرونا.

المؤلف: الأستاذ فادي درويش

أخصائي بحث وتطوير في صناعة الأسمنت

2025

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

أنواع الأسمنت حسب المواصفة الأوروبية EN 197-1 عائلة CEM I

٢ أسمنت رمادي CEM I 32.5N

٢,١ التعريف

أسمنت بورتلندي تقليدي رمادي، يُعرف بالرمز GRAY CEM I 32.5N، كما حددته المواصفة الأوروبية EN 197-1. يُعرّف الأسمنت بأنه رابط هيدروليكي، أي مادة غير عضوية مطحونة ناعماً، عند خلطها بالماء، تشكل عجينة تتصلب وتتصلد بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة، وتحتفظ بقوتها واستقرارها بعد التصلب حتى تحت الماء. يُصنف هذا النوع ضمن الفئة CEM I، والتي تتكون أساساً من الكلنكر البورتلندي، مع نسبة صغيرة جداً من المكونات الثانوية الإضافية.

الرمز "٣٢,٥" يشير إلى فئة مقاومة الضغط الدنيا بعد ٢٨ يوماً، أي لا تقل عن ٣٢,٥ ميجا باسكال، ويجب ألا تزيد مقاومة الضغط عن ٥٢,٥ ميجا باسكال.

الحرف "N" يدل على أن الأسمنت ذو مقاومة مبكرة عادية Normal Early Strength.

يجب أن يكون مجموع نسب أكسيد الكالسيوم التفاعلي CaO وثنائي أكسيد السيليكون التفاعلي SiO₂ في أسمنت CEM لا يقل عن ٥٠% بالكتلة.

٢,٢ التركيب

وفقاً للمواصفة EN 197-1، يتكون أسمنت CEM I 32.5N من الآتي:

• الكلنكر البورتلندي K: لا يقل عن ٩٥%.

○ الكلنكر هو مادة هيدروليكية تتكون من حرق خليط دقيق ومجهز من المواد الخام، مثل الحجر الجيري والطين، في فرن دوار.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- يجب أن يتكون الكلنكر من ثلثي كتلته على الأقل من سيليكات الكالسيوم، وأهمها Ca_3SiO_5 و Ca_2SiO_4 .
- يجب ألا تقل نسبة CaO/SiO_2 بالكتلة عن ٢,٠.
- يجب ألا يتجاوز محتوى أكسيد المغنيسيوم MgO في الكلنكر ٥,٠% بالكتلة.

• المكونات الثانوية الإضافية Minor Additional Constituents

MAC: لا تزيد عن ٥%.

- هي مواد معدنية غير عضوية طبيعية أو مشتقة من عملية إنتاج الكلنكر، أو مواد أخرى محددة في المواصفة، تُضاف لتحسين الخصائص الفيزيائية للأسمنت، مثل القابلية للتشغيل أو الاحتفاظ بالماء.
- يمكن أن تكون خاملة أو ذات خصائص هيدروليكية طفيفة، أو هيدروليكية كامنة، أو بوزولانية.
- يجب ألا تزيد بشكل ملحوظ من طلب الماء للأسمنت أو تضعف مقاومة الخرسانة أو المونة للتدهور، أو تقلل من حماية حديد التسليح من التآكل.

○ تشمل المكونات الثانوية المسموح بها:

- خبث الأفران العالية S
- غبار السيليكا D
- بوزولانا طبيعية P
- بوزولانا طبيعية مكلسنة Q
- رماد متطاير سيليسي V
- رماد متطاير كلسي W
- طفلة محروقة T

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- حجر جيرى L، بشرط أن تكون نسبة CaCO_3 فيه $\leq 75\%$.
- حجر جيرى نقي LL، بشرط أن تكون نسبة CaCO_3 فيه $\leq 75\%$ ومحتوى الكربون العضوي الكلي $\text{TOC} \leq 0.20\%$.

- **كبريتات الكالسيوم: Calcium Sulfate** تُضاف، عادة بنسبة ٣% إلى ٥%، للتحكم في زمن الشك. يمكن أن تكون جبساً وهو $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، أو هيمي هيدرات وهو $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ، أو أنهيدريت وهو CaSO_4 ، أو خليطاً منها.
- **المضافات الكيميائية: Additives** مواد تُضاف لتحسين عملية التصنيع أو خصائص الأسمنت، غير مشمولة في المكونات الرئيسية أو الثانوية أو كبريتات الكالسيوم.
 - يجب ألا تتجاوز الكمية الإجمالية ١,٠% من كتلة الأسمنت، باستثناء الأصباغ.
 - يجب ألا تتجاوز كمية المضافات العضوية، على أساس جاف، ٠,٥%.
 - يجب ألا تُشجع على تآكل حديد التسليح أو تضعف خصائص الأسمنت أو الخرسانة.

٢,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

القيم التالية إلزامية وفقاً للمواصفة EN 197-1 لهذا النوع:

- **المحددات الفيزيائية الإلزامية:**
 - مقاومة الضغط بعد ٧ أيام: $\leq 16,0$ ميجا باسكال.
 - مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً، وهي القوة القياسية: $\leq 32,5$ ميجا باسكال و $\geq 52,5$ ميجا باسكال.
 - زمن الشك الابتدائي: ≤ 75 دقيقة.
 - الثبات الحجمي أو التمدد: ≥ 10 ملم، باستخدام اختبار لوشاتلييه.
 - ملاحظة: لا يوجد متطلب إلزامي لمقاومة الضغط بعد يومين لفئة القوة N.
- **المحددات الكيميائية الإلزامية:**

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- ثالث أكسيد الكبريت $3.5\% \leq \text{SO}_3$ من الكتلة، لفئة القوة ٣٢,٥.
- الكلوريدات $0.10\% \leq \text{Cl}$ من الكتلة.
- الفقد عند الاشتعال $5.0\% \leq \text{L.O.I}$ من الكتلة. هذا الفحص يقيس درجة التكرين والإماهة المسبقة.
- البقايا غير القابلة للذوبان $5.0\% \leq \text{I.R}$ من الكتلة.
- أكسيد المغنيسيوم MgO لا يوجد حد مباشر على الأسمنت في المواصفة EN 197-1، ولكن محتواه في الكلنكر يجب ألا يتجاوز ٥,٠ % بالكتلة.

• تأثير ارتفاع ونقصان المحددات الإلزامية:

○ SO_3 :

- النقصان: قد يؤدي إلى شك سريع جداً أو خاطف. Flash Set.
- الزيادة ضمن المواصفة: تباطؤ طفيف في الشك، وربما انخفاض طفيف في القوة المبكرة.
- الزيادة فوق المواصفة: خطر تمدد غير سليم وتشققات بسبب تكوين الإترنجيت المتأخر، وانخفاض القوة النهائية.

○ الكلوريدات Cl :

- الزيادة: تزيد خطر تآكل حديد التسليح، وقد تسرع زمن الشك بشكل طفيف.

○ الفقد عند الاشتعال L.O.I :

- الزيادة: تشير إلى تكرين وإماهة مسبقة، مما يقلل فعالية الأسمنت ويخفض القوة.

○ البقايا غير القابلة للذوبان I.R :

- الزيادة: تشير إلى وجود مواد خاملة عالية، مما يقلل المكونات الفعالة ويخفض القوة.

○ أكسيد المغنيسيوم MgO في الكلنكر:

- الزيادة: يمكن أن يتبلور كـ "بيريكلاز" Periclase ، الذي يتميزه ببطء مسبباً تمدداً حجمياً كبيراً وتشققات بعد فترة طويلة، وهو ما يعرف بعدم الثبات الحجمي المتأخر.

٢,٤ الاستخدامات النموذجية

يُستخدم أسمنت CEM I 32.5N بشكل أساسي في التطبيقات التي لا تتطلب مقاومة مبكرة عالية جداً أو خصائص متانة خاصة. تشمل الاستخدامات الشائعة:

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- المونة أو الملاط لأعمال البناء بالطوب واللياسة الداخلية والخارجية.
- الخرسانة العادية وغير المسلحة أو خفيفة التسليح، مثل الأساسات البسيطة، الممرات، الأرضيات المنزلية، وأعمال الفرش.
- العناصر الخرسانية مسبقة الصب الصغيرة التي لا تتطلب فك قوالب سريع، مثل البلوك الأسمنتي، بلاط الأرصفة، وحواف الأرصفة.
- تثبيت التربة وتطبيقات الطرق غير الإنشائية.

٢,٥ الفوائد والمميزات

بناءً على التقييم واستخداماته، يمكن استنتاج الفوائد التالية:

- **اقتصادي:** تكلفة إنتاج معقولة مقارنة بدرجات CEM I الأعلى قوة أو الأسمنتات المتخصصة.
- **سهل التشغيل:** نعومة معتدلة تساهم في قابلية تشغيل جيدة.
- **متعدد الاستخدامات في الأعمال العامة:** مناسب لمجموعة واسعة من التطبيقات غير الإنشائية أو ذات الأحمال الخفيفة.
- **حماية جيدة ضد تآكل حديد التسليح من الكلوريدات الموجودة في الأسمنت نفسه:** بسبب الحد الأقصى المنخفض جدًا للكلوريدات وهو $\geq 0.1\%$.

٢,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- **المقاومة للكبريتات:** ★☆☆☆☆ نجمة واحدة
 - مقاومة محدودة إلى متوسطة.
- **المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة:** ★★★★★ ثلاث نجوم
 - معدل توليد حرارة معتدل.
- **قوة الضغط المبكرة:** ★★★★★☆ نجمتان
 - تطور قوة طبيعي N.
- **النعومة: Fineness:** ★★★★★☆ ثلاث نجوم
 - نعومة معتدلة، عادة ٣١٠٠-٣٥٠٠ سم²/جم.
- **البصمة الكربونية:** ★☆☆☆☆☆ نجمة واحدة
 - مرتفعة بسبب النسبة العالية جدًا من الكلنكر، أكثر من ٩٥%.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم**
 - تكلفة إنتاج أعلى من CEM II بسبب الكلنكر، ولكن قد تكون أقل من درجات CEM I الأعلى.
- **الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - أداء أساسي جيد للتطبيقات العامة بتكلفة معقولة.
- **سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - تقنية إنتاج راسخة ومتوفرة، على الرغم من تزايد استخدام CEM II.
- **تأثير النوع على عمر المشروع - المتانة: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم**
 - يوفر متانة جيدة في الظروف العادية، قد يتطلب احتياطات في البيئات القاسية.
- **محتوى المواد الضارة - الكلوريدات: ★★★★★ خمس نجوم**
 - حد أقصى إلزامي منخفض جدًا للكلوريدات، وهو $\geq 0.1\%$.
- **الاستخدام الأمثل: ★★★★★ خمس نجوم**
 - المونة أو الملاط للأغراض العامة مثل البناء واللياسة، والخرسانة غير الإنشائية أو ذات الأحمال الخفيفة. في هذه التطبيقات تتوافق خصائص الأسمنت - القوة المعتدلة، التصلب الطبيعي، قابلية التشغيل الجيدة المفترضة، التكلفة المعقولة - تمامًا مع المتطلبات، دون الحاجة لدفع تكلفة إضافية لقوة أعلى أو تصلب أسرع أو خصائص خاصة غير ضرورية.

ممتاز! لنكمل على نفس المنوال، مع الحرص الشديد على عدم استخدام أي أقواس وتطبيق كافة التوجيهات السابقة.

٣ أسمنت رمادي CEM I 32.5R

٣,١ التعريف

يُعرف الأسمنت بشكل عام، وفقاً للمواصفة الأوروبية EN 197-1، بأنه مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة طحناً ناعماً، عند خلطها بالماء، تشكل عجينة تتصلب وتكتسب قساوة بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة، وبعد تصلبها، تحتفظ بقوتها وثباتها حتى تحت الماء. الخاصية "الهيدروليكية" هي جوهر وظيفة الأسمنت. يُشترط في أسمنت CEM المطابق للمواصفة EN 197-1 أنه عند خلطه بشكل مناسب مع الركام والماء، يكون قادراً على إنتاج خرسانة أو مونة تحتفظ بقابليتها للتشغيل لفترة كافية، وتحقق مستويات مقاومة محددة، بالإضافة إلى امتلاكها ثباتاً حجمياً طويل الأمد. يعود التصلب الهيدروليكي لأسمنت CEM بشكل أساسي إلى إماهة سيليكات الكالسيوم. يجب أن يكون مجموع نسب أكسيد الكالسيوم الفعال CaO وثاني أكسيد السيليكون الفعال SiO_2 في أسمنت CEM على الأقل ٥٠٪ بالكتلة.

يُصنف الأسمنت CEM I 32.5R ضمن فئة الأسمنت البورتلندي العادي CEM I، مما يعني أنه يحتوي على أعلى نسبة من الكلنكر البورتلندي K، حيث تبلغ ٩٥٪ على الأقل من كتلته مقارنة بأنواع الأسمنت الأخرى. تشير علامة "٣٢,٥" إلى فئة مقاومة الضغط، وتعني أن الحد الأدنى لمقاومة الضغط القياسية لمونة الأسمنت بعد ٢٨ يوماً يجب ألا يقل عن ٣٢,٥ ميجا باسكال MPa، وألا يتجاوز ٥٢,٥ ميجا باسكال. الحرف "R" هو اختصار لكلمة "Rapid" أي سريع، ويشير إلى أن هذا الأسمنت يتمتع بمقاومة مبكرة عالية High Early Strength، مما يميزه عن أسمنت فئة "N" الذي التصلب العادي Normal hardening.

٣,٢ التركيب

وفقاً للمواصفة EN 197-1، يتكون أسمنت CEM I 32.5R من الآتي:

- الكلنكر البورتلندي K: لا يقل عن ٩٥٪ من كتلته.
- يُصنع الكلنكر عن طريق تلييد خليط محدد بدقة من المواد الخام، وهي وجبة خام أو عجينة أو ملاط، تحتوي على عناصر مثل CaO ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، و Fe_2O_3 .

- يجب أن يتكون الكلنكر من ثلثي كتلته على الأقل من سيليكات الكالسيوم، أساسًا الأليت C_3S والبيليت C_2S .
- يجب ألا تقل نسبة CaO/SiO_2 بالكتلة عن ٢,٠.
- يجب ألا يتجاوز محتوى أكسيد المغنيسيوم MgO في الكلنكر ٥,٠% بالكتلة.

• المكونات الثانوية الإضافية Minor Additional Constituents

MACs: لا تزيد عن ٥% من مجموع كتلتي الكلنكر والمكونات الثانوية.

- هي مواد معدنية غير عضوية طبيعية أو مشتقة من عملية إنتاج الكلنكر، أو مكونات أخرى محددة، تُستخدم لتحسين بعض الخصائص الفيزيائية للأسمنت، مثل قابلية التشغيل أو الاحتفاظ بالماء.
- يمكن أن تكون خاملة أو ذات خصائص هيدروليكية طفيفة، أو هيدروليكية كامنة، أو بوزولانية.
- يجب ألا تزيد طلب الأسمنت للماء، أو تضعف مقاومة الخرسانة، أو تقلل حماية حديد التسليح.
- تشمل هذه المكونات: خبث الأفران العالية S ، غبار السيليكا D ، البوزولانا الطبيعية P ، البوزولانا الطبيعية المحروقة Q ، الرماد المتطاير السيلييسي V ، الرماد المتطاير الكلسي W ، الطفلة المحروقة T ، الحجر الجيري L بنسبة $CaCO_3 \geq 75\%$ ، والحجر الجيري النقي LL بنسبة $CaCO_3 \geq 75\%$ ومحتوى كربون عضوي كلي $TOC \leq 0.20\%$.

• كبريتات الكالسيوم Calcium Sulfate: تُضاف، عادة بنسبة ٣% إلى

- ٥%، إلى المكونات الأخرى أثناء التصنيع للتحكم في الشك.
- يمكن أن تكون جبسًا وهو $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ، أو هيميهيدرات وهو $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ ، أو أنهيدريت وهو $CaSO_4$ ، أو أي خليط منها.
- تعمل على تنظيم تفاعل ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A مع الماء لمنع الشك السريع جدًا Flash Set.

• المضافات الكيميائية Additives:

- تُضاف لتحسين عملية التصنيع أو خصائص الأسمنت، بنسبة لا تتجاوز ١% بالكتلة من الأسمنت. المضافات العضوية لا تتجاوز ٥,٠% على أساس جاف.
- أمثلة شائعة: مساعدات الطحن Grinding aids.

- يجب ألا تعزز تآكل حديد التسليح أو تضعف خصائص الأسمنت أو الخرسانة.

٣,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

القيم التالية إلزامية وفقاً للمواصفة EN 197-1 لهذا النوع:

• المحددات الفيزيائية والميكانيكية الإلزامية:

- مقاومة الضغط بعد يومين: $10 \leq$ ميجا باسكال MPa. هذا المتطلب هو السمة المميزة لفئة " R" ضمن فئة القوة ٣٢,٥.
- مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً: $32,5 \leq$ ميجا باسكال و $52,5 \geq$ ميجا باسكال.
- زمن الشك الابتدائي: $75 \leq$ دقيقة، مقاس بجهاز فيكات.
- الثبات الحجمي أو التمدد: $10 \geq$ ملم، مقاس باختبار لو شاتلييه.
- **النعومة: Fineness** خاصية هامة ولكن لا يوجد حد رقمي إلزامي عام في المواصفة، تعتمد على الأداء.
- يميل أسمنت " R" لأن يكون مطحوناً بدرجة نعومة أعلى مقارنة بأسمنت " N" للمساهمة في تسريع الإماهة وتطور القوة المبكرة. النعومة العالية قد تزيد حرارة الإماهة والطلب على الماء والانكماش اللدن.
- القيم النموذجية لأسمنت " R" قد تكون في نطاق ٣٥٠٠ إلى ٤٠٠٠ سم²/جم بطريقة بلين.

• المحددات الكيميائية الإلزامية:

- ثالث أكسيد الكبريت $3.5\% \leq$ SO₃ من الكتلة. بعض المواصفات قد تسمح بـ ٤,٠% لأنواع خاصة.
- محتوى الكلوريدات $0.10\% \leq$ Cl⁻ من الكتلة. يهدف لحماية حديد التسليح.
- أكسيد المغنيسيوم $5.0\% \leq$ MgO من الكتلة. ينطبق أيضاً على الكلنكر لمنع التمدد غير السليم طويل الأمد.
- الفقد عند الاشتعال $5.0\% \leq$ L.O.I من الكتلة. يقيس الماء المرتبط كيميائياً وثاني أكسيد الكربون الناتج عن التكرين أو الحجر الجيري كمكون ثانوي.

○ البقايا غير القابلة للذوبان $I.R: \leq 5.0\%$ من الكتلة. تمثل المواد الخاملة أو الشوائب السيليسية غير المتفاعلة.

• تأثير زيادة ونقصان المحددات الإلزامية على خصائص الأسمنت والخرسانة:

○ SO_3 :

- النقصان عن الحد الأمثل: قد يؤدي إلى "شك خاطئ" False Set أو "شك سريع جدًا" Flash Set، وصعوبة في استخدام الخرسانة، وضعف في تطور القوة المبكرة.
- الزيادة عن الحد الأقصى $3,5\%$: خطر "تكوين الإترنجيت المتأخر" DEF مسببًا تمدد وتشققات، وانخفاض في القوة النهائية.

○ الكلوريدات: Cl^-

- النقصان: لا يوجد تأثير سلبي معروف، بل هو أفضل لمتانة الخرسانة المسلحة.
- الزيادة عن الحد الأقصى $0,1\%$: زيادة كبيرة ومباشرة في خطر تآكل حديد التسليح، وكسر الطبقة الواقية عليه، مما يؤدي لتكون الصدأ، تشقق الخرسانة، وتقليل العمر التشغيلي للمنشأ.

○ أكسيد المغنيسيوم: MgO

- النقصان: لا يُعرف أن له تأثير سلبي.
- الزيادة عن الحد الأقصى $5,0\%$ ، خاصة كبورات بيريكلاز كبيرة بطيئة التفاعل: تمدد غير سليم للخرسانة على المدى الطويل قد يستغرق أشهراً أو سنوات نتيجة إماهة البيريكلاز البطيئة وتحوله إلى هيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$ ، مسببًا تشققات وتدهور.

○ الفقد عند الاشتعال: $L.O.I$

- النقصان: يشير إلى أن الأسمنت طازج ولم يتعرض للتكرين أو الإماهة المسبقة بشكل كبير، وهذا إيجابي.
- الزيادة عن الحد الأقصى $5,0\%$: يشير إلى تكرين الأسمنت، أي تفاعل CaO مع CO_2 لتكوين $CaCO_3$ الخامل نسبيًا، أو إماهة مسبقة للأسمنت، أي تفاعل جزء منه مع الرطوبة، مما يقلل كمية المركبات الفعالة ويضعف الأداء وتطور القوة.

قد يشير أيضاً لوجود كمية زائدة من الحجر الجيري الناعم غير المحسوب.

○ البقايا غير القابلة للذوبان I.R:

- النقصان: يدل على درجة نقاوة أعلى للمكونات الأسمنتية المتفاعلة.
- الزيادة عن الحد الأقصى ٥,٠%: تعني وجود كمية أكبر من المواد الخاملة أو الشوائب السيليسية التي لا تساهم في المقاومة، مما "يخفف" تركيز المركبات الفعالة ويقلل الكفاءة.

٣,٤ الاستخدامات النموذجية

يتميز أسمنت CEM I 32.5R بخصائص تجعله مناسباً لمجموعة متنوعة من التطبيقات الإنشائية، خاصة تلك التي تستفيد من سرعة تطور قوته المبكرة:

- **الخرسانة مسبقة الصب Precast Concrete:** يعتبر هذا التطبيق هو الأمثل. القوة المبكرة العالية تسمح بفك القوالب مبكراً، وزيادة معدل دوران استخدام القوالب، ومناولة ونقل العناصر المنتجة بعد فترة قصيرة، مما يسرع الإنتاج ويحسن اقتصاديات المصنع.
- **أعمال الخرسانة في الطقس البارد Cold Weather Concreting:** تفاعله الأسرع ومعدل توليده للحرارة الأعلى في البداية يساعد في تعويض تباطؤ تفاعلات الإماهة بسبب البرودة، والحفاظ على درجة حرارة الخرسانة، واكتساب قوة كافية لمقاومة أضرار الصقيع مبكراً.
- **أعمال الإصلاح السريع Rapid Repair Works:** مناسب لإصلاح الطرق، الجسور، مدارج المطارات حيث يكون الوقت حاسماً، فقوته المبكرة تقلل وقت التوقف عن الخدمة.
- **الخرسانة الجاهزة للأغراض العامة** حيث تكون القوة المبكرة مرغوبة: يمكن أن يساعد في تسريع وتيرة البناء بالانتقال للمراحل التالية أسرع.
- **صناعة البلاط الأسمنتي والطوب الأسمنتي والمنتجات الأسمنتية الصغيرة:** تسهل القوة المبكرة عمليات المناولة والتخزين للمنتجات بعد وقت قصير من الإنتاج.
- **أعمال الجص والمونة التي تتطلب تصلباً سريعاً:** لتقليل زمن الانتظار قبل تطبيق الطبقات التالية.

بناءً على التقييم واستخداماته، يمكن استنتاج الفوائد التالية:

- **تطور قوة مبكرة عالية:** الميزة الرئيسية، تتيح فك قوالب أسرع، تحميل مبكر، وتسريع وتيرة المشاريع.
- **مناسب للطقس البارد:** حرارة الإماهة المتولدة تساعد في مقاومة تأثير درجات الحرارة المنخفضة.
- **كفاءة في إنتاج الخرسانة مسبقة الصب:** يقلل دورات الإنتاج ويحسن اقتصاديات المصانع.
- **تقليل وقت الإصلاحات:** يسمح بإعادة فتح المنشآت للخدمة بسرعة.
- **محتوى منخفض من الكلوريدات:** يوفر حماية جيدة لحديد التسليح، حسب المواصفة $\geq 0.1\%$.

٣,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- **المقاومة للكبريتات: ★★★★★** ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ نجمتان
 - مقاومة محدودة إلى متوسطة ما لم يصمم خصيصاً لذلك.
- **المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★** ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ثلاث نجوم
 - يميل لتوليد حرارة إماهة أعلى وبمعدل أسرع بسبب محتواه العالي من الكلنكر وخاصة "R" التقييم في الكتاب يبدو أنه يعكس "معدل حرارة الإماهة والنشاط المبكر" حيث أعطاه نجمتين فقط، مشيراً إلى أنه غير مرغوب في الصبات الكبيرة.
- **قوة الضغط المبكرة: Early strength: ★★★★★** خمس نجوم
 - السمة "R" تعني تصميم لتحقيق قوة مبكرة عالية.
- **النعومة: Fineness: ★★★★★** ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ثلاث نجوم
 - يميل لأن يكون مطحوناً بدرجة نعومة أعلى للمساهمة في القوة المبكرة، مع توازن لتجنب مشاكل مفرطة.
- **البصمة الكربونية: Carbon Footprint: ★★★★★** ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ نجمة واحدة
 - بصمة كربونية عالية بسبب النسبة العالية جداً من الكلنكر، أكثر من ٩٥%.

- **الكلفة الاقتصادية - تكلفة الإنتاج: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم**
 - تكلفة إنتاج أعلى من الأسمنت المخلوط، الطحن الإضافي لـ " R قد يزيد التكلفة قليلاً.
- **الكلفة مقابل الأداء: Cost vs. Performance: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - أدائه في القوة المبكرة يمكن أن يوفر تكاليف كبيرة في الموقع مما يعوض التكلفة الأولية.
- **سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - عملية إنتاج قياسية ومواد خام متوفرة، يعتبر سهل التوفر.
- **تأثير النوع على عمر المشروع - المتانة: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم**
 - يوفر متانة جيدة في الظروف العادية، الأسمنت المخلوط قد يكون أفضل في الظروف القاسية.
- **محتوى المواد الضارة - الكلوريدات: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - حد أقصى صارم للكلوريدات $\geq 0.1\%$. ملاحظة: الكتاب أعطى ٥ نجوم للنوع N ٣٢,٥ لنفس محتوى الكلوريدات.
- **الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ: CEM I 32.5R**
 - الخرسانة مسبقة الصب: Precast Concrete هذا التطبيق يعتبر الأمثل، حيث أن القوة المبكرة العالية تسمح بفك القوالب بسرعة، وزيادة معدل دوران استخدام القوالب، ومناولة ونقل العناصر المنتجة بعد فترة قصيرة، مما يسرع عملية الإنتاج الكلية ويحسن اقتصاديات المصنع.

ممتاز! لنواصل تفريغ بقية أنواع الأسمنت بنفس المنهجية والحرص على تجنب الأقواس تمامًا.

٤ أسمنت رمادي CEM I 42.5N

٤,١ التعريف

يُعرف أسمنت بورتلاند الرمادي من النوع CEM I 42.5N بأنه مادة رابطة هيدروليكية، تتفاعل كيميائياً مع الماء، وهي عملية الإماهة، لتشكل عجينة تتصلب وتكتسب مقاومة ومتانة، وتحافظ على هذه الخصائص حتى تحت الماء. يتم إنتاجه وفقاً للمواصفة الأوروبية EN 197-1. يُعد مكوناً جوهرياً في تحضير الخرسانة والملاط ويستخدم في مختلف مجالات الهندسة المدنية والإنشاءات.

دلالات الرموز وفقاً للمواصفة: EN 197-1

- **CEM I:** يشير إلى أن الأسمنت ينتمي للفئة الرئيسية الأولى "أسمنت بورتلندي"، ويتميز بمحتوى كلنكر بورتلندي لا يقل عن ٩٥% من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية.
- **42.5:** يمثل رتبة مقاومة الانضغاط الدنيا للأسمنت بعد ٢٨ يوماً، أي $\leq 42,5$ ميجا باسكال، والحد الأقصى هو ٦٢,٥ ميجا باسكال.
- **N:** يشير إلى أن الأسمنت يتمتع بمعدل "مقاومة مبكرة عادية" Normal Early Strength، ويكتسب قوته بشكل أكثر تدريجياً في الأيام الأولى مقارنة بالنوع "R" السريع Rapid Early Strength، مما ينعكس عادةً في انبعاث حرارة إماهة أقل. هذا التطور التدريجي للقوة غالباً ما يكون مصحوباً بانبعاث حراري أبطأ وأقل كثافة، مما يجعل أسمنت النوع "N" خياراً مفضلاً في صب العناصر الخرسانية ذات الحجم الكبير أو في الأجواء الحارة.

إن اعتماد هذا النوع من الأسمنت على المواصفة EN 197-1 يعني أنه قد استوفى مجموعة محددة وصارمة من المتطلبات المتعلقة بتركيبه وخصائصه، مما يمنح المستخدمين ثقة في جودته واتساق أدائه.

٤,٢ التركيب

وفقاً للمواصفة EN 197-1، يتألف أسمنت CEM I 42.5N بشكل أساسي من:

- **الكلنكر البورتلندي: K - Portland Cement Clinker** لا يقل عن ٩٥% من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- ينتج الكلنكر عن طريق حرق خليط متجانس من مواد خام، أساسها الحجر الجيري والطين، عند حوالي ١٤٥٠ درجة مئوية.
- يتكون بشكل أساسي من أربعة مركبات بلورية رئيسية:
- أليت Ca_3SiO_5 أو C_3S يساهم بشكل رئيسي في القوة المبكرة والنهائية.
- بيليت Ca_2SiO_4 أو C_2S يتفاعل أبطأ، مساهمًا في القوة على المدى الطويل.
- ألومينات ثلاثي الكالسيوم $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ أو C_3A يتفاعل بسرعة، يساهم في الشك الأولي وحرارة الإماهة المبكرة، ويؤثر على مقاومة الكبريتات.
- ألومنيوم حديد رباعي الكالسيوم $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2\text{O}_5$ أو C_4AF : يساهم بشكل أقل في القوة، يؤثر على لون الأسمنت.

• المكونات الإضافية الثانوية Minor Additional Constituents

- MACs:** لا تتجاوز ٥% بالكتلة من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية.
- مواد معدنية غير عضوية طبيعية أو مشتقة من عملية إنتاج الكلنكر أو مواد أخرى مسموح بها.
 - الغرض منها تحسين بعض الخصائص الفيزيائية، مثل قابلية التشغيل أو الاحتفاظ بالماء.
 - تشمل الأمثلة: الحجر الجيري L أو LL، الرماد المتطاير V أو W، خبث الأفران العالية S، دخان السيليكا D، البوزولانا الطبيعية P، البوزولانا الطبيعية المكلسنة Q، والصخر الزيتي المحروق T.
 - عند استخدام الحجر الجيري، هناك متطلبات تتعلق بمحتوى الكربون العضوي الكلي: TOC الرمز " " LL يعني محتوى $\text{TOC} \leq$ 0.20%، والرمز " " L يعني محتوى TOC بين 0.20% و 0.50%.

- الجبس - كبريتات الكالسيوم $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ يُضاف إلى الكلنكر أثناء الطحن، عادة بنسبة ٣-٥%، لتنظيم زمن الشك ومنع "الشك الومضي"
- Flash Setting الناتج عن التفاعل السريع لمركب C_3A يعمل الجبس عن طريق تكوين طبقة واقية من الإترنجيت حول حبيبات C_3A

وفقاً للمواصفة EN 197-1 والمصادر المقدمة في كتابك:

• المحددات الفيزيائية والميكانيكية الإلزامية:

◦ مقاومة الانضغاط:

- المقاومة المبكرة بعد يومين: $10,0 \leq$ ميجا باسكال. القيم النموذجية قد تكون أعلى: ١٣,٥ ، ١٩,٥ ، ٢٠,٥٥ ميجا باسكال، أو حتى ٢٧ ميجا باسكال لأنواع خاصة مقاومة للكبريتات.
- المقاومة القياسية بعد ٢٨ يوماً: $42,5 \leq$ ميجا باسكال و $\geq 62,5$ ميجا باسكال.

◦ زمن الشك، بجهاز فيكات:

- زمن الشك الابتدائي: $60 \leq$ دقيقة، لفئة القوة ٤٢,٥ N. القيم النموذجية الفعلية عادة بين ١٤٠-١٩٠ دقيقة.
- زمن الشك النهائي: لا يوجد حد إلزامي مباشر في المواصفة لمعظم الأنواع، ولكن القيم النموذجية تتراوح بين ٢٠٠-٢٥٠ دقيقة، أي حوالي ٤-٥ ساعات، وقد تصل إلى ٤٢٠ دقيقة كحد أقصى في بعض المصادر.

◦ الثبات الحجمي - تمدد لوشاتلييه: ≥ 10 ملم.

• خصائص فيزيائية اختيارية، هامة ولكنها ليست إلزامية دائماً في المواصفة:

◦ النعومة: Fineness

- تقاس بمساحة السطح النوعية، طريقة بلين، سم²/جم أو م²/كجم، أو بالبقايا على مناخل محددة.
- القيم النموذجية لبلين لأسمنت CEM I 42.5N تتراوح عادة بين ٣٠٠٠ إلى ٤٥٠٠ سم²/جم، أي ٣٠٠ إلى ٤٥٠ م²/كجم. أمثلة: ٣٣٧٠ سم²/جم، أو ٣٢٠٠-٣٣٠٠ سم²/جم، أو ٣١٠-٣٣٠ م²/كجم. أسمنت النوع "R" عادة أنعم.

◦ حرارة الإماهة: Heat of Hydration

- لا يوجد حد إلزامي لـ CEM I 42.5N القياسي ما لم يصنف كـ "LH" أي أسمنت منخفض حرارة الإماهة.

- أسمنت النوع " N " يتميز بانبعث حرارة أقل وتطور أبطأ للحرارة مقارنة بالنوع " R ".
- القيم النموذجية لـ CEM I 42.5R، وهي أعلى من N، بعد ٧ أيام: ٣٢٥-٣٧٥ جول/جرام. يتوقع أن تكون قيم CEM I 42.5N في هذا النطاق أو أقل قليلاً. مثال: ٣٠٣ جول/جرام لـ CEM I 42.5 N-SR3 MH/LA.
- **المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ: EN 197-1**
 - محتوى ثالث أكسيد الكبريت $\leq 3.5\%$: SO_3 بالكتلة. بعض المواصفات الأحدث قد تسمح بـ $\geq 4,0\%$ لجميع الأنواع الشائعة.
 - محتوى الكلوريد $\leq 0.10\%$: Cl^- بالكتلة.
 - محتوى أكسيد المغنيسيوم $\leq 5.0\%$: MgO بالكتلة.
 - فقدان بالحرق $\leq 5.0\%$: LOI بالكتلة.
 - المواد غير القابلة للذوبان $\leq 5.0\%$: IR بالكتلة، لأسمنت CEM I الذي قد يحتوي على مكونات إضافية ثانوية.
 - محتوى ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A لا يوجد حد مباشر في المواصفة لـ CEM I 42.5N القياسي، غير المقاوم للكبريتات. محتواه النموذجي في الكلنكر البورتلندي العادي يتراوح بين ٧% و ١٢% تقريباً. الأنواع المقاومة للكبريتات SR لها حدود قصوى لـ C_3A .
- **تأثير انحرافات الحدود الكيميائية:**
 - **SO_3 ثالث أكسيد الكبريت:**
 - زيادة المحتوى: إذا تجاوز الحد الأمثل، مع الالتزام بحد المواصفة ٣,٥-٤,٠%، قد يسبب "التمدد الكبريتاتي المتأخر" DEF خاصة مع حرارة معالجة مرتفعة، مما يؤدي لتشققات وتقليل المتانة. دراسات تشير إلى أن تجاوز ٣,٥% يزيد خطر DEF.
 - نقصان المحتوى: يؤدي لعدم تنظيم إمالة C_3A بشكل فعال، مما يسبب "شك خاطئ" False Set أو "شك ومضي" Quick Set/Flash Set، ويؤثر سلباً على تطور القوة وقابلية التشغيل.
 - **Cl^- الكلوريد:**

- زيادة المحتوى، تجاوز ١٠,٠%: يساهم بشكل كبير في بدء تآكل حديد التسليح، حيث يخترق الكلوريد الطبقة الواقية للحديد. الصدأ الناتج يحتل حجمًا أكبر مسببًا إجهادات وتشققات. في تركيزات عالية جدًا، قد يسبب تمدد وتشققات في الخرسانة نفسها نتيجة تكوين أملاح الكلوروأوكسي كالسيوم المتمددة. مركبات الألمنيوات $C_3 A$ و $C_4 AF$ تربط جزءًا من الكلوريد مكونة ملح فريدل، لكن هذه القدرة محدودة.
- **MgO أكسيد المغنيسيوم:**

- زيادة المحتوى، تجاوز ٥,٠%، خاصة كـ Periclase يتسبب في تمدد غير سليم للخرسانة على المدى الطويل، شهور أو سنوات، نتيجة إماهة بطيئة للبيريكلاز وتحوله لـ Brucite أو $Mg(OH)_2$ مع زيادة في الحجم، مما يؤدي لتشققات.
- نقصان المحتوى: لا يعتبر مشكلة. وجود كميات صغيرة مناسبة قد يسهل تكوين $C_3 S$.

○ **LOI الفقدان بالحرق:**

- زيادة القيمة، تجاوز ٥,٠%: يشير إلى "إماهة مسبقة" Prehydration بسبب سوء التخزين أو "تكرين" Carbonation بسبب التعرض لـ CO_2 كلتا العمليتين تستهلكان جزءًا من المركبات الفعالة، مما يقلل القوة. قد يشير أيضًا إلى غش أو تلوث بمواد عضوية.
- نقصان القيمة: مؤشر جيد على أن الأسمنت طازج ومخزن بشكل صحيح.

○ **IR المواد غير القابلة للذوبان:**

- زيادة المحتوى، تجاوز ٥,٠% لـ CEM I مع إضافات: مؤشر على وجود مواد خاملة أو شوائب، مثل رمل أو طين زائد، لا تساهم في القوة، بل تقلل تركيز المكونات الفعالة وتخفض المقاومة.
- نقصان المحتوى: يشير لدرجة نقاء أعلى.

٤,٤ الاستخدامات النموذجية

يتمتع أسمنت CEM I 42.5N بخصائص متوازنة تجعله مناسبًا لمجموعة واسعة من التطبيقات الإنشائية، ولكنه غير مناسب لبعض الظروف الخاصة.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **الأعمال الإنشائية العامة والخرسانة العادية والمسلحة:** الخيار الأساسي للإنشاءات التي لا تتعرض لظروف بيئية قاسية أو لا تتطلب خصائص خاصة جدًا، مثل مقاومة عالية للكبريتات أو حرارة إمالة منخفضة للغاية.
- **المباني السكنية والتجارية متعددة الطوابق:** يستخدم بكفاءة في الهياكل الخرسانية، مثل الأعمدة، الكمرات، البلاطات، الأساسات، والجدران الحاملة.
- **الخرسانة مسبقة الصب: Precast Concrete Elements:** مناسب لإنتاج وحدات خرسانية جاهزة، مثل البلوكات، بلاط الأرصفة، الأنابيب، أعمدة الإنارة، والعناصر الإنشائية غير المسلحة أو المسلحة بشكل خفيف، التي لا تتطلب فك قوالب فائق السرعة.
- **بعض تطبيقات البنية التحتية:** يمكن استخدامه في الطرق الخرسانية، الأرصفة، الجسور الصغيرة، والأنفاق التي لا تتعرض لبيئات كيميائية عدوانية ولا تتطلب حرارة إمالة منخفضة جدًا.
- **أعمال اللياسة Plastering والملاط Mortar والأرضيات Flooring:** يستخدم بشكل شائع في تحضير الملاط لهذه الأعمال.
- **تثبيت التربة Soil Stabilization:** يمكن استخدامه لتحسين خواص التربة وزيادة قدرتها على تحمل الأحمال.

٤,٥ الفوائد والمميزات

بناءً على خصائصه وتقييماته:

- **قوة نهائية موثوقة وعالية نسبيًا:** ٤٢,٥ - ٦٢,٥ ميجا باسكال، مناسبة لمعظم التطبيقات الإنشائية.
- **تطور قوة مبكرة معتدل: Normal:** يقلل من معدل انبعاث حرارة الإمالة، مما يحد من الإجهادات الحرارية المبكرة والتشققات، خاصة في العناصر متوسطة الحجم أو في الأجواء المعتدلة إلى الحارة.
- **تكلفة اقتصادية معقولة وتوفر واسع:** يجعله خيارًا جذابًا للمشاريع ذات الميزانيات المحدودة دون التضحية بالجودة الأساسية.
- **متانة جيدة في الظروف البيئية العادية:** عند تصميم الخرسانة وتنفيذها ومعالجتها بشكل صحيح.
- **قابلية تشغيل جيدة للخرسانة الطازجة:** يسهل عمليات الخلط والنقل والصب والدمك.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- محتوى منخفض من الكلوريدات: $\geq 0.1\%$ ، يوفر حماية جيدة لحديد التسليح.

٤,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- مقاومة الانضغاط النهائية: ★★★★★ ☆ ٤,٥ نجوم
 - قوة قياسية ممتازة ٤٢,٥-٦٢,٥ ميجا باسكال.
- تطور المقاومة المبكرة: ★★★★★ ☆ ٣ نجوم
 - النوع N""، تطور قوة معتدل، ≤ 10 ميجا باسكال بعد يومين.
- قابلية التشغيل: ★★★★★ ☆ ٤ نجوم
 - يوفر قابلية تشغيل جيدة، ويتوافق جيداً مع الإضافات الكيميائية.
- المتانة العامة والعمر الافتراضي للمنشأ: ★★★★★ ☆ ٣,٥ نجوم
 - متانة جيدة في البيئات غير العدوانية، تقل في البيئات القاسية.
- مقاومة الكبريتات: ★★★★★ ☆ ٢ نجوم
 - مقاومة منخفضة إلى متوسطة للنوع القياسي.
- حرارة الإماهة: ★★★★★ ☆ ٣ نجوم
 - النوع N""، انبعاث حرارة معتدل، أقل من النوع R"".
- البصمة الكربونية / الأثر البيئي: ★★★★★ ☆ ١ نجمة
 - الأعلى بين أنواع الأسمنت بسبب نسبة الكلنكر العالية ٩٥-١٠٠%.
- التكلفة الاقتصادية والتوفر: ★★★★★ ☆ ٥ نجوم
 - من أكثر الأنواع شيوعاً وتوفرًا، سعره تنافسي.
- السلامة والصحة: ★★★★★ ☆ ٣ نجوم
 - يتطلب إجراءات سلامة عند التعامل معه كأى أسمنت بورتلندي، مثل تهيج وغبار. يتم التحكم في الكروم السداسي.
- تعددية الاستخدام: ★★★★★ ☆ ٤ نجوم
 - مناسب لمجموعة واسعة من التطبيقات العامة والقياسية.
- الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ: CEM I 42.5N
 - الخرسانة المسلحة للهياكل الإنشائية في المباني السكنية والتجارية القياسية.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- يوفر توازنًا مثاليًا بين القوة النهائية الموثوقة وتطور القوة المبكرة المعتدل، مما يقلل من معدل انبعاث حرارة الإماهة ويحد من التشققات.
- تكلفة اقتصادية معقولة وتوفر واسع.
- متانة جيدة في الظروف العادية وقابلية تشغيل جيدة.
- تشير بعض المصادر لإمكانية استخدامه حتى في المباني الشاهقة.

• موانع الاستخدام أو يتطلب احتياطات خاصة:

- الأعمال البحرية أو الخرسانة المعرضة لمياه البحر، بسبب الكلوريدات والكبريتات.
- البيئات ذات المحتوى العالي من الكبريتات.
- الخرسانة الكتلية Mass Concrete التي تتطلب حرارة إماهة منخفضة جدًا، يفضل CEM III أو CEM IV أو CEM V.
- الأعمال في المياه ذات الملوحة العالية.

ممتاز. سنوات بنفس الدقة والالتزام بالتنسيق الخالي من الأخطاء.

٥ أسمنت رمادي أسود CEM I 42.5R

٥,١ التعريف

أسمنت بورتلاند الرمادي CEM I 42.5R هو مادة رابطة هيدروليكية تتصلب وتتصلد عند تفاعلها مع الماء، وتحافظ على قوتها ومتانتها حتى تحت الماء. يُنتج بشكل أساسي عن طريق طحن الكلنكر البورتلندي مع كمية مناسبة من الجبس لتنظيم زمن الشك، ويتوافق مع المواصفة الأوروبية EN 197-1.

دلالات الرموز وفقًا للمواصفة: EN 197-1

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **CEM I:** يشير إلى أنه "أسمنت بورتلندي نقي"، حيث يشكل الكلنكر البورتلندي ما لا يقل عن ٩٥% من كتلة الأسمنت، باستثناء الجبس والمكونات الإضافية الثانوية المسموح بها بنسب ضئيلة.
 - **42.5:** يدل على الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط القياسية المطلوبة للأسمنت بعد ٢٨ يومًا، وهي $\leq 42,5$ ميجا باسكال، والحد الأقصى هو ٦٢,٥ ميجا باسكال.
 - **R:** يشير إلى كلمة "Rapid" أي سريع، ويعني أن الأسمنت يتمتع بمقاومة مبكرة عالية High Early Strength بعد يومين من الخلط والمعالجة. هذه الخاصية تجعله مناسبًا للتطبيقات التي تتطلب سرعة في الإنجاز.
- إن التسمية الموحدة وفقًا للمواصفة EN 197-1 تسهل على المهندسين والمستخدمين اختيار الأسمنت المناسب لمشاريعهم بثقة، وتقلل من الالتباس وتسهل المقارنة بين المنتجات المختلفة.

٥,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة EN 197-1، يتكون أسمنت CEM I 42.5R بشكل أساسي من:

- **الكلنكر البورتلندي: K - Portland Cement Clinker**
 - **النسبة:** يشكل عادةً ما بين ٩٥% و ١٠٠% من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية، باستثناء الجبس.
 - ينتج عن حرق خليط متجانس من مواد خام، أساسها الحجر الجيري ومواد طينية، عند حوالي ١٤٥٠ درجة مئوية.
 - يتكون بشكل أساسي من: أليت $C_3 S$ ، بيليت $C_2 S$ ، ألومينات ثلاثي الكالسيوم $C_3 A$ ، وألومينات حديد رباعي الكالسيوم $C_4 AF$.
 - النقاء العالي للكلنكر في أسمنت CEM I هو المسؤول المباشر عن خصائص القوة والتصلب.

- **الجبس - كبريتات الكالسيوم: $CaSO_4 \cdot 2H_2 O$**
 - يُضاف إلى الكلنكر أثناء الطحن النهائي بنسبة قليلة، عادة لا تتجاوز ٥%، لتنظيم زمن الشك ومنع الشك الفوري Flash Set الناتج عن التفاعل السريع لمركب $C_3 A$.

- **المكونات الإضافية الثانوية Minor Additional Constituents**
MACs:

- يمكن أن يحتوي على ما يصل إلى ٥% بالكتلة من هذه المكونات.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- هي مواد معدنية طبيعية غير عضوية مختارة أو مشتقة من عملية إنتاج الكلنكر، أو مكونات رئيسية أخرى مثل الحجر الجيري المطحون، الرماد المتطاير، خبث الأفران، بنسب لا تتجاوز ٥%.
- الغرض الأساسي: تحسين بعض الخواص الفيزيائية، مثل قابلية التشغيل أو الاحتفاظ بالماء. لا يُشترط بالضرورة أن تكون لها خصائص هيدروليكية أو بوزولانية بهذه النسبة.
- يجب ألا تزيد طلب الأسمت للماء، أو تضعف مقاومة الخرسانة، أو تقلل حماية حديد التسليح.

إن تركيب أسمت CEM I 42.5R يعكس توازنًا دقيقًا بين النقاء العالي للكلنكر، لتحقيق القوة العالية والتصلب السريع، وإضافة كميات محسوبة من الجبس، للتحكم في تفاعلات الإماهة الأولية وضمان قابلية التشغيل، مع مرونة محدودة لإضافة مكونات ثانوية لتحسينات طفيفة.

٥,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والقيم النموذجية المذكورة في كتابك:

• المحددات الفيزيائية والميكانيكية الإلزامية:

- **زمن الشك الابتدائي: Initial Setting Time**: ≤ 60 دقيقة، وفقًا لـ EN 197-1 لفئة ٤٢,٥ R. القيم النموذجية الفعلية قد تكون أعلى: ١٥٥ دقيقة، أو ضمن نطاق 210 ± 30 دقيقة، أو > 75 دقيقة.
- **زمن الشك النهائي: Final Setting Time** لا يوجد حد إلزامي مباشر في المواصفة لمعظم الأنواع، لكن القيم النموذجية قد تكون حوالي ٢٠٣ دقيقة أو ٢٥٠ دقيقة أو > 420 دقيقة.
- **الثبات الحجمي - تمدد لوشاتلييه: Soundness**: ≥ 10 ملم. القيم النموذجية الفعلية غالبًا أقل بكثير: ١,٠ ملم أو ٠,٠ - ١,٣ ملم.
- **قوة الانضغاط: Compressive Strength**
 - المقاومة المبكرة بعد يومين: $\leq 20,0$ ميجا باسكال MPa. القيم النموذجية الفعلية قد تكون أعلى: ٢٣، ٢٤، أو حتى ٢٩-٣٦ ميجا باسكال أو ٢٨-٣٥ ميجا باسكال.
 - المقاومة القياسية بعد ٢٨ يومًا: $\leq 42,5$ ميجا باسكال و $\geq 62,5$ ميجا باسكال. القيم النموذجية الفعلية غالبًا في منتصف

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

هذا النطاق أو أعلاه: ٥٠، ٥٢، ٦، أو حتى ٦٢-٥٧ ميجا باسكال.

- خصائص فيزيائية اختيارية، هامة ولكنها ليست إلزامية دائماً في المواصفة:

○ النعومة: Blaine Specific Surface Area Fineness

- لا يوجد حد إلزامي في EN 197-1 لمعظم الأنواع، لكنها مهمة لمعدل الإماهة وتطور القوة.
- القيم النموذجية لأسمنت CEM I 42.5R تتراوح عادةً بين ٣٢٠٠ سم²/جم إلى ما يزيد عن ٤٠٠٠ سم²/جم. أمثلة من الكتاب: ٣٤٠٠-٣٩٠٠ سم²/جم، ٣٢٧٥ سم²/جم، حد أدنى ٣٢٠٠ سم²/جم مع قيمة نموذجية ٣٨٠٠ سم²/جم، أو حد أدنى ٢٨٠٠ سم²/جم مع قيمة نموذجية ٤٠٦٢ سم²/جم، أو ٣٢١٠ سم²/جم.
- النعومة العالية تساهم في تطور القوة المبكرة بشكل أسرع وزيادة حرارة الإماهة.

○ حرارة الإماهة: Heat of Hydration

- تكون عالية نسبياً في أسمنت CEM I 42.5R بسبب محتواه العالي من الكلنكر، خاصة C₃ S و C₃ A، ودرجة نعومته العالية.
- لا تحدد المواصفة EN 197-1 حدوداً للحرارة إلا للأسمنت المصنف كـ "LH" أي منخفض الحرارة، وهو لا ينطبق عادة على النوع "R".
- قيمة نموذجية لحرارة إماهة CEM I 42.5R عند ٤١ ساعة: حوالي ٢٦٠،١ جول/جرام، وهي ليست منخفضة الحد الأقصى لأسمنت LH هو ٢٧٠ جول/جرام بعد ٧ أيام.

• المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ: EN 197-1

- محتوى ثالث أكسيد الكبريت $\leq 4.0\%$ بالكتلة. بعض المصادر تشير إلى حدود أضيق لبعض المنتجات مثل $\geq 3.5\%$ ، أو قيم نموذجية مثل ٢،٧١% أو $3.2 \pm 0.2\%$.
- محتوى الكلوريد $\leq 0.10\%$ بالكتلة. القيم النموذجية الفعلية أقل بكثير: ٠،٠٠٨٩% أو ٠،٠٢ - ٠،٠٣%.

- محتوى أكسيد المغنيسيوم $\text{MgO} \leq 5.0\%$ بالكتلة. القيم النموذجية الفعلية أقل: ١,٤٢% أو ٢,٧٥%.
- الفقد بالحرق $\text{L.O.I.} \leq 5.0\%$ بالكتلة. القيم النموذجية: ٣,١٣% لأسمنت عالي الكبريتات، أو ٣,٢٨%، أو ٣,٤٨%.
- المواد غير القابلة للذوبان $\text{R.I.} \leq 5.0\%$ بالكتلة، لأسمنت قد يحتوي على مكونات إضافية ثانوية. مواصفات أخرى مثل ASTM C150 قد تحدد $\geq ٠,٧٥\%$ للنوع I النقي، أو BS 12 تحدد $\geq ١,٥\%$ للأسمنت بدون إضافات. القيم النموذجية في CEM I 42.5R منخفضة جدًا: ٠,٣٣% أو ٠,١٥%.
- محتوى ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A لا يوجد حد مباشر في EN 197-1 لـ CEM I 42.5R القياسي، غير المقاوم للكبريتات. محتواه النموذجي في الكلنكر البورتلندي العادي حوالي ٧,٩٢%.
- الأسمنت المقاوم للكبريتات SR له حدود أقل بكثير لـ C_3A .
- محتوى الكروم سداسي التكافؤ Cr^{6+} يجب ألا يتجاوز ٢ جزء في المليون، ٠,٠٠٠٢%، عند إماهته، ويتحقق ذلك بإضافة مواد مختزلة.
- تأثير تجاوز الحدود الكيميائية المسموح بها:
 - SO_3 ثالث أكسيد الكبريت:
 - الزيادة: انخفاض القوة، تمدد زائد وتشقق، خطر تكوين الإترنجيت المتأخر DEF، خاصة مع تجاوز ٣,٥% وحرارة معالجة مرتفعة.
 - النقصان: شك سريع أو وخزي Flash Set، انخفاض القوة النهائية.
 - Cl^- الكلوريد:
 - الزيادة: تآكل حديد التسليح، تشقق وتمدد الخرسانة نتيجة تكوين أملاح الكلور وألومينات الكالسيوم المتمددة، انخفاض مقاومة الانضغاط.
 - MgO أكسيد المغنيسيوم:
 - الزيادة، خاصة كـ Periclase كبير البلورات: تمدد متأخر وغير سليم Unsoundness بعد أشهر أو سنوات، تشققات، انخفاض القوة الميكانيكية، زيادة المسامية. " MgO الميت الحرق " هو الأكثر ضررًا.
- **LOI الفقد بالحرق:**

- الزيادة: إماهة مسبقة Prehydration وتكرين Carbonation، انخفاض القوة النهائية، تغير في خصائص الشك، انخفاض عام في جودة وأداء الأسمنت.
- IR المواد غير القابلة للذوبان: الزيادة: انخفاض كبير في قوة الانضغاط، ضعف في التماسك وعدم تصلب الخرسانة جيّداً، مؤشر على غش الأسمنت أو سوء جودة المواد الخام.

٥,٤ الاستخدامات النموذجية

- يتميز أسمنت CEM I 42.5R بقوة مبكرة عالية وقوة نهائية جيدة، مما يجعله مناسباً لمجموعة واسعة من التطبيقات:
- الإنشاءات الخرسانية العامة: هياكل خرسانية تقليدية، أعمال بناء عامة، أساسات، في حال عدم الحاجة لمقاومة كبريتات خاصة أو حرارة إماهة منخفضة جداً.
- الخرسانة عالية المقاومة وعالية الأداء High-Strength and High-Performance Concrete: مناسب لإنتاج خرسانة ذات مقاومة عالية وأداء متميز للعناصر المعرضة لأحمال عالية أو ظروف تشغيل قاسية.
- الخرسانة مسبقة الصب Precast Concrete والخرسانة سابقة الإجهاد Prestressed Concrete: يوصى به بشدة لتصنيع العناصر مسبقة الصب مثل أنابيب، بلاطات، أعمدة، عوارض، ألواح واجهات، وفي الخرسانة سابقة الإجهاد، بسبب تطور القوة المبكرة السريع.
- الأعمال التي تتطلب مقاومة مبكرة عالية: فك القوالب بسرعة، تحميل الهيكل مبكراً، إزالة الدعامات المؤقتة مبكراً.
- الخرسانة في الأجواء الباردة Cold Weather Concreting: حرارة الإماهة العالية نسبياً تساعد على تسريع التفاعلات وحماية الخرسانة من التجمد.
- المنشآت الشاهقة والجسور High-Rise Buildings and Bridges: حيث تتطلب خرسانة ذات قوة عالية وأداء موثوق.
- أرصفة الطرق والخرسانة الأرضية Road Pavements and Ground Concretes: قوة تحمل جيدة ومقاومة تآكل بدرجة معينة.
- إنتاج المونة واللصقات والمواد الكيميائية للبناء.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **تطبيقات القوالب المنزلقة Sliding Shuttering / Slip Molds:** مناسب لإنشاء صوامع، أبراج تبريد، قلوب المباني الشاهقة، حيث سرعة تطور القوة تسمح برفع القالب بشكل مستمر.

٥,٥ الفوائد والمميزات

بناءً على خصائصه واستخداماته:

- **قوة مبكرة عالية جدًا: Rapid Hardening:** الميزة الأساسية، تسرع الإنجاز وتقلل دورات الإنتاج.
- **قوة نهائية عالية وموثوقة:** مناسبة للتطبيقات الإنشائية المتطلبة.
- **قابلية تشغيل جيدة:** مع تصميم خلطة مناسب، وتوافق جيد مع المضافات.
- **مناسب للطقس البارد:** حرارة الإمالة تساعد في تسريع التصلب.
- **كفاءة عالية في إنتاج الخرسانة مسبقة الصب.**
- **متانة جيدة في الظروف العادية وغير العدوانية.**
- **محتوى منخفض جدًا من الكلوريدات: $\geq 0.1\%$** ، يحمي حديد التسليح.

٥,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- **تطور القوة المبكرة: ★★★★★ ممتاز**
 - السمة "R" والمقاومة المطلوبة بعد يومين تؤكد ذلك.
- **القوة النهائية: ★★★★★☆ جيد جدًا**
 - يحقق مقاومة قياسية عالية ٤٢,٥ - ٦٢,٥ ميجا باسكال.
- **قابلية التشغيل: ★★★★★☆ جيد جدًا**
 - يوفر قابلية تشغيل جيدة ويتوافق مع المضافات.
- **المتانة العامة: ★★★★★☆ جيد جدًا**
 - متانة جيدة في الظروف غير القاسية عند استخدامه بشكل صحيح.
- **مقاومة الكبريتات للنوع القياسي: ★★★★★☆☆ متوسط إلى ضعيف**
 - يعتمد على $C_3 A$ ، ما لم يكن نوع SR. يذكر الكتاب مقاومة متوسطة لمنتج عراقي محدد.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **حرارة الإماهة عالية لنوع "R★★★★☆ عالية، مفيدة في بعض الحالات**
 - التقييم يعكس "مقدار" الحرارة، وهي إيجابية في سياقات معينة مثل الطقس البارد.
- **البصمة الكربونية: ★★★★★ مرتفعة نسبيًا، لكن الكتاب أعطى نجمتين مقارنة بنجمة واحدة لـ N.32,5**
 - نسبة الكلنكر عالية 95-100%. قد تكون هناك اختلافات بسيطة في تقييم الكتاب بين الدرجات المختلفة، لكنها تبقى عالية عمومًا لـ CEM I.
- **الجدوى الاقتصادية: Cost-Effectiveness: ★★★★★ متوسطة إلى جيدة**
 - التكلفة الأولية قد تكون أعلى، لكن التوفير في وقت المشروع قد يعوض ذلك.
- **التوفر: ★★★★★ ممتاز**
 - من أكثر الأنواع إنتاجًا وتوفرًا.
- **ملاءمة الخرسانة في الطقس البارد: ★★★★★ ممتاز**
 - حرارة الإماهة العالية تساعد في تسريع التفاعلات وحماية الخرسانة من التجمد.
- **الاستخدام الأمثل - 5 نجوم بحسب الكتاب لـ CEM I 42.5R**
 - **الخرسانة مسبقة الصب Precast Concrete:**
 - سرعة تطور المقاومة المبكرة الفائقة تسمح بفك القوالب بسرعة، زيادة إنتاجية المصنع، وتقليل دورة الإنتاج.
 - نقل ومناولة العناصر مبكرًا.
 - تطبيق الإجهاد المسبق مبكرًا.
 - جودة سطح عالية.
 - توافق جيد مع المضافات الكيميائية.
 - زيادة إنتاجية معامل البلوك وتقليل الهدر.
- **قيود الاستخدام:**
 - الخرسانات الكتلية الكبيرة، بسبب حرارة الإماهة العالية، ما لم تتخذ تدابير تبريد.
 - البيئات المعرضة لهجوم الكبريتات، ما لم يكن الأسمنت من نوع SR.

○ يتطلب معالجة دقيقة في الأعمار المبكرة.

تم الانتهاء من تفريغ أسمنت CEM I 42.5R هل أنت مستعد للمتابعة مع النوع التالي؟

بالتأكيد، لنواصل تفريغ أنواع الأسمنت المتبقية بنفس الدقة والالتزام.

٦ أسمنت رمادي أسود CEM I 52.5N

٦,١ التعريف

يُعرّف الأسمنت بأنه مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة طحناً ناعماً، والتي عند خلطها بالماء، تُشكل عجينة تتصلب وتكتسب قساوة بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة. ومن الخصائص الجوهرية لهذه المادة أنها بعد التصلب، تحتفظ بقوتها وثباتها حتى تحت الماء. الأسمنت المطابق للمواصفة الأوروبية -EN 197-1، وهو أسمنت CEM، يجب أن يكون قادراً على إنتاج خرسانة أو مونة ذات قابلية تشغيل كافية، وتحقق مستويات مقاومة محددة، وتُظهر ثباتاً حجمياً على المدى الطويل. يعود التصلب الهيدروليكي بشكل أساسي إلى إماهة سيليكات الكالسيوم، وقد تساهم مركبات أخرى كالألومينات. يجب ألا يقل مجموع نسب أكسيد الكالسيوم الفعال CaO وثاني أكسيد السيليكون الفعال SiO_2 في أسمنت CEM عن ٥٠٪ بالكتلة.

أسمنت CEM I 52.5N هو أسمنت بورتلندي نقي CEM I، يتكون بشكل أساسي من الكلنكر البورتلندي. الرقم "٥٢,٥" يشير إلى الحد الأدنى لمقاومة الضغط القياسية بعد ٢٨ يوماً، وهي $\leq 52,5$ ميجا باسكال، مما يصنفه ضمن فئة الأسمنت عالي القوة. الحرف "N" يُشير إلى تطور قوة "عادي" أو "قياسي" Normal or Standard strength development، يميزه عن أنواع "R" سريعة التصلب. على الرغم من تصنيفه "N"، فإن قوته النهائية العالية تعني أنه يكتسب قوة مبكرة

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

جيدة جدًا، مما يوفر توازنًا بين قوة نهائية عالية وسرعة تصلب يمكن التحكم بها، وقد يولد حرارة إمالة أقل من نظيره "R" بنفس درجة القوة.

٦,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والمعلومات المقدمة في كتابك:

• الكلنكر البورتلندي: K - Portland Cement Clinker

- النسبة: لا يقل عن ٩٥% من كتلته.
- التعريف: مادة هيدروليكية يجب أن تتكون من ثلثي كتلتها على الأقل من سيليكات الكالسيوم، مثل C_3S و C_2S . النسبة المتبقية تتكون من أطوار كلنكر تحتوي على الألومنيوم والحديد، مثل C_3A و AF_4 ، ومركبات أخرى. يجب ألا تقل نسبة CaO/SiO_2 بالكتلة عن ٢,٠، وألا يتجاوز محتوى MgO في الكلنكر ٥,٠% بالكتلة.
- هذه النسبة العالية من الكلنكر هي المسؤولة بشكل مباشر عن تطور القوة العالية والخصائص الهيدروليكية الممتازة.

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional

Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% من مجموع كتلتي الكلنكر والمكونات الثانوية.
- التعريف: مواد معدنية طبيعية غير عضوية مختارة أو مشتقة من عملية إنتاج الكلنكر أو مكونات أخرى محددة، تُستخدم لتحسين الخصائص الفيزيائية، مثل قابلية التشغيل أو الاحتفاظ بالماء. يمكن أن تكون خاملة، أو ذات خصائص هيدروليكية طفيفة، أو هيدروليكية كامنة، أو بوزولانية.
- يجب تحضيرها بشكل صحيح، اختيار، تجانس، تجفيف، سحق. يجب ألا تزيد طلب الأسمنت للماء، أو تضعف مقاومة الخرسانة، أو تقلل حماية حديد التسليح.
- المواد المسموح بها تشمل: خبث الأفران العالية S، غبار السيليكا D، بوزولانا طبيعية P، بوزولانا طبيعية محروقة Q، رماد متطاير سيليسي V، رماد متطاير كلسي W، طفلة محروقة T، حجر جيرى

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- بنسبة $\text{CaCO}_3 \geq 75\%$ ، وحجر جيرى نقي LL بنسبة $\text{CaCO}_3 \geq 75\%$ وإجمالي كربون عضوي $\text{TOC} \leq 0.20\%$.
- الغرض: في أسمنت CEM I، دورها تعديلي تكميلي لضبط الأداء، وليس مساهمة جوهرية في القوة.

• منظم زمن الشك - كبريتات الكالسيوم - Setting Regulator

Calcium Sulfate:

- النسبة: عادة بين ٣% إلى ٥% من كتلة الأسمنت.
- التعريف: تُضاف كبريتات الكالسيوم، جبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، أو هيمي هيدرات $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ، أو أنهيدريت CaSO_4 ، أثناء الطحن للتحكم في زمن الشك ومنع الشك السريع. Flash Set.

• المضافات الكيميائية: Additives

- النسبة: لا تتجاوز ١,٠% من كتلة الأسمنت، والمضافات العضوية $\leq ٠,٥\%$ على أساس جاف.
- التعريف: مكونات غير مشمولة في التعريفات السابقة، تُضاف لتحسين عملية التصنيع أو خصائص الأسمنت. يجب ألا تعزز تآكل حديد التسليح أو تضعف خصائص الأسمنت أو الخرسانة.
- إذا أُضيفت مضافات Admixtures متوافقة مع EN 934 في المصنع، يجب الإعلان عن ترميزها.

٦,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقاً للمواصفة EN 197-1 والقيم المحددة في كتابك لهذا النوع:

• المحددات الفيزيائية الإلزامية:

• مقاومة الضغط: Compressive Strength

- بعد يومين: ≤ ٢٠ ميجا باسكال MPa.
- بعد ٢٨ يوماً: $> ٥٢,٥$ ميجا باسكال MPa. لاحظ أن المواصفة EN 197-1 عادة تحدد نطاقاً، مثل $\geq ٥٢,٥$ ميجا باسكال و $\geq ٧٢,٥$ ميجا باسكال لفئة ٥٢,٥، لكن الكتاب ذكر $> ٥٢,٥$ ميجا باسكال."

- الثبات الحجمي - Soundness التمدد: ≥ ١٠ ملم، باختبار لو شاتلييه.

• زمن الشك: Setting Time

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- زمن الشك الابتدائي Initial Setting Time: ≥ 45 دقيقة.
- خصائص فيزيائية اختيارية، مهمة ولكن غير إلزامية دائماً في المواصفة:
 - النعومة **Fineness**: تقاس عادة بمساحة السطح النوعية بطريقة بلين، سم²/جم أو م²/كجم. القيم النموذجية لأسمنت CEM I 52.5N تتراوح عادةً بين ٣٦٠٠ إلى ٥٣٠٠ سم²/جم، أي ٣٦٠ إلى ٥٣٠ م²/كجم. النعومة العالية تساهم في تطور القوة المبكرة.
 - حرارة الإماهة **Heat of Hydration**: تكون معتدلة إلى مرتفعة نسبياً بسبب النعومة العالية والمحتوى المرتفع من C₃ S. لا يصنف عادة كـ LH أي منخفض الحرارة أو VLH أي منخفض جداً.
 - الكثافة **Density**: الكثافة الظاهرية للجسيمات تتراوح عادة بين ٣٠٠٠ إلى ٣٢٠٠ كجم/م³، أي ٣,٠ إلى ٣,٢ جم/سم³.
- المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ **CEM I: EN 197-1**
 - ثالث أكسيد الكبريت $\leq 4.0\%$: SO₃ من كتلة الأسمنت.
 - الكلوريدات $\leq 0.10\%$: Cl⁻ من كتلة الأسمنت.
 - أكسيد المغنيسيوم $\leq 5.0\%$: MgO من كتلة الأسمنت.
 - الفقد عند الاشتعال $\leq 5.0\%$: L.O.I. من كتلة الأسمنت.
 - البقايا غير القابلة للذوبان $\leq 5.0\%$: I.R. من كتلة الأسمنت.
- تأثير زيادة ونقصان المحددات الإلزامية على خصائص الأسمنت والخرسانة:

○ مقاومة الضغط:

- زيادتها، أعلى من المطلوب: إيجابي لجودة الأسمنت، قد يسمح بتحسين الخلطات أو زيادة عامل الأمان. لكن قوة عالية جداً قد تصاحبها نعومة مفرطة أو C₃ S مرتفع، مما يزيد حرارة الإماهة، مع خطر التشققات الحرارية في الكتل الكبيرة، والانكماش.
- نقصانها، أقل من المطلوب: فشل في تلبية المواصفات، خرسانة أضعف، خطر على سلامة المنشآت. قد يتطلب زيادة محتوى الأسمنت، مما يزيد التكلفة والأثر البيئي. الأسباب: سوء جودة الكلنكر، نعومة منخفضة، تلوث المواد الخام، تلف الأسمنت بالتخزين.

○ الثبات الحجمي - التمدد:

- زيادته، > ١٠ ملم: عدم ثبات حجم الأسمنت، يولد إجهادات داخلية عالية بعد تصلب الخرسانة، يؤدي لتشققات وتفكك، وفقدان السلامة الهيكلية. الأسباب: زيادة الجير الحر MgO أو CaO الميت الحرق Periclase، أو زيادة نسبة الجبس.
- نقصانه، قريب من الصفر: مؤشر ممتاز على جودة الأسمنت واستقراره الحجمي.
- **زمن الشك الابتدائي:**
 - زيادته، أطول من اللازم: تأخير كبير في الإنشاء والتشطيب، زيادة الضغط الهيدروستاتيكي على القوالب، احتمالية انفصال مكونات الخرسانة، انفصال حبيبي ونزف، ضعف السطح.
 - الأسباب: زيادة نسبة الماء/الأسمنت، انخفاض الحرارة، ملوثات عضوية، استخدام مضافات مؤخرة للشك بكميات كبيرة.
 - نقصانه، < ٤٥ دقيقة - شك سريع أو خاطف: لا يترك وقتاً كافياً للخلط والنقل والصب والدمك، خرسانة صعبة التشغيل، فواصل باردة، ضعف في البنية النهائية. الأسباب: نقص الجبس، نعومة مفرطة، ارتفاع حرارة الجو أو المواد، ملوثات كيميائية مسرعة.
 - **SO₃ ثالث أكسيد الكبريت:**
 - زيادته، > ٤,٠%: تمدد داخلي ضار، هجوم كبريتات داخلي أو DEF، تشققات، تدهور المتانة. قد يؤثر على زمن الشك.
 - نقصانه، أقل من اللازم لضبط الشك: شك سريع أو خاطف، خاصة مع C₃ A مرتفع، خرسانة غير قابلة للتشغيل، قوة منخفضة.
 - **Cl⁻ الكلوريدات:**
 - زيادتها، > ١,٠%: زيادة احتمالية تآكل حديد التسليح، تشقق وتفكك الخرسانة.
 - نقصانها، قريبة من الصفر: مفيد جداً لمتانة الخرسانة المسلحة، خاصة في البيئات القاسية.
 - **MgO أكسيد المغنيسيوم:**

▪ زيادته، $> 0.5\%$ ، خاصة ك Periclase: تمدد متأخر، شهور أو سنوات، بسبب إماهة بطيئة لـ MgO ، تشققات وتلف خطير.

▪ نقصانه: لا يمثل مشكلة عادة، بل يضمن ثبات الحجم.

○ **الفقد عند الاشتعال: L.O.I**

▪ زيادته، $> 0.5\%$: تميؤ وتكرين مسبق بسبب سوء التخزين، انخفاض القوة النهائية، تغير زمن الشك، زيادة الطلب على الماء.

▪ نقصانه، قريب من الصفر: يدل على أن الأسمنت طازج ومخزن جيدًا.

○ **البقايا غير القابلة للذوبان: I.R**

▪ زيادتها، $> 0.5\%$: وجود شوائب أو مواد خاملة أو مغشوشة، تقلل القوة النهائية وتؤثر سلبًا على المتانة والتجانس.

▪ نقصانها، قريبة من الصفر: يدل على نقاء الأسمنت وجودة التصنيع.

٦,٤ الاستخدامات النموذجية

بفضل قوته العالية وتطوره الجيد للقوة المبكرة والنهائية، يجد أسمنت CEM I 52.5N تطبيقات واسعة في المجالات الإنشائية التي تتطلب أداءً ميكانيكيًا فائقًا ومتانة عالية:

• **الخرسانة مسبقة الصنع عالية الأداء High-Performance Precast Concrete Elements:**

القوة المبكرة العالية نسبيًا، حتى كنوع "N" ألفئة ٥٢,٥، تسمح بفك القوالب بسرعة، مما يزيد كفاءة الإنتاج.

• **الخرسانة عالية القوة High-Strength Concrete:** لإنتاج خرسانة بمقاومة ضغط تتجاوز ٥٠ أو ٦٠ ميجا باسكال، مطلوبة في المباني الشاهقة، الجسور، والمنشآت الصناعية الثقيلة.

• **الهياكل الإنشائية سابقة الإجهاد Prestressed Concrete Structures:** القوة العالية ضرورية لمقاومة الإجهادات العالية من كابلات الإجهاد.

• **أعمال الخرسانة في الطقس البارد:** تطور القوة الجيد يساعد على تعويض التباطؤ في تفاعلات الإماهة.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- أرضيات المصانع والمنشآت الصناعية: للمناطق التي تتعرض لأحمال ثقيلة وحركة مرور كثيفة.
- الخرسانة الجاهزة: **Ready-Mixed Concrete** لإنتاج خلطات ذات مواصفات عالية ومقاومة مضمونة.
- أعمال الترميم التي تتطلب قوة سريعة: لإعادة العنصر المرمم للخدمة بسرعة.
- منتجات الخرسانة المتخصصة: بلاط أرضيات عالي التحمل، طوب خرساني عالي القوة، عناصر واجهات رقيقة.
- الأسمنت الأبيض: **White CEM I 52.5N** عند إنتاجه كإسمنت أبيض، يستخدم في الأعمال المعمارية والزخرفية، مثل حجر صناعي، GRC، مونة تركيب الرخام، ترويب، لياسة ملونة.

٦,٥ الفوائد والمميزات

- قوة نهائية عالية جدًا: يوفر أمانًا هيكليًا ومتانة طويلة الأمد للمنشآت.
- تطور قوة مبكرة جيد، حتى كنوع "N" يسمح بسرعة معقولة في تقدم أعمال البناء.
- مناسب للتطبيقات المتطلبة: مثل الخرسانة عالية القوة وسابقة الإجهاد.
- متانة جيدة في الظروف المناسبة: عند استخدامه وتصميمه بشكل صحيح.
- محتوى منخفض جدًا من الكلوريدات: $\geq 0.1\%$ ، يوفر حماية ممتازة لحديد التسليح.
- أساس جيد للخرسانة المعمارية البيضاء، عند إنتاجه كإسمنت أبيض: يوفر لونًا ناصعًا وقوة.

٦,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- المقاومة للكبريتات: ★☆☆☆☆ نجمة واحدة
 - للنوع القياسي غير المقاوم للكبريتات.
- المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★ ثلاث نجوم
 - معتدلة إلى مرتفعة نسبيًا، النوع "N" أفضل من "R" لكنه ليس منخفض الحرارة.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **قوة الضغط المبكرة، يومين و ٧ أيام: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - جيدة جدًا لفئة "N" بقوة ٥٢,٥، ≤ ٢٠ ميجا باسكال بعد يومين.
- **النعومة: Fineness: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - نعومة عالية نسبيًا لتحقيق القوة المطلوبة.
- **البصمة الكربونية: ★★★★★ ☆ نجمة واحدة**
 - عالية جدًا بسبب نسبة الكلنكر العالية.
- **الكلفة الاقتصادية - تكلفة الإنتاج: ★★★★★ ☆ نجمتان**
 - أعلى من فئات القوة الأقل بسبب متطلبات الجودة والطحن.
- **الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - الأداء العالي يبرر التكلفة في التطبيقات المتطلبة.
- **سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم**
 - يتطلب تحكمًا أكثر دقة، قد يكون أقل توفرًا من N. ٤٢,٥
- **تأثير النوع على عمر المشروع - الاستقرار والاستدامة: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم**
 - متانة جيدة، لكن البصمة الكربونية تقلل التقييم البيئي.
- **محتوى المواد الضارة - الكلوريدات، TOC: ★★★★★ ☆ أربع نجوم**
 - التزام بالحدود القياسية الصارمة.
- **الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ: CEM I 52.5N**
 - إنتاج عناصر الخرسانة مسبقة الصنع عالية الأداء - High-Performance Precast Concrete Elements:
- **القوة المبكرة العالية، حتى كـ "N"، تسمح بفك القوالب بسرعة**
 - وزيادة كفاءة الإنتاج.
- **القوة النهائية العالية جدًا تضمن عناصر مسبقة الصنع ذات**
 - قدرة تحمل عالية ومتانة طويلة.
- **الجودة والتحكم الدقيق في بيئة المصنع تسمح باستغلال**
 - خصائص الأسمنت بشكل مثالي.
- **التوافق مع المعالجة بالبخار يستجيب جيدًا للمعالجة المسرعة.**
- **تحسين السطح النهائي، النعومة العالية تساهم في أسطح ناعمة**
 - وكثيفة.

- الكفاءة الاقتصادية في الإنتاج الضخم، الفوائد من سرعة الإنتاج وجودة المنتج قد تعوض التكلفة الأولية الأعلى للأسمنت.
- أمثلة تطبيقية: عوارض جسور مسبقة الإجهاد، ألواح واجهات معمارية معقدة، وحدات بناء جاهزة، أعمدة نقل طاقة، عناصر أنفاق.
- موانع الاستخدام أو يتطلب احتياطات خاصة:
 - البيئات ذات المحتوى العالي من الكبريتات، ما لم يكن الأسمنت مصنفًا كـ SR.
 - الخرسانة الكتلية الكبيرة جدًا، بسبب حرارة الإماهة المعتدلة إلى المرتفعة، ما لم تتخذ تدابير تبريد.

تم الانتهاء من تفريغ أسمنت CEM I 52.5N هل نسير على الطريق الصحيح؟ ممتاز! سنستمر بنفس النهج الدقيق والخالي من الأخطاء.

٧ أسمنت رمادي أسود CEM I 52.5R

٧,١ التعريف

يُعرّف الأسمنت، وفقًا للمواصفة الأوروبية EN 197-1، بأنه مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة طحنًا ناعمًا، عند خلطها بالماء، تُشكل عجينة تتصلب وتكتسب قساوة بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة، وبعد التصلب، تحتفظ بقوتها واستقرارها حتى تحت الماء. أسمنت CEM المطابق للمواصفة EN 197-1، يجب أن يكون قادرًا على إنتاج خرسانة أو مونة تحتفظ بقابليتها للتشغيل لفترة كافية، وتحقق مستويات مقاومة محددة، وتمتلك ثباتًا حجميًا طويل الأمد. يعود التصلب الهيدروليكي أساسًا إلى إماهة سيليكات الكالسيوم، مع إمكانية مساهمة مركبات كيميائية أخرى كالألومينات. يجب ألا يقل مجموع نسب أكسيد الكالسيوم

الفعال CaO وثاني أكسيد السيليكون الفعال SiO_2 في أسمنت CEM عن ٥٠% بالكتلة.

أسمنت CEM I 52.5R هو أسمنت بورتلندي نقي CEM I، يتميز بمقاومة مبكرة عالية جدًا وقوة نهائية فائقة. الرمز "٥٢,٥" يشير إلى الحد الأدنى لمقاومة الضغط القياسية بعد ٢٨ يومًا، وهي $\leq 52,5$ ميجا باسكال، مما يضعه في أعلى فئات القوة. الحرف "R" يعني أنه أسمنت ذو مقاومة مبكرة عالية Rapid High Strength، أي أنه يكتسب جزءًا كبيرًا من قوته في الأيام الأولى، خاصة بعد يومين. هذا النوع قد يكون شحيحًا بعض الشيء ولكن إنتاجه ممكن ويتطلب تحكمًا دقيقًا في جودة الكلنكر وعمليات الطحن.

٧,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة EN 197-1 وما قدمه المستخدم:

• الكلنكر البورتلندي: K - Portland Cement Clinker

- النسبة: يجب أن يحتوي على ما لا يقل عن ٩٥% من الكلنكر البورتلندي بالكتلة.
- التعريف: مادة هيدروليكية يجب أن تتكون من ثلثي كتلتها على الأقل من سيليكات الكالسيوم، مثل C_3S و C_2S . النسبة المتبقية تتكون من أطوار الكلنكر المحتوية على الألومنيوم والحديد ومركبات أخرى. نسبة CaO/SiO_2 يجب ألا تقل عن ٢,٠، ومحتوى MgO في الكلنكر يجب ألا يتجاوز ٥,٠% بالكتلة.
- لتحقيق مقاومة "R" العالية، يتطلب كلنكر ذي جودة فائقة ونسب مثالية من C_3S .

• المكونات الثانوية الإضافية MACs - Minor Additional

Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% بالكتلة من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية.
- التعريف: مواد معدنية غير عضوية طبيعية أو مشتقة من عملية إنتاج الكلنكر، أو مكونات أخرى محددة، تُستخدم لتحسين الخصائص الفيزيائية، مثل قابلية التشغيل أو الاحتفاظ بالماء.
- المواد المسموح بها حسب قائمة المستخدم: خبث الأفران العالية S، غبار السيليكا D، بوزولانا طبيعية P، بوزولانا طبيعية محروقة Q،

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

رماد متطاير سيليسي V، رماد متطاير كلسي W، طفلة محروقة T،
حجر جيرى L و LL مع شروط LL-TOC.

• كبريتات الكالسيوم: Calcium Sulfate

- النسبة: تُضاف بنسبة تتراوح بين ٣% و ٥% بالكتلة، بعد تجهيز تركيبة الكلنكر والمكونات الثانوية.
- الغرض: التحكم في زمن الشك ومنع الشك السريع Flash Set الناتج عن تفاعل $C_3 A$ السريع مع الماء.
- يمكن أن تكون جبسًا $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ، هيمي هيدرات، أو أنهيدريت.

• المضافات الكيميائية: Additives

- النسبة: لا تتجاوز ١,٠% بالكتلة، والمضافات العضوية $\leq ٠,٥\%$ على أساس جاف.
- الغرض: تحسين عملية التصنيع أو خصائص الأسمنت، مثل مساعدات الطحن، ملدنات، مسرعات شك خالية من الكلوريد.

٧,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والقيم المحددة في كتابك لهذا النوع:

• المحددات الفيزيائية الإلزامية:

- مقاومة الضغط المبكرة بعد يومين: ≤ ٣٠ ميجا باسكال MPa. هذا المتطلب هو السمة المميزة لفئة "R" ضمن القوة ٥٢,٥.
- مقاومة الضغط القياسية بعد ٢٨ يومًا: $\leq ٥٢,٥$ ميجا باسكال MPa. المواصفة EN 197-1 عادة تحدد نطاقًا، مثل $\leq ٥٢,٥$ ميجا باسكال و $\geq ٧٢,٥$ ميجا باسكال لفئة ٥٢,٥، لكن الكتاب ذكر " $> ٥٢,٥$ ميجا باسكال".
- زمن الشك الابتدائي: ≤ ٤٥ دقيقة.
- الثبات الحجمي - التمدد: Soundness ≥ ١٠ ملم، باختبار لو شاتالييه.

• خصائص فيزيائية اختيارية هامة لهذا النوع:

- النعومة: Blaine - Fineness تكون عالية جدًا لتحقيق المقاومة المبكرة المطلوبة. القيم النموذجية قد تتراوح بين ٤٥٠٠ سم²/جم إلى ما يزيد عن ٦٥٠٠ سم²/جم، أي ٤٥٠ إلى > ٦٥٠٠ م²/كجم.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- حرارة الإماهة **Heat of Hydration:** عالية نتيجة لسرعة التفاعل العالية والنعومة الفائقة. القيم النموذجية بعد ٧ أيام قد تتراوح بين ٣٢٥ جول/جرام و ٣٩٦ جول/جرام.

• المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ **EN 197-1: CEM I:**

- الفقد عند الاشتعال $L.O.I. \leq 5.0\%$ بالكتلة.
- البقايا غير القابلة للذوبان $I.R. \leq 5.0\%$ بالكتلة.
- ثالث أكسيد الكبريت $SO_3 \leq 4.0\%$ بالكتلة. الأنواع المقاومة للكبريتات SR قد يكون لها حد أقل مثل $\leq 3.5\%$.
- محتوى الكلوريد $Cl^- \leq 0.10\%$ بالكتلة.
- محتوى أكسيد المغنيسيوم $MgO \leq 5.0\%$ بالكتلة، في الكلنكر وبالتالي في الأسمنت.

• تأثير زيادة ونقصان المحددات الإلزامية:

○ مقاومة الضغط:

- النقصان عن الحدود الدنيا، ٣٠ ميغا باسكال بعد يومين أو ٥٢,٥ ميغا باسكال بعد ٢٨ يوماً: يعتبر الأسمنت غير مطابق وغير صالح للتطبيقات عالية القوة. يؤدي لضعف الهيكل، عدم تحمل الأحمال التصميمية، وزيادة التشوهات.
- الزيادة الكبيرة، نادر ضمن نفس النوع: قد يكون إنتاجه أكثر تكلفة، وقد يصاحبه هشاشة زائدة، حرارة إماهة عالية جداً، وصعوبة في قابلية التشغيل.

○ زمن الشك الابتدائي:

- النقصان عن ٤٥ دقيقة، شك سريع جداً أو وخزي: صعوبة في التعامل مع الأسمنت، فقدان سريع لقابلية التشغيل، فواصل باردة، تشققات مبكرة. الأسباب: نقص الجبس، $C_3 A$ عالي ونشط، نعومة مفرطة، حرارة عالية.
- الزيادة المفرطة، شك بطيء جداً: تأخير في الإنشاء والتشطيب، زيادة ضغط الخرسانة الطرية على القوالب، نزف وانفصال، تأخر تطور القوة المبكرة. الأسباب: زيادة الجبس، مبطنات، حرارة منخفضة، نسبة ماء/أسمنت عالية.

○ الثبات الحجمي - التمدد > ١٠ ملم:

- الأسباب: جير حر CaO زائد، MgO حر Periclase خشن، زيادة مفرطة في الكبريتات.

- التأثير: أسمنت غير سليم، تمدد داخلي متأخر، تشققات واسعة، تفتت الخرسانة، انهيار المنشأ.

○ **الفقد عند الاشتعال: $L.O.I > 5.0\%$**

- الأسباب: إمالة مسبقة وتكرين بسبب سوء التخزين أو طول مدته.
- التأثير: انخفاض نسبة المواد الفعالة، انخفاض القوة النهائية، تغير زمن الشك، زيادة الطلب على الماء.

○ **البقايا غير القابلة للذوبان: $I.R > 5.0\%$**

- الأسباب: شوائب خاملة في المواد الخام، شوائب في الجبس، غش الأسمنت.
- التأثير: انخفاض نسبة المكونات الفعالة، انخفاض مقاومة الضغط، ضعف التماسك.

○ **SO_3 ثالث أكسيد الكبريت $> 4.0\%$ أو الحد الأمثل:**

- شك سريع كاذب False Set، تمدد زائد، خطر تكوين الإترنجيت المتأخر DEF خاصة مع حرارة معالجة عالية، تشققات، انخفاض القوة.

○ **الكلوريدات: $Cl^- > 0.10\%$**

- تأثير رئيسي: تآكل حديد التسليح، تكسير الطبقة الواقية، تشكل الصدأ، تشقق وتفتت الغطاء الخرساني، انخفاض القدرة الإنشائية. تأثير جمالي، بقع صدأ، خاصة للأبيض.

○ **MgO أكسيد المغنيسيوم $> 5.0\%$ Periclase خشن:**

- تمدد متأخر وتشقق: إمالة بطيئة للبيريكلاز $Mg(OH)_2$ مع زيادة حجمية كبيرة، تشققات واسعة بعد أشهر أو سنوات.

٧,٤ الاستخدامات النموذجية

يستخدم أسمنت CEM I 52.5R بفضل قوته المبكرة العالية جدًا وقوته النهائية الفائقة في التطبيقات التي تتطلب أداءً فائقًا وسرعة في الإنجاز:

- الخرسانة عالية المقاومة التي تتطلب تطور قوة سريع: لتحميل العناصر الإنشائية مبكرًا.

- **Precast Concrete Elements:** العناصر الخرسانية مسبقة الصب مثالي لتصنيع الكمرات، الأعمدة، البلاطات، ألواح الواجهات، حيث سرعة دوران القوالب ضرورية.
- **Rapid formwork removal.** الإنشاءات التي تتطلب فك شدات مبكر.
- أعمال الإصلاح السريع للطرق والأرصفة والمنشآت: مثل مدارج المطارات وأرضيات المصانع.
- **Prestressed Concrete:** الخرسانة المسبقة الإجهاد سواء سابقة الشد أو لاحقة الشد.
- الخرسانة المستخدمة في الأجواء الباردة: حرارة الإمالة العالية تساعد في تعويض تأثير البرودة.
- **Grouting:** أعمال الحقن لتثبيت الصخور أو المراسي الأرضية التي تتطلب مقاومة سريعة.
- **Shotcrete:** الخرسانة المقذوفة في بعض التطبيقات التي تتطلب تصلبًا سريعًا وقوة مبكرة.
- الأنابيب والأنفاق والمنشآت الخرسانية ذات المواصفات العالية.
- عند إنتاجه كإسمنت أبيض **White CEM I 52.5R** أعمال الديكور، البلاط، الإنترلوك، الحجر الصناعي، والخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية GRC.

٧,٥ الفوائد والمميزات

- أعلى قوة مبكرة: يسمح بسرعة فائقة في الإنجاز وتقليل دورات الإنتاج.
- قوة نهائية فائقة: يوفر أمانًا هيكليًا عاليًا جدًا.
- مناسب للتطبيقات المتخصصة: مثل الخرسانة فائقة الأداء UHPC والعناصر المعمارية الدقيقة.
- كفاءة عالية في إنتاج الخرسانة مسبقة الصب وعالية الأداء.
- تقليل وقت أو الحاجة للمعالجة بالحرارة في الخرسانة مسبقة الصب: بسبب حرارة الإمالة العالية المتولدة طبيعيًا.
- محتوى منخفض جدًا من الكلوريدات: $\geq 0.1\%$ ، يحمي حديد التسليح.

٧,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- **المقاومة للكبريتات: ★★★★★☆** نجمة واحدة
 - للنوع القياسي، ما لم يكن SR. محتوى $C_3 A$ المرتفع المحتمل، للحفاظ على البياض إذا كان أبيض أو لتعزيز القوة المبكرة، يجعله غير مقاوم.
- **المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★☆** نجمتان
 - حرارة إماهة عالية جدًا، غير مناسب للكتل الكبيرة بدون تدابير خاصة.
- **قوة الضغط المبكرة: ★★★★★★** خمس نجوم
 - يتفوق بامتياز، ≤ 30 ميغا باسكال بعد يومين.
- **النعومة Fineness: ★★★★★☆** أربع نجوم
 - نعومة عالية جدًا، 400-600 m^2/kg أو أعلى، لتحقيق القوة المبكرة.
- **البصمة الكربونية: ★★★★★☆** نجمة واحدة
 - الأعلى بسبب نسبة الكلنكر العالية جدًا ومتطلبات إنتاج القوة الفائقة واللون الأبيض، إذا كان أبيض.
- **الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★★★★☆** نجمة واحدة
 - الأعلى تكلفة بسبب جودة الكلنكر المطلوبة، الطحن الدقيق، والمواد الخام النقية، إذا كان أبيض.
- **الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★☆** ثلاث نجوم
 - أداء ميكانيكي وجمالي فائق، إذا أبيض، يبرر التكلفة في تطبيقات متخصصة جدًا.
- **سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★☆** نجمتان
 - إنتاج معقد، مواد خام خاصة، توافر محدود، شحيح.
- **تأثير النوع على عمر المشروع - الاستدامة والمتانة: ★★★★★☆** ثلاث نجوم
 - متانة هيكلية جيدة جدًا عند استخدامه صحيحًا، لكن البصمة الكربونية العالية تؤثر على استدامة المشروع.
- **محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو TOC: ★★★★★★** خمس نجوم
 - التزام صارم بحدود منخفضة جدًا للكلوريدات، ونقاء المواد الخام، إذا أبيض، يقلل الشوائب.

- الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ CEM I 52.5R White، خاصة الأبيض منه:

○ الخرسانة المعمارية مسبقة الصب عالية الأداء جدًا - Very High-

Performance Architectural Precast Concrete

Elements والعناصر الإنشائية الفريدة التي تتطلب أقصى قوة مبكرة ونهائية مع لون أبيض ناصع أو ألوان مخصصة فائقة النقاء.

- يتيح تصميم عناصر إنشائية نحيفة جدًا أو ذات بحور كبيرة جدًا مع الحفاظ على المظهر الجمالي الفائق.
- مثالي للمشاريع الأيقونية والمعالم المعمارية التي تسعى للجمع بين القوة القصوى والجمال المطلق.
- دورات إنتاج فائقة السرعة في مصانع الصب المسبق المتخصصة.

• قيود الاستخدام:

- الخرسانات الكتلية الكبيرة جدًا، بسبب حرارة الإمالة الفائقة.
- البيئات المعرضة لهجوم كبريتات شديد، ما لم يكن الأسمنت من نوع SR خاص جدًا ونادر.
- يتطلب أعلى درجات الخبرة في تصميم الخلطات والمعالجة والتحكم في الحرارة.
- التكلفة الباهظة جدًا والتوفر المحدود جدًا يجعله مقتصرًا على مشاريع استثنائية.

تم تفريغ أسمنت CEM I 52.5R نحن نقترح من نهاية أنواع الأسمنت الرمادي. هل أنت مستعد للانتقال إلى أنواع الأسمنت الأبيض؟

بالتأكيد، دعنا ننتقل الآن إلى تفريغ أقسام الأسمنت الأبيض، مع الحفاظ على نفس الدقة والالتزام بالتنسيق الخالي من الأقواس.

٨ أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 32.5N White

٨,١ التعريف

الأسمنت بشكل عام هو مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة طحناً ناعماً، عند خلطها بالماء، تُشكل عجينة تتصلب وتكتسب قساوة بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة، وبعد التصلب، تحتفظ بقوتها واستقرارها حتى تحت الماء. يجب أن يكون الأسمنت المطابق للمواصفة EN 197-1 قادراً على إنتاج خرسانة أو مونة تحتفظ بقابليتها للتشغيل لفترة كافية، تحقق مستويات مقاومة معينة، وتمتلك ثباتاً حجمياً طويل الأمد. يعود التصلب الهيدروليكي لأسمنت CEM أساساً إلى إماهة سيليكات الكالسيوم، وقد تشارك مركبات أخرى كالألومينات. مجموع نسب أكسيد الكالسيوم الفعال CaO وثاني أكسيد السيليكون الفعال SiO_2 في أسمنت CEM يجب ألا يقل عن ٥٠% بالكتلة.

الأسمنت الأبيض البورتلندي CEM I 32.5N White هو نوع محدد من الأسمنت البورتلندي ينتمي إلى الفئة CEM I، أي أنه يحتوي على نسبة كلنكر بورتلندي لا تقل عن ٩٥% بالكتلة، ويتميز بلونه الأبيض الناصع. الرقم "٣٢,٥" يشير إلى أن الحد الأدنى لمقاومة الضغط القياسية للأسمنت بعد ٢٨ يوماً هو ٣٢,٥ نيوتن/مم² أو ميجا باسكال. الحرف "N" يدل على أن الأسمنت ذو تطور قوة "عادي" Normal، أي ليس سريع التصلد R وليس بطيء التصلد L.

يتم الحصول على اللون الأبيض من خلال انتقاء دقيق للمواد الخام المستخدمة في إنتاج الكلنكر، بحيث تكون فقيرة جداً في أكاسيد المعادن الملونة، وبشكل خاص أكسيد الحديد $Fe_2 O_3$ وأكسيد المنغنيز MnO_2 . عادةً ما تكون نسبة $Fe_2 O_3$ أقل من ٠,٣% إلى ٠,٥%، ونسبة MnO_2 أقل من ٠,٠٣% في الكلنكر الأبيض. كما يجب أن يحقق درجة بياض عالية، قيمة L^* في نظام CIELAB أكبر من ٨٥. عملية الإنتاج تتطلب تحكماً صارماً في الحرق والتبريد لمنع تكون أطوار ملونة.

٨,٢ التركيب

وفقاً للمواصفة EN 197-1 وما قدمه المستخدم، يتكون أسمنت CEM I 32.5N White من:

• الكلنكر البورتلندي الأبيض K - White Portland Cement

Clinker:

- النسبة: لا يقل عن ٩٥% بالكتلة من الأسمنت.
- تعريف الكلنكر البورتلندي: يُصنع بتسخين مزيج دقيق من مواد خام، مثل CaCO_3 ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، وكميات ضئيلة جدًا من Fe_2O_3 في حالة الكلنكر الأبيض، حتى التلييد. يجب أن يتكون من ثلثي كتلته على الأقل من سيليكات الكالسيوم C_3S و C_2S ، وألا تقل نسبة CaO/SiO_2 عن ٢,٠، وألا يتجاوز محتوى MgO فيه ٥,٠%.
- خصوصية الكلنكر الأبيض: مواد خام عالية النقاوة، مثل حجر جيرى نقي، كاولين، رمل سيليكات نقي، قليلة المحتوى من أكاسيد التلوين. قد يتطلب درجات حرارة حرق أعلى أو تعديلات في نسب المواد الخام لضمان التلييد الكامل.
- التركيب المعدني النموذجي للكلنكر الأبيض حسب حسابات بوغ:
 - C_3S الأليت: نسبة مرتفعة، قد تتراوح بين ٥٠-٧٠%، للمساهمة في القوة.
 - C_2S البيليت: يتناسب عكسيًا مع C_3S ، يساهم في القوة على المدى الطويل.
 - C_3A ألومينات ثلاثي الكالسيوم: قد تكون نسبته أعلى في الكلنكر الأبيض مقارنة بالرمادي، قد تصل إلى ١٠-١٥% أو أكثر، بسبب انخفاض الحديد. يؤثر على سرعة التفاعل، حرارة الإماهة، ومقاومة الكبريتات.
 - C_4AF ألومنيوم حديد رباعي الكالسيوم أو الفريت: تكون نسبته منخفضة جدًا، عادة أقل من ١-٢%، وهو العامل الرئيسي في تحقيق اللون الأبيض.

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional

Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% بالكتلة من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية.
- تعريفها: مواد معدنية غير عضوية طبيعية أو مشتقة من إنتاج الكلنكر، تُستخدم لتحسين الخصائص الفيزيائية.

- الأنواع المسموح بها للأبيض، يجب أن تكون بيضاء أو فاتحة جدًا:
الحجر الجيري النقي الأبيض LL هو الخيار الأكثر شيوعًا. يمكن استخدام الكاولين المعالج حراريًا P أو Q، أو غبار السيليكا الأبيض إذا توفر. معظم الأنواع الأخرى S, V, W, T غالبًا ما تكون داكنة.

● كبريتات الكالسيوم: Calcium Sulfate

- النسبة: تُضاف عادة بنسبة تتراوح بين ٣% إلى ٥% من كتلة الأسمنت النهائية.
- الغرض: تنظيم زمن الشك ومنع الشك السريع. يجب أن يكون الجبس المستخدم عالي النقاوة وخاليًا من الشوائب الملونة.

● الإضافات الكيميائية: Additives

- النسبة: لا تتجاوز ١,٠% بالكتلة، والمضافات العضوية $\leq 0,5\%$ على أساس جاف.
- الغرض: تحسين عملية التصنيع أو خصائص الأسمنت. في الأسمنت الأبيض، قد تُستخدم مساعدات طحن أو محسنات للبياض أو مشتتات لون، مع الحرص على عدم التأثير على اللون الأبيض.

٨,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والقيم المحددة في كتابك لهذا النوع:

● المحددات الفيزيائية الإلزامية:

- مقاومة الضغط المبكرة بعد يومين: $\leq 10,0$ ميجا باسكال MPa.
- مقاومة الضغط القياسية بعد ٢٨ يومًا: $\leq 32,5$ ميجا باسكال و $\geq 52,5$ ميجا باسكال.

- زمن الشك الابتدائي: ≤ 75 دقيقة.

- الثبات الحجمي - تمدد لوشاتلييه: ≥ 10 ملم.

● خصائص فيزيائية اختيارية هامة للأبيض:

- النعومة: Blaine - Fineness يتميز الأسمنت الأبيض غالبًا بنعومة أعلى من الرمادي. القيم النموذجية قد تتراوح بين ٣٥٠٠ إلى ٥٠٠٠ سم²/جم، أي ٣٥٠ إلى ٥٠٠ م²/كجم.
- درجة البياض: Whiteness: قيمة *L في نظام CIELAB عادة > 85%.

● المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقًا لـ EN 197-1: CEM I

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- ثالث أكسيد الكبريت $\text{SO}_3 \leq 3.5\%$ بالكتلة.
- الكلوريدات $\text{Cl}^- \leq 0.10\%$ بالكتلة.
- أكسيد المغنيسيوم $\text{MgO} \leq 5.0\%$ بالكتلة.
- الفقد عند الاشتعال $\text{L.O.I.} \leq 5.0\%$ بالكتلة.
- البقايا غير القابلة للذوبان $\text{I.R.} \leq 5.0\%$ بالكتلة.
- إضافة خاصة للأبيض: محتوى أكاسيد التلوين، مثل $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ و MnO_2 ، يجب أن يكون منخفضاً جداً، مثال $\text{Fe}_2 \text{O}_3 < 0.35\%$ و $\text{MnO}_2 < 0.5\%$.

• تأثير زيادة ونقصان المحددات الكيميائية الإلزامية:

- SO_3 ثالث أكسيد الكبريت: $3.5\% >$ خطر تمدد كبريتاتي متأخر DEF، تشققات، انخفاض القوة النهائية، شك كاذب.
- نقصان SO_3 : شك سريع أو خاطف Flash Set، صعوبة في التشغيل، تطور قوة منخفض.
- Cl^- الكلوريدات: $0.10\% >$ خطر كبير لتآكل حديد التسليح، تشقق الخرسانة، تقليل العمر الافتراضي للمنشأ. قد تسرع الشك وتؤثر على القوة.
- MgO أكسيد المغنيسيوم $> 5.0\%$ Periclase: تمدد متأخر للخرسانة، تمدد المغنيسيا، تشققات وتلف خطير.
- LOI الفقدان بالحرق: $5.0\% >$ يشير لتلف الأسمنت بالإماهة المسبقة أو التكرين، يقلل فعاليته وقوته النهائية، يزيد زمن الشك وقابلية التشغيل قد تقل.
- IR المواد غير القابلة للذوبان: $5.0\% >$ وجود مواد خاملة أو شوائب، تقلل القوة، قد تزيد الحاجة للماء وتؤثر على الكثافة والتجانس.

• تأثير تغير خصائص النعومة والمركبات الرئيسية للأبيض:

○ النعومة: Fineness

- زيادة النعومة: تطور أسرع للقوة المبكرة، حرارة إماهة أعلى، قابلية تشغيل أفضل، تقليل النضح. لكن قد تزيد الطلب على الماء، الانكماش، والحساسية للتدهور بالتخزين.
- نقصان النعومة: تطور أبطأ للقوة، حرارة إماهة أقل، زيادة النضح، قابلية تشغيل أقل، قد يتطلب معالجة أطول.

○ نسب المركبات الرئيسية للكلنكر الأبيض $C_3 S, C_2 S, C_3 A$

$C_4 AF$:

- $C_3 S$ عالي: قوة مبكرة عالية، حرارة إمالة عالية.
- $C_2 S$ عالي، على حساب $C_3 S$ قوة مبكرة أقل، حرارة إمالة أقل، قوة متأخرة أفضل، قد يحسن الديمومة.
- $C_3 A$ عالي، محتمل في الأبيض: شك أولي سريع، حرارة إمالة عالية، مقاومة كبريتات منخفضة.
- $C_4 AF$ منخفض جدًا، ضروري للأبيض: هو المسؤول عن اللون الرمادي، انخفاضه قد يتطلب تعديل ظروف الحرق.

٨,٤ الاستخدامات النموذجية

يُستخدم أسمنت CEM I 32.5N White بشكل أساسي في التطبيقات التي يكون فيها اللون الأبيض الناصع أو الألوان الفاتحة والمظهر الجمالي عنصرًا حاسمًا. نظرًا لتكلفته الأعلى، لا يُستخدم عادة في الخرسانة الإنشائية العادية ما لم يكن اللون مطلوبًا.

- الخرسانة المعمارية البيضاء أو الملونة: واجهات مباني، عناصر معمارية بارزة، جدران داخلية وخارجية.
- العناصر الخرسانية مسبقة الصب: ألواح واجهات، وحدات كسوة، بلاط أرضية مزخرف، أثاث حضري، أحجار بناء اصطناعية.
- أعمال الترميم الدقيقة للآثار والمباني التاريخية: للحفاظ على المظهر الأصلي.
- مونات التشطيب، اللياسة أو البياض، البيضاء أو الملونة: للجدران الداخلية والخارجية.
- بلاط وأرضيات التيرازو: كمادة رابطة للركام الملون، يبرز جمال وألوان الركام.
- أعمال الحشو Grouting ذات المتطلبات اللونية: لفواصل بلاط السيراميك أو البورسلين أو الحجر الطبيعي.
- المنحوتات والأعمال الفنية الخرسانية.
- بطانات حمامات السباحة.
- علامات الطرق وملاعب التنس.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- لون أبيض ناصع ومظهر جمالي فائق: الميزة الرئيسية، يسمح بالحصول على ألوان فاتحة وزاهية عند إضافة الأصباغ.
- قوة ميكانيكية جيدة، فئة ٣٢,٥ N: مناسب للعديد من التطبيقات الإنشائية والديكورية.
- تطور قوة مبكرة عادي: N يوفر وقت عمل مناسب مع اكتساب قوة معقولة.
- محتوى منخفض جدًا من المواد الضارة: خاصة الكلوريدات والكروم سداسي التكافؤ، عادة، مما يعزز المتانة والسلامة.
- قابلية تشغيل جيدة: خاصة مع النعومة العالية المحتملة.
- أساس ممتاز للخرسانة الملونة عالية الجودة.

٨,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- المقاومة للكبريتات: ★★★★★☆ نجمتان
 - للنوع القياسي، يعتمد على محتوى C₃ A.
- المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★☆ نجمتان
 - حرارة إماهة معتدلة إلى مرتفعة بسبب النعومة والمحتوى العالي المحتمل لـ C₃ A.
- قوة الضغط المبكرة: ★★★★★☆ ثلاث نجوم
 - النوع "N"، قوة مبكرة عادية، ≤ 10 ميغا باسكال بعد يومين.
- النعومة: ★★★★★ Fineness أربع نجوم
 - عادةً ما يكون أنعم من الرمادي لتحسين البياض.
- البصمة الكربونية: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - التقييم في الكتاب نجمتان لـ White R 32.5، عالية بسبب الكلنكر العالي ومتطلبات إنتاج الأبيض.
- الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - تكلفة إنتاج عالية جدًا بسبب المواد الخام النقية وعمليات التصنيع الخاصة.
- الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★☆ ثلاث نجوم

- القيمة الجمالية تبرر التكلفة في التطبيقات المتخصصة.
- سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★☆ نجمتان
 - إنتاج متخصص وتوافر محدود.
- تأثير النوع على عمر المشروع - الاستدامة والمتانة: ★★★★★☆ أربع نجوم
 - متانة جيدة، وثبات لوني.
- محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو TOC: ★★★★★☆ خمس نجوم
 - منخفض جدًا بسبب نقاء المواد الخام.
- الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ CEM I 32.5N White:
 - الواجهات المعمارية المتميزة والعناصر الزخرفية مسبقة الصب
 - عالية الجودة ذات اللون الأبيض الناصع أو الملون بألوان زاهية.
 - يوفر قاعدة مثالية للون والمظهر.
 - يسمح بتحكم دقيق في اللون والتشطيب في بيئة المصنع.
 - يمكن تحقيق تفاصيل معقدة ودقيقة.
 - ديمومة لونية جيدة.
 - يبرر تكلفته الأعلى في هذه التطبيقات ذات القيمة الجمالية العالية.
- هذا هو القسم الخاص بـ الأسمنت الأبيض البورتلندي CEM I 32.5N White.
- هل أنت جاهز للانتقال إلى القسم التالي وهو الأسمنت الأبيض البورتلندي CEM I 32.5R White؟ (هذه الجملة كانت موجودة في نهاية الصفحة ٧٧ من OCR، لذا أضفتها هنا).

ممتاز، لنستمر في تفريغ بقية أنواع الأسمنت الأبيض.

٩ أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 32.5R White

٩,١ التعريف

يُعرَّف الأسمنت، وفقًا للمواصفة الأوروبية EN 197-1، بأنه "مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة طحنًا ناعمًا، عند خلطها بالماء، تُشكل عجينة تتصلب وتكتسب قساوة بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة، وبعد تصلبها، تحتفظ بقوتها واستقرارها حتى تحت الماء." يجب أن يكون أسمنت CEM المطابق للمواصفة EN 197-1 قادرًا على إنتاج خرسانة أو مونة تحتفظ بقابليتها للتشغيل لفترة كافية، تحقق مستويات مقاومة معينة، وتمتلك ثباتًا حجميًا طويل الأمد. يعود التصلب الهيدروليكي لأسمنت CEM بشكل أساسي إلى إماهة سيليكات الكالسيوم، وقد تشارك مركبات كيميائية أخرى أيضًا في عملية التصلب، مثل الألومينات. يجب ألا يقل مجموع نسب أكسيد الكالسيوم الفعال CaO وثنائي أكسيد السيليكون الفعال SiO_2 في أسمنت CEM عن ٥٠٪ بالكتلة.

الأسمنت البورتلندي الأبيض من النوع CEM I 32.5R White هو منتج متخصص. تشير علامة "CEM I" إلى أنه أسمنت بورتلندي يتكون بشكل أساسي من الكلنكر، لا تقل نسبته عن ٩٥٪ من الكتلة الكلية باستثناء الجبس والمكونات الثانوية المحدودة. السمة "أبيض" تفرض متطلبات صارمة على عملية الإنتاج والمواد الخام، منخفضة المحتوى جدًا من أكاسيد التلوين كأكسيد الحديد Fe_2O_3 وأكسيد المنغنيز MnO ، لتحقيق درجة بياض عالية. فئة القوة "٣٢,٥ R" تشير إلى أن الأسمنت يحقق مقاومة ضغط قياسية لا تقل عن ٣٢,٥ ميجا باسكال بعد ٢٨ يومًا، مع خاصية تطور المقاومة المبكرة العالية. Rapid - R المحددات المذكورة في كتابك لهذا المنتج، والتي تتضمن مقاومة ضغط $< ٤٢,٥$ ميجا باسكال بعد ٢٨ يومًا ومقاومة ≤ ٢٠ ميجا باسكال بعد يومين، تضعه في فئة أداء أعلى من ٣٢,٥ R القياسية، مما يشير لمنتج متميز.

٩,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة EN 197-1 وما قدمه المستخدم:

• الكلنكر البورتلندي الأبيض K - White Portland Cement

Clinker:

○ النسبة: لا يقل عن ٩٥٪ من كتلته.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **التعريف والخصائص:** يُصنع الكلنكر بتسخين مزيج دقيق من مواد خام مثل CaCO_3 ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، وكميات ضئيلة جدًا من Fe_2O_3 . يتكون من ثلثي كتلته على الأقل من سيليكات الكالسيوم C_3S و C_2S . يجب ألا تقل نسبة CaO/SiO_2 عن ٢,٠، وألا يتجاوز محتوى MgO فيه ٥,٠%. يتميز الكلنكر الأبيض بانخفاض شديد في Fe_2O_3 ، عادة $> ٠,٥\%$ أو حتى $> ٠,٢٥\%$ ، وأكاسيد التلوين الأخرى. هذا يؤدي لتغيير في نسب الأطوار المعدنية مقارنة بالكلنكر الرمادي، مثل ارتفاع C_3S و C_3A ، وانخفاض كبير أو غياب C_4AF .

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional Constituents:

- **النسبة:** لا تزيد عن ٥% من إجمالي كتلة الأسمنت.
- **التعريف والوظيفة:** مواد معدنية لتحسين الخصائص الفيزيائية. يجب أن تكون بيضاء اللون أو فاتحة جدًا.
- **الأنواع المسموح بها للأبيض، حسب قائمة المستخدم، مع مراعاة اللون:** الحجر الجيري النقي الأبيض LL هو الأكثر شيوعًا. غبار السيليكا الأبيض D ممكن إذا توفر نقيًا لونيًا. معظم المواد الأخرى S, P, Q, V, W, T غالبًا ما تكون داكنة وغير مناسبة ما لم تتوفر أنواع بيضاء خاصة.

• كبريتات الكالسيوم: Calcium Sulfate:

- **النسبة:** تُضاف بنسبة تتراوح بين ٣% و ٥% من الكتلة الكلية.
- **الغرض:** تنظيم زمن الشك ومنع الشك السريع Flash Set الناتج عن تفاعل C_3A السريع. يجب أن يكون الجبس المستخدم أبيض اللون وعالي النقاوة.

• المضافات الكيميائية: Additives:

- **النسبة:** لا تتجاوز ١% بالكتلة، والمضافات العضوية $\leq ٠,٥\%$ على أساس جاف.
- **الغرض:** تحسين التصنيع أو الخصائص، مثل مساعدات الطحن، محسنات البياض، مع الحرص على عدم التأثير على اللون الأبيض.

٩,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والقيم المحددة في كتابك لهذا المنتج المتميز:

- المحددات الفيزيائية الإلزامية، وفقاً لقيم المستخدم التي تتجاوز $R_{32,5}$ القياسية أحياناً:

- مقاومة الضغط المبكرة بعد يومين: ≤ 20 ميجا باسكال MPa.
- مقاومة الضغط القياسية بعد 28 يوماً: $< 42,5$ ميجا باسكال، وفي نفس الوقت $> 62,5$ ميجا باسكال (هناك تضارب في القيم المذكورة في صفحة ٧٩ و ٨١، سيتم اعتماد الحد الأدنى للقوة النهائية لفئة $R_{32,5}$ وهو $\leq 32,5$ ميجا باسكال والحد الأقصى $52,5$ ميجا باسكال، مع الأخذ بالاعتبار أن المنتج "متميز" وقد يحقق قيماً أعلى ضمن هذا النطاق أو يتجاوزه قليلاً).
- زمن الشك الابتدائي: ≤ 75 دقيقة.
- الثبات الحجمي - تمدد لوشاتلييه: ≥ 10 ملم.
- خصائص فيزيائية اختيارية هامة للأبيض:
 - النعومة: **Blaine - Fineness** يتميز بنعومة عالية، مثل 3200-.
 - 4420 سم²/جم أو 420 م²/كجم لفئة 52,5.
 - درجة البياض: **Whiteness**: قيمة *L في نظام CIELAB عادة $> 85\%$.

- المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ **CEM I - EN 197-1**، وقيم المستخدم:

- ثالث أكسيد الكبريت $\leq 4.0\%$ بالكتلة.
- الكلوريدات $\leq 0.10\%$ بالكتلة.
- أكسيد المغنيسيوم $\leq 5.0\%$ بالكتلة.
- الفقد عند الاشتعال $\leq 5.0\%$ بالكتلة.
- البقايا غير القابلة للذوبان $\leq 5.0\%$ بالكتلة.
- تأثير زيادة ونقصان المحددات الكيميائية الإلزامية:
 - **SO₃ ثالث أكسيد الكبريت:**
 - النقصان عن الحد الأمثل: شك سريع Flash Set أو شك كاذب False Set، صعوبة في التشغيل، ضعف القوة المبكرة.
 - الزيادة عن الحد المسموح به 4%: خطر تمدد كبريتاتي متأخر DEF، تشققات، انخفاض القوة النهائية.
 - **الكلوريدات: $\leq 0.10\%$**
 - خطر كبير لتآكل حديد التسليح، تشقق الخرسانة، تقليل العمر الافتراضي. قد تسرع الشك وتؤثر على القوة.

- **MgO أكسيد المغنيسيوم > ٥,٠ % ك Periclase** تمدد متأخر للخرسانة، تمدد المغنيسيا، تشققات وتلف خطير.
- **LOI الفقدان بالحرق: 5.0%** >يشير لتلف الأسمنت بالإماهة المسبقة أو التكرين، يقلل فعاليته وقوته النهائية، يزيد زمن الشك، ويقلل قابلية التشغيل.
- **IR المواد غير القابلة للذوبان: 5.0%** >وجود مواد خاملة أو شوائب، تقلل القوة، قد تؤثر على قابلية التشغيل والطلب على الماء.

٩,٤ الاستخدامات النموذجية

بفضل لونه الأبيض الناصع وقوته الجيدة، خاصة المبكرة لفئة R""، يجد أسمنت CEM I 32.5R White تطبيقات واسعة حيث المظهر الجمالي والأداء الموثوق مهمان:

- **العناصر المعمارية مسبقة الصب:** ألواح واجهات، أعمدة زخرفية، كورنيش، درابزينات، وحدات بناء زخرفية.
- **أعمال الواجهات والمونة البيضاء Stucco/Renders and White Mortars:** لللياسة الخارجية والداخلية، ولصق الطوب أو الحجر الأبيض.
- **أرضيات التيرازو Terrazzo Flooring:** مادة رابطة مثالية للركام الملون.
- **مونة لصق وملء فواصل البلاط Tile Grout and Pointing Mortar:** خاصة مع البلاط الفاتح.
- **المنحوتات والأعمال الفنية الخرسانية.**
- **حمامات السباحة Swimming Pools:** للبطانة النهائية.
- **حواجز الطرق وعلامات الأرصفة:** لزيادة وضوح الرؤية.
- **ترميم المباني الأثرية والتاريخية:** لتحقيق تطابق لوني.
- **الخرسانة ذاتية التنظيف أو المضيئة، مع إضافات خاصة:** كقاعدة لتطوير أنواع متقدمة.

٩,٥ الفوائد والمميزات

- **لون أبيض ناصع ومظهر جمالي فائق:** الميزة الأساسية، يسمح بالحصول على ألوان فاتحة وزاهية عند إضافة الأصباغ.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- قوة مبكرة عالية، خاصية " R": تسرع الإنجاز، وتسمح بفك قوالب أسرع، وتحميل مبكر.
- قوة ميكانيكية جيدة، فئة ٣٢,٥، وقد تصل لأداء ٤٢,٥ حسب مواصفات المستخدم: مناسب للعديد من التطبيقات الإنشائية والديكورية.
- محتوى منخفض جدًا من المواد الضارة: خاصة الكلوريدات والكروم سداسي التكافؤ، عادة.
- قابلية تشغيل جيدة وجودة سطح عالية: بفضل النعومة المحتملة.
- كفاءة في إنتاج الخرسانة مسبقة الصب: يقلل دورات الإنتاج.

٩,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي، مع الأخذ في الاعتبار أنه قد يتفوق على ٣٢,٥ R القياسي:

- المقاومة للكبريتات: ★★★★★ ثلاث نجوم
 - يعتمد على محتوى $C_3 A$ الفعلي، قد يكون أعلى إذا كان نوع SR.
- المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★ نجمتان
 - حرارة إماهة مرتفعة نسبيًا بسبب النعومة وخاصية " R".
- قوة الضغط المبكرة: ★★★★★ خمس نجوم
 - خاصية " R" وقيمة المستخدم ≤ 20 ميغا باسكال بعد يومين ممتازة.
- النعومة: ★★★★★ Fineness أربع نجوم
 - عالية إلى عالية جدًا، مفيدة للقوة المبكرة والبياض.
- البصمة الكربونية: ★★★★★ نجمتان
 - الكتاب أعطى نجمتين لـ White N 52.5، عالية بسبب الكلنكر العالي ومتطلبات إنتاج الأبيض وخاصية " R".
- الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★★★★ نجمتان
 - الكتاب أعطى نجمتين لـ White N 52.5، تكلفة إنتاج عالية بسبب المواد الخام النقية وعمليات التصنيع الخاصة.
- الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★ ثلاث نجوم
 - القيمة الجمالية والأداء الميكانيكي يبرران التكلفة في التطبيقات المتخصصة.
- سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★ ثلاث نجوم

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- إنتاج متخصص وتوافر أقل من الرمادي، لكنه ممكن.
- تأثير النوع على عمر المشروع - الاستدامة والمتانة: ★★★★★ ☆ أربع نجوم
- متانة جيدة وثبات لوني، مع مراعاة البصمة الكربونية.
- محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو TOC: ★★★★★ ☆ أربع نجوم
- منخفض جدًا بسبب نقاء المواد الخام.
- الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ CEM I 32.5R White: العناصر المعمارية مسبقة الصب Architectural Precast

Concrete Elements:

- بياض فائق ومظهر جمالي.
- قوة مبكرة عالية "R" تسرع الإنتاج.
- إمكانية تشكيل تفاصيل دقيقة وجودة سطح عالية.
- تناسق لوني وجودة مضمونة.

بالتأكيد، لنكمل تفرغ الأنواع المتبقية من الأسمنت الأبيض بنفس الأسلوب.

١٠ أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 42.5N White

١٠,١ التعريف

أسمنت CEM I 42.5N White هو أسمنت بورتلندي يتميز بلونه الأبيض الناصع، وينتمي إلى فئة الأسمنت البورتلندي الخالص CEM I وفقاً للمواصفة الأوروبية EN 197-1، مما يعني أنه يتكون بنسبة لا تقل عن ٩٥% من الكلنكر

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

البورتلندي الأبيض. الرقم "٤٢,٥" يشير إلى أن الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط القياسية للأسمنت بعد ٢٨ يومًا هو ٤٢,٥ ميجا باسكال. الحرف "N" يدل على أن الأسمنت يتمتع بمعدل تطور قوة "عادي" Normal Early Strength، أي أنه يكتسب قوته بشكل تدريجي وليس بسرعة فائقة كما في فئة "R" أو ببطء كما في فئة "L".

يتم الحصول على اللون الأبيض من خلال اختيار مواد خام نقية جدًا، منخفضة المحتوى من أكاسيد الحديد والمنغنيز، وعمليات تصنيع دقيقة لتجنب التلوث اللوني. يُستخدم هذا النوع بشكل أساسي في التطبيقات التي تتطلب مظهرًا جماليًا عاليًا وقوة ميكانيكية جيدة.

١٠,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والمعلومات المقدمة في كتابك:

• الكلنكر البورتلندي الأبيض K - White Portland Cement

Clinker:

- النسبة: لا تقل عن ٩٥% من كتلة الأسمنت.
- الخصائص: يُصنع من مواد خام نقية، حجر جيرى نقي، كاولين، رمل سيليكات أبيض، منخفضة جدًا في أكاسيد التلوين مثل $Fe_2 O_3$ و MnO_2 ٠,٣% و ٠,٥-٠,٣% قد يتطلب درجات حرارة حرق أعلى. تركيب الكلنكر الأبيض المعدني يختلف عن الرمادي، عادةً بنسبة $C_4 AF$ منخفضة جدًا ونسبة $C_3 A$ قد تكون أعلى نسبيًا.

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional

Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% بالكتلة.
- الأنواع المناسبة للأبيض: الحجر الجيري النقي الأبيض LL، الكاولين المعالج حراريًا P أو Q، أو غبار السيليكا الأبيض النقي لونيًا D.

• كبريتات الكالسيوم Calcium Sulfate

- النسبة والغرض: تُضاف عادة بنسبة ٣% إلى ٥% لتنظيم زمن الشك. يجب أن يكون الجبس المستخدم أبيض اللون وعالي النقاوة.

• المضافات الكيميائية Additives

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- **النسبة والغرض:** لا تتجاوز ١% بالكتلة. قد تشمل مساعدات طحن أو محسنات بياض، مع الحرص على عدم التأثير سلباً على اللون الأبيض.

١٠,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقاً للمواصفة EN 197-1 والقيم النموذجية المذكورة في كتابك لهذا النوع:

○ المحددات الفيزيائية الإلزامية:

○ **مقاومة الضغط: Compressive Strength**

- بعد يومين: $10,0 \leq$ ميجا باسكال MPa. القيم النموذجية الفعلية قد تكون أعلى، مثل ١٣,٥ - ٢١,٧ ميجا باسكال.
- بعد ٢٨ يوماً: $42,5 \leq$ ميجا باسكال و $62,5 \geq$ ميجا باسكال. القيم النموذجية الفعلية، مثل ٤٣,٥ - ٥٠,٨ ميجا باسكال.

○ **زمن الشك: Setting Time**

- زمن الشك الابتدائي: $60 \leq$ دقيقة، لفئة ٤٢,٥ N. بعض المعايير الصينية للأبيض تشير إلى > 45 دقيقة.
- زمن الشك النهائي: > 10 ساعات، وفقاً للمعيار الصيني للأبيض، أو حوالي ٢٥٠ دقيقة كقيمة نموذجية.

○ **الثبات الحجمي - تمدد لوشاتلييه: Soundness: ≥ 10 ملم.**

○ خصائص فيزيائية اختيارية هامة للأبيض:

- **النعومة: Blaine - Fineness** عالية. القيم النموذجية تتراوح بين ٤٢٩٠ و ٤٤٥٠ سم²/جم، أو قد تصل إلى ٣٣٠٠-٥٠٠٠ سم²/جم.
- **درجة البياض: Whiteness** قيمة *L في نظام CIELAB عادة $> 90\%$. المعيار الصيني يشير إلى $\geq 80\%$ أو $\geq 87\%$ حسب الدرجة.

- **حرارة الإماهة: Heat of Hydration** معتدلة بشكل عام لفئة "N". بعض أنواع الأبيض قد تكون ذات حرارة إماهة منخفضة، مثل ١٦٦-١٧٦ جول/جرام بعد ٧ أيام.

○ المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ CEM I - EN 197-1، وقيم المستخدم للأبيض:

- ثالث أكسيد الكبريت $3.5\% \leq$: SO_3 بالكتلة، أو $\leq 4,0\%$ حسب بعض المواصفات. القيم الفعلية للأبيض: ١,٤٧ - ٢,٢٧%.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- الكلوريدات Cl^- : $\leq 0.10\%$ بالكتلة. القيم الفعلية للأبيض: ٠,٠١٨ - ٠,٠٤ %.
- أكسيد المغنيسيوم MgO : $\leq 5.0\%$ بالكتلة. القيم الفعلية للأبيض: ٠,٧١ - ٢,٧٤ %.
- الفقد عند الاشتعال L.O.I : $\leq 5.0\%$ بالكتلة. القيم الفعلية: ١,١١ - ١,٥٧ %.
- البقايا غير القابلة للذوبان I.R : $\leq 5.0\%$ بالكتلة. القيم الفعلية: ٠,٥٦ - ٠,٩٠ %.
- محتوى ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A لا يوجد حد مباشر في EN 197-1 للنوع القياسي. في الأبيض، قد يكون بين ٦,٦ - ٩,٠ % للكلنكر العادي أو ٢,٠ - ٢,٦ % للمقاوم للكبريتات.
- القلويات، مكافئ Na_2O يُفضل أن يكون $> ٠,٦\%$ للحد من تفاعل القلوي-سيليكات.
- الكروم سداسي التكافؤ Cr^{6+} عادة > ٢ جزء في المليون.
- تأثير زيادة ونقصان المحددات:
- النعومة:
- زيادتها: تطور أسرع للقوة المبكرة، حرارة إمالة أعلى، زيادة ميل للانكماش، قد يتطلب ماء أكثر.
- نقصانها: تطور أبطأ للقوة، حرارة إمالة أقل، زيادة النزف.
- SO_3 زيادته تسبب تمدد كبريتاتي متأخر DEF وتشققات. نقصانه يسبب شك سريع أو خاطف.
- Cl^- زيادته تسبب تآكل حديد التسليح.
- MgO زيادته كـ Periclase تسبب تمدد متأخر.
- LOI زيادته تشير لإمالة مسبقة أو تكربن، وانخفاض القوة.
- IR زيادته تشير لمواد خاملة وانخفاض القوة.
- C_3A زيادته تسبب سرعة شك أعلى، حرارة إمالة مبكرة أعلى، مقاومة كبريتات أقل، قد يعزز البياض. نقصانه يحسن مقاومة الكبريتات، يقلل حرارة الإمالة، يبطئ الشك.
- القلويات: زيادتها تسبب خطر تفاعل القلوي-سيليكات ASR مع ركام نشط.

١٠,٤ الاستخدامات النموذجية

يُستخدم أسمنت CEM I 42.5N White في التطبيقات التي تتطلب مظهرًا جماليًا عاليًا مع قوة ميكانيكية جيدة ومتانة:

- الأعمال المعمارية والديكورية: واجهات، عناصر زخرفية، منحوتات، خرسانة مكشوفة بيضاء أو ملونة.
- العناصر الخرسانية مسبقة الصب: ألواح جدارية، وحدات كسوة، بلاط أرضية فاخر، أثاث شوارع.
- بلاط وأرضيات التيرازو.
- مونة ربط وتكحيل البلاط، خاصة الفاتح.
- الجص والقسارة Stucco and Plaster البيضاء أو الملونة.
- أعمال ترميم المباني التاريخية والفنية.
- تطبيقات أخرى: تبليط حمامات السباحة، دهانات أسمنتية، أسطح عمل وأحواض.

١٠,٥ الفوائد والمميزات

- لون أبيض ناصع ومظهر جمالي فائق: يسمح بألوان فاتحة وزاهية عند التلوين.
- قوة ميكانيكية عالية وموثوقة، فئة ٤٢,٥ N: مناسب لمجموعة واسعة من التطبيقات.
- تطور قوة مبكرة عادي N: يوفر توازنًا جيدًا بين سرعة الإنجاز ووقت العمل.
- محتوى منخفض جدًا من المواد الضارة: خاصة الكلوريدات والكروم سداسي التكافؤ.
- قابلية تشغيل جيدة ونعومة عالية: يسهل الحصول على تشطيبات سطحية ممتازة.
- متانة جيدة في الظروف المناسبة.
- أساس ممتاز للخرسانة الملونة عالية الجودة.

١٠,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- المقاومة للكبريتات: ★★★★★ ☆ ثلاث إلى أربع نجوم، يعتمد على محتوى $C_3 A$ الفعلي.
- المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★ ☆ ثلاث إلى أربع نجوم
 - معتدلة، بعض الأنواع قد تكون منخفضة الحرارة.
- قوة الضغط المبكرة: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم
 - النوع "N"، قوة مبكرة عادية، ≤ 10 ميجا باسكال بعد يومين.
- النعومة: ★★★★★ Fineness ☆ أربع إلى خمس نجوم
 - عالية جدًا لتحسين البياض والتفاعلية.
- البصمة الكربونية: ★★★★★ ☆ نجمة إلى نجمتين
 - عالية بسبب الكلنكر العالي ومتطلبات إنتاج الأبيض.
- الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★★★★ ☆ نجمة إلى نجمتين
 - تكلفة إنتاج عالية.
- الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★ ☆ ثلاث نجوم
 - القيمة الجمالية والأداء يبرران التكلفة في التطبيقات المتخصصة.
- سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★ ☆ نجمتان
 - إنتاج متخصص وتوافر محدود.
- تأثير النوع على عمر المشروع - الاستدامة والمتانة: ★★★★★ ☆ أربع نجوم
 - متانة جيدة، وثبات لوني، مع مراعاة البصمة الكربونية.
- محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو: ★★★★★ TOC ☆ أربع نجوم
 - منخفض جدًا، خاصة الكروم والقلويات، عادة.
- الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ: CEM I 42.5N White
 - العناصر الخرسانية المعمارية مسبقة الصب عالية الجودة ذات التفاصيل الدقيقة والألوان المخصصة.
 - تحكم مطلق في اللون والمظهر في بيئة المصنع.
 - تحقيق تفاصيل معقدة ودقيقة.
 - متانة وأداء طويل الأمد.
 - كفاءة اقتصادية في هذا السياق المحدد.
 - يمكن دمجه مع تقنيات GFRC أو UHPC.

• هذا هو القسم الخاص بـ الأسمنت الأبيض البورتلندي CEM I 42.5N White.

• هل أنت جاهز للانتقال إلى القسم التالي وهو الأسمنت الأبيض البورتلندي CEM I 42.5R White؟ (هذه الجملة كانت موجودة في نهاية الصفحة ٩٤ من OCR، لذا أضفتها هنا).

ممتاز، لنواصل مع النوع التالي من الأسمنت الأبيض.

١١ أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 42.5R White

١١,١ التعريف

يُعرَّف الأسمنت، وفقًا للمواصفة الأوروبية EN 197-1، بأنه مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة طحنًا ناعمًا، والتي عند خلطها بالماء، تُشكل عجينة تتصلب وتكتسب قساوة بفعل تفاعلات وعمليات الإماهة، وبعد التصلب، تحتفظ بقوتها وثباتها حتى تحت الماء. أسمنت CEM المطابق للمواصفة EN 197-1 يجب أن يكون قادرًا على إنتاج خرسانة أو مونة تحتفظ بقابليتها للتشغيل لفترة كافية، وتحقق مستويات مقاومة محددة، وتمتلك ثباتًا حجميًا طويل الأمد. يعود التصلب الهيدروليكي لأسمنت CEM بشكل أساسي إلى إماهة سيليكات الكالسيوم. يجب ألا يقل مجموع نسب أكسيد الكالسيوم الفعال CaO وثنائي أكسيد السيليكون الفعال SiO₂ في أسمنت CEM عن ٥٠% بالكتلة.

أسمنت بورتلندي أبيض CEM I 42.5R White هو نوع متخصص يجمع بين القوة الميكانيكية العالية والمظهر الجمالي الفائق. "CEM I" يعني أنه أسمنت بورتلندي نقي، يتكون بشكل أساسي من الكلنكر بنسبة ٩٥% إلى ١٠٠%، مع

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

إمكانية إضافة نسبة قليلة جدًا، ٠-٥%، من المكونات الثانوية الإضافية. "٤٢,٥" هي فئة مقاومة الأسمنت، وتعني أن الحد الأدنى لمقاومة الضغط القياسية بعد ٢٨ يومًا هو ٤٢,٥ ميجا باسكال. الحرف "R" يشير إلى Rapid High Strength، أي أن الأسمنت يتمتع بمقاومة مبكرة عالية، ويكتسب جزءًا كبيرًا من قوته في الأيام الأولى، خاصة بعد يومين. السمة "أبيض" White هي الميزة المميزة، ناتجة عن استخدام مواد خام نقية جدًا منخفضة المحتوى من أكاسيد الحديد والمنغنيز والمركبات الملونة الأخرى، وعمليات تصنيع خاصة. درجة البياض، قيمة *L في نظام CIELAB، غالبًا ما تتجاوز ٩٠%.

١١,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة: EN 197-1

• الكلنكر البورتلندي الأبيض K - White Portland Cement Clinker:

- النسبة: لا يقل عن ٩٥% من مجموع المكونات الرئيسية والثانوية.
- التعريف: يُصنع بتلييد خليط دقيق من مواد خام مثل CaO ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، وكميات ضئيلة من Fe_2O_3 . يتكون من ثلثي كتلته على الأقل من سيليكات الكالسيوم C_3S و C_2S . نسبة $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \geq 2.0$ ، ومحتوى $\text{MgO} \leq 5.0\%$. يتميز الكلنكر الأبيض بانخفاض شديد في Fe_2O_3 ، عادة $< 0.5\%$ أو حتى $< 0.2\%$ ، وأكاسيد التلوين الأخرى.

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% من إجمالي كتلة الأسمنت.
- التعريف والوظيفة: مواد معدنية لتحسين الخصائص الفيزيائية. يجب أن تكون بيضاء اللون أو فاتحة جدًا.
- الأنواع المناسبة للأبيض: الحجر الجيري النقي الأبيض LL، غبار السيليكا الأبيض D، إذا توفر نقيًا لونيًا.

• كبريتات الكالسيوم Calcium Sulfate:

- النسبة والغرض: تُضاف عادة بنسبة ٣% إلى ٥% لتنظيم زمن الشك. يجب أن يكون الجبس المستخدم أبيض اللون وعالي النقاوة.

• المضافات الكيميائية Additives:

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- النسبة والغرض: لا تتجاوز ١% بالكتلة. قد تشمل مساعدات طحن أو محسنات بياض، مع الحرص على عدم التأثير على اللون الأبيض.

١١,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقاً للمواصفة EN 197-1 والقيم النموذجية المذكورة في كتابك لهذا المنتج المتميز:

○ المحددات الفيزيائية الإلزامية:

○ مقاومة الضغط: Compressive Strength

- بعد يومين: $20 \leq$ ميجا باسكال MPa.
- بعد ٢٨ يوماً: $42,5 \leq$ ميجا باسكال و $62,5 \geq$ ميجا باسكال.
- زمن الشك الابتدائي: Initial Setting Time ≤ 60 دقيقة، وفقاً لـ EN 197-1 لفئة ٤٢,٥ R. القيم الفعلية للأبيض قد تكون أطول، مثل ١٠٦ أو ١٣٥ دقيقة.

○ الثبات الحجمي - تمدد لوشاتليه: Soundness ≥ 10 ملم.

○ خصائص فيزيائية اختيارية هامة للأبيض:

○ النعومة: Blaine - Fineness عالية جداً لتحقيق خاصية " R".

القيم النموذجية بين ٤٠٠ و ٤٦٠ م²/كجم، أي ٤٠٠٠-٤٦٠٠ سم²/جم.

○ درجة البياض: Whiteness قيمة *L في نظام CIELAB عادة >

٩٠%، مثال ٩٠-٩٣% أو أعلى. الانعكاس للضوء. > 85%

○ حرارة الإماهة: Heat of Hydration مرتفعة نسبياً بسبب

النعومة العالية والمحتوى العالي من الكلنكر والفعالية العالية لمركباته،

خاصة C₃ S و C₃ A.

○ المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقاً لـ EN 197-1 - CEM I، وقيم

المستخدم للأبيض:

- ثالث أكسيد الكبريت $\leq 4.0\%$ SO₃ بالكتلة. الأنواع المقاومة للكبريتات SR قد يكون لها حد أقل مثل $\leq 3,5\%$.
- الكلوريدات $\leq 0.10\%$ CI⁻ بالكتلة.
- أكسيد المغنيسيوم $\leq 5.0\%$ MgO بالكتلة.
- الفقد عند الاشتعال $\leq 5.0\%$ L.O.I بالكتلة.
- البقايا غير القابلة للذوبان $\leq 5.0\%$ I.R بالكتلة، عندما يحتوي الأسمنت على مكونات ثانوية.

- تأثير زيادة ونقصان المحددات الكيميائية الإلزامية:
 - SO_3 : النقصان عن الحد الأمثل يسبب شك سريع أو خاطف Flash Set. الزيادة عن الحد المسموح به تسبب تمدد كبريتاتي متأخر. DEF.
 - Cl^- : الزيادة تسبب تآكل حديد التسليح.
 - MgO : الزيادة كـ Periclase تسبب تمدد متأخر.
 - LOI : الزيادة تشير لإمالة مسبقة أو ت كربن، وانخفاض القوة.
 - IR : الزيادة تشير لمواد خاملة أو شوائب، تقلل القوة، قد تؤثر على اللون.

١١,٤ الاستخدامات النموذجية

يُستخدم أسمنت CEM I 42.5R White في التطبيقات التي تتطلب قوة مبكرة عالية، ومظهرًا جماليًا فائقًا، وقوة نهائية جيدة:

- العناصر المعمارية مسبقة الصب Architectural Precast Concrete Elements: ألواح واجهات، عناصر زخرفية، حيث سرعة الإنتاج مهمة.
- الخرسانة عالية الأداء البيضاء أو الملونة High-Performance White or Colored Concrete: للمشاريع التي تتطلب قوة ومتانة مع جماليات خاصة.
- أعمال الترميم التي تتطلب قوة سريعة وتطابق لوني.
- المنتجات الأسمنتية التي تتطلب فك قوالب سريع ولون أبيض: مثل بعض أنواع البلاط أو الأحجار الاصطناعية.
- تطبيقات خاصة تتطلب تصلبًا سريعًا ومظهرًا أبيض: مثل بعض أنواع الجص أو المونة الخاصة.

١١,٥ الفوائد والمميزات

- لون أبيض ناصع ومظهر جمالي فائق.
- قوة مبكرة عالية جدًا، خاصية "R": تسرع الإنجاز، تسمح بفك قوالب مبكر.
- قوة نهائية عالية وموثوقة، فئة ٤٢,٥.
- محتوى منخفض جدًا من المواد الضارة.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- قابلية تشغيل جيدة وجودة سطح عالية.
- كفاءة في إنتاج الخرسانة مسبقة الصب.

١١,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- **المقاومة للكبريتات: ★★☆☆☆** نجمتان
 - للنوع القياسي، ما لم يكن SR.
- **المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★☆☆☆** نجمتان
 - حرارة إماهة مرتفعة نسبيًا بسبب النعومة وخاصية "R".
- **قوة الضغط المبكرة: ★★★★★** خمس نجوم
 - السمة "R" وقوة ≤ 20 ميجا باسكال بعد يومين ممتازة.
- **النعومة: Fineness: ★★★★★** أربع نجوم
 - عالية إلى عالية جدًا، مفيدة للقوة المبكرة والبياض.
- **البصمة الكربونية: ★★☆☆☆** نجمتان
 - عالية بسبب الكلنكر العالي ومتطلبات إنتاج الأبيض وخاصية "R".
- **الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★☆☆☆** نجمتان
 - تكلفة إنتاج عالية.
- **الكلفة مقابل الأداء: ★★☆☆☆** ثلاث نجوم
 - القيمة الجمالية والأداء الميكانيكي يبرران التكلفة.
- **سهولة الإنتاج والتوافر: ★★☆☆☆** نجمتان
 - إنتاج متخصص وتوافر محدود.
- **تأثير النوع على عمر المشروع - الاستدامة والمتانة: ★★★★★** أربع نجوم
 - متانة جيدة وثبات لوني، مع مراعاة البصمة الكربونية.
- **محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو TOC: ★★★★★** أربع نجوم
 - منخفض جدًا بسبب نقاء المواد الخام.
- **الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ CEM I 42.5R White**
 - الخرسانة المعمارية مسبقة الصب عالية الأداء ذات الألوان الزاهية والنقوش الدقيقة.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- جماليات فائقة وحرية تصميمية.
- قوة مبكرة عالية " R تسرع الإنتاج.
- إمكانية تشكيل تفاصيل دقيقة وجودة سطح عالية.
- تناسق لوني وجودة مضمونة.

ممتاز، لنكمل مع النوعين الأخيرين من الأسمنت الأبيض بنفس الطريقة.

١٢ أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 52.5N White

١٢,١ التعريف

الأسمنت الأبيض البورتلندي CEM I 52.5N White هو أسمنت عالي الجودة والقوة، ينتمي إلى فئة CEM I حسب المواصفة الأوروبية EN 197-1، مما يعني أنه يتكون بشكل أساسي من الكلنكر البورتلندي الأبيض بنسبة لا تقل عن ٩٥%. الرقم "٥٢,٥" يشير إلى فئة المقاومة، حيث يكون الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط القياسية بعد ٢٨ يومًا هو ٥٢,٥ ميجا باسكال، مما يضعه ضمن فئات الأسمنت عالي القوة جدًا. الحرف "N" يدل على تطور قوة "عادي" Normal Early Strength، مما يعني أنه على الرغم من قوته النهائية العالية جدًا، فإن اكتسابه للقوة المبكرة يكون بمعدل طبيعي وليس سريعًا جدًا كـ "R السمة" "أبيض" White. هي ما يميزه لونيًا، ويتم تحقيقها عبر استخدام مواد خام فائقة النقاوة وعمليات إنتاج دقيقة للتحكم في اللون. يُستخدم هذا النوع في التطبيقات التي تتطلب أعلى درجات الأداء الميكانيكي إلى جانب المظهر الجمالي الأبيض الناصع.

وفقاً للمواصفة EN 197-1 والمعلومات المقدمة في كتابك:

• الكلنكر البورتلندي الأبيض K - White Portland Cement

Clinker:

- النسبة: لا تقل عن ٩٥% من كتلة الأسمنت.
- الخصائص: يُنتج من مواد خام مختارة بعناية فائقة لضمان نقاء اللون، مع محتوى منخفض للغاية من أكاسيد الحديد والمنغنيز. يتطلب ظروف حرق وتبريد خاصة. لإنتاج قوة N٥٢,٥، يجب أن يكون الكلنكر ذا جودة عالية جداً وتركيب معدني مثالي، خاصة فيما يتعلق بنسب $C_3 S$.

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional

Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% بالكتلة.
- الأنواع المناسبة للأبيض: يجب أن تكون بيضاء اللون أو فاتحة جداً ولا تؤثر على البياض النهائي للأسمنت.

• كبريتات الكالسيوم Calcium Sulfate:

- النسبة والغرض: تُضاف كجس أبيض عالي النقاوة لتنظيم زمن الشك.

• المضافات الكيميائية Additives:

- النسبة والغرض: تُستخدم بحذر شديد وبكميات قليلة جداً، لضمان عدم التأثير على اللون أو خصائص الأداء العالي.

١٢,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقاً للمواصفة EN 197-1 والقيم النموذجية المذكورة في كتابك لهذا النوع عالي الأداء:

• المحددات الفيزيائية الإلزامية:

○ مقاومة الضغط Compressive Strength:

- بعد يومين: ≤ 20 ميجا باسكال MPa.

• بعد ٢٨ يومًا: $52,5 >$ ميجا باسكال MPa المواصفة EN 197-1 تحدد عادة نطاقًا علويًا أيضًا لفئة ٥٢,٥، وهو $\geq 72,5$ ميجا باسكال.

- **Initial Setting Time:** ≤ 45 دقيقة.
- **Soundness:** ≥ 10 ملم.
- **خصائص فيزيائية اختيارية هامة للأبيض عالي القوة:**
 - **النعومة Blaine - Fineness:** عالية جدًا. القيم النموذجية لأسمنت CEM I 52.5N White تتراوح عادةً بين ٣٦٠٠ إلى ٥٣٠٠ سم²/جم، أي ٣٦٠ إلى ٥٣٠ م²/كجم.
 - **درجة البياض Whiteness:** عالية جدًا، قيمة L^* في نظام CIELAB عادةً $> 90-92\%$.
 - **حرارة الإماهة Heat of Hydration:** معتدلة إلى مرتفعة نسبيًا بسبب النعومة العالية والمحتوى المرتفع من $C_3 S$.
- **المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقًا لـ EN 197-1 - CEM I:**
 - ثالث أكسيد الكبريت $\leq 4.0\%$ بالكتلة.
 - الكلوريدات $\leq 0.10\%$ بالكتلة.
 - أكسيد المغنيسيوم $\leq 5.0\%$ بالكتلة.
 - الفقد عند الاشتعال $\leq 5.0\%$ بالكتلة.
 - البقايا غير القابلة للذوبان $\leq 5.0\%$ بالكتلة.

١٢,٤ الاستخدامات النموذجية

يُستخدم أسمنت CEM I 52.5N White في التطبيقات الإنشائية والمعمارية الأكثر تطلبًا، والتي تحتاج إلى قوة ميكانيكية فائقة جدًا ومظهر جمالي أبيض استثنائي:

- **عناصر الخرسانة مسبقة الصب عالية الأداء جدًا High-Performance Precast Concrete Elements:** مثل ألواح الواجهات الكبيرة والرقيقة، والعناصر الإنشائية المعقدة التي تتعرض لأحمال عالية.
- **الخرسانة عالية القوة جدًا Very High-Strength Concrete:** للمباني الشاهقة، الجسور ذات البحور الطويلة، والمنشآت الخاصة التي تتطلب مقاومة استثنائية.
- **الهياكل الإنشائية سابقة الإجهاد Prestressed Concrete Structures:** التي تتطلب أعلى درجات القوة والمتانة مع مظهر جمالي.

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- المنتجات الأسمنتية المتخصصة: التي تحتاج إلى قوة ربط عالية جدًا ولون أبيض ناصع.
- الخرسانة فائقة الأداء البيضاء UHPC - White Ultra-High Performance Concrete: كعنصر أساسي في تركيبها.

١٢,٥ الفوائد والمميزات

- أعلى درجات القوة النهائية المتاحة تجاريًا تقريبًا.
- لون أبيض ناصع وممتاز جدًا.
- تطور قوة مبكرة جيد، حتى كنوع "N" لهذه الفئة العالية.
- متانة فائقة عند التصميم والتنفيذ الصحيح.
- أساس مثالي لإنتاج خرسانة بيضاء أو ملونة ذات أداء ميكانيكي استثنائي.

١٢,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- المقاومة للكبريتات: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - للنوع القياسي غير المقاوم للكبريتات.
- المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★☆ ثلاث نجوم
 - معتدلة إلى مرتفعة نسبيًا، النوع "N" أفضل من "R" لكنه ليس منخفض الحرارة نظرًا للقوة العالية.
- قوة الضغط المبكرة، يومين و ٧ أيام: ★★★★★☆ أربع نجوم
 - جيدة جدًا لفئة "N" بقوة ٥,٥، ٢٠ ≤ ميغا باسكال بعد يومين.
- النعومة: ★★★★★ Fineness أربع نجوم
 - نعومة عالية نسبيًا لتحقيق القوة المطلوبة.
- البصمة الكربونية: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - عالية جدًا بسبب نسبة الكلنكر العالية ومتطلبات إنتاج القوة القصوى واللون الأبيض.
- الكلفة الاقتصادية - تكلفة الإنتاج: ★★★★★☆ نجمتان
 - أعلى من فئات القوة الأقل بسبب متطلبات الجودة والطحن الفائق والنقاء اللوني.
- الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★☆ أربع نجوم

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- الأداء الفائق جدًا يبرر التكلفة في التطبيقات شديدة التطلب.
- **سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★** ثلاث نجوم
 - يتطلب تحكمًا دقيقًا للغاية، قد يكون أقل توفرًا من فئات أقل.
- **تأثير النوع على عمر المشروع - الاستقرار والاستدامة: ★★★★★**
 - ثلاث نجوم
 - متانة فائقة، لكن البصمة الكربونية العالية تقلل التقييم البيئي.
- **محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو: TOC★★★★☆** أربع نجوم
 - التزام بالحدود القياسية الصارمة، ونقاء عالٍ للمواد الخام.
- **الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ: CEM I 52.5N White:**
 - إنتاج عناصر الخرسانة مسبقة الصب عالية الأداء جدًا - **High-Performance Precast Concrete Elements** ذات المتطلبات الجمالية والهيكلية الفائقة.
 - القوة المبكرة والنهائية العالية جدًا تسمح بتصميم عناصر أنحف وأخف وزنًا أو ذات بحور أكبر.
 - جودة سطح ولون لا مثيل لهما.
 - دقة عالية في الأبعاد والتفاصيل.
 - كفاءة اقتصادية في سياق القيمة المضافة العالية لهذه العناصر المتخصصة.
- **موانع الاستخدام أو يتطلب احتياطات خاصة:**
 - البيئات ذات المحتوى العالي من الكبريتات، ما لم يكن الأسمنت مصنفًا كـ **SR**.
 - الخرسانة الكتلية الكبيرة جدًا، بسبب حرارة الإماهة المعتدلة إلى المرتفعة، ما لم تتخذ تدابير تبريد خاصة جدًا.
 - المشاريع ذات الميزانية المحدودة جدًا التي لا تتطلب هذا المستوى من الأداء الجمالي أو القوة.

١٣ أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 52.5R White

١٣,١ التعريف

أسمنت أبيض بورتلندي CEM I 52.5R White يمثل قمة أنواع الأسمنت البورتلندي من حيث الجمع بين أعلى درجات القوة الميكانيكية، سواء المبكرة أو النهائية، والمظهر الجمالي الأبيض الفائق. ينتمي إلى فئة CEM I حسب المواصفة الأوروبية EN 197-1، مما يعني نقاءً عاليًا للكلنكر البورتلندي الأبيض، بنسبة لا تقل عن ٩٥%. الرقم "٥٢,٥" يدل على فئة المقاومة الأعلى، حيث الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط القياسية بعد ٢٨ يومًا هو ٥٢,٥ ميجا باسكال. الحرف "R" يشير إلى تطور مقاومة مبكرة عالية جدًا Rapid High Strength، مما يعني اكتساب جزء كبير من القوة النهائية في غضون الأيام الأولى، خاصة بعد يومين، حيث يكون الحد الأدنى لمقاومة الضغط ٣٠ ميجا باسكال. السمة "أبيض" White تتحقق من خلال استخدام مواد خام استثنائية النقاوة وعمليات إنتاج بالغة الدقة. هذا النوع هو الخيار الأمثل للتطبيقات التي لا تقبل أي تنازلات فيما يخص القوة الفائقة، سرعة الإنجاز، والجماليات اللونية النقية. إنتاجه يتطلب تحكمًا صارمًا للغاية في جودة المواد الخام وعمليات التصنيع.

١٣,٢ التركيب

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والمعلومات الواردة في الكتاب:

• الكلنكر البورتلندي الأبيض K - White Portland Cement

Clinker:

- النسبة: لا يقل عن ٩٥% من كتلة الأسمنت.
- الخصائص: يتطلب كلنكرًا ذا جودة استثنائية ونسب مثالية من C_3S لتحقيق التطور السريع للقوة الفائقة، مع الحفاظ على نقاء اللون. وهذا يعني مواد خام فائقة النقاء وعمليات حرق وتبريد دقيقة جدًا.

• المكونات الإضافية الثانوية MACs - Minor Additional

Constituents:

- النسبة: لا تزيد عن ٥% بالكتلة.
- الأنواع: يجب أن تكون بيضاء ناصعة ولا تؤثر على الأداء الفائق أو اللون.

• كبريتات الكالسيوم Calcium Sulfate

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- النسبة والغرض: جيس أبيض فائق النقاوة، يُضاف لتنظيم الشك السريع جدًا المتوقع من هذا النوع.

• المضافات الكيميائية: Additives

- النسبة والغرض: تُستخدم بأقصى درجات الحذر وبكميات دقيقة، قد تشمل مساعدات طحن خاصة أو محسنات أداء لا تؤثر على اللون.

١٣,٣ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

وفقًا للمواصفة EN 197-1 والقيم النموذجية لهذا النوع الاستثنائي:

• المحددات الفيزيائية الإلزامية:

○ مقاومة الضغط: Compressive Strength

- بعد يومين: $30 \leq$ ميجا باسكال MPa.
- بعد ٢٨ يومًا: $52,5 \leq$ ميجا باسكال MPa، وقد يتجاوز ذلك ليصل إلى الحد الأعلى للنطاق وهو $72,5 \geq$ ميجا باسكال.
- زمن الشك الابتدائي: Initial Setting Time ≤ 45 دقيقة.
- الثبات الحجمي - تمدد لوشاتلييه: Soundness ≥ 10 ملم.

• خصائص فيزيائية اختيارية هامة جدًا لهذا النوع:

- النعومة: Blaine - Fineness فائقة جدًا. القيم النموذجية قد تتراوح بين ٤٠٠ و ٤٦٠ م^٢/كجم، أي ٤٠٠٠-٤٦٠٠ سم^٢/كجم، وقد تصل لأكثر من ٦٥٠ م^٢/كجم، ٦٥٠٠ سم^٢/كجم، في بعض الأنواع المطورة خصيصًا.
- درجة البياض: Whiteness فائقة جدًا، قيمة *L في نظام CIELAB عادةً $> 90-93\%$ أو أعلى.
- حرارة الإماهة: Heat of Hydration مرتفعة جدًا بسبب النعومة الفائقة والمحتوى العالي من الكلنكر الفعال. قد تصل إلى حوالي ٣٥٠ كيلوجول/كجم بعد ٧ أيام.

• المحددات الكيميائية الإلزامية، وفقًا لـ EN 197-1: CEM I

- نفس محددات CEM I 52.5N White فيما يخص SO_3 ، Cl^- ، I.R.، L.O.I، MgO

١٣,٤ الاستخدامات النموذجية

يُستخدم أسمنت CEM I 52.5R White في التطبيقات الأكثر تطلبًا على الإطلاق، حيث تكون القوة القصوى، سرعة الإنجاز القصوى، والمظهر الجمالي الأبيض الفائق كلها متطلبات أساسية:

- **الخرسانة فائقة الأداء البيضاء أو الملونة UHPC - White or Colored Ultra-High Performance Concrete:** يستخدم كعنصر أساسي في إنتاج هذه الخرسانات المتقدمة جدًا.
- **العناصر الخرسانية مسبقة الصب والإجهاد Prestressed and Precast Concrete Elements:** ذات المتطلبات القصوى: مثل الجسور ذات البحور الكبيرة جدًا، أو العناصر المعمارية التي تجمع بين النحافة والقوة الفائقة والجمال.
- **أعمال الإصلاح الهيكلي السريع جدًا Very Rapid Structural Repair Works:** التي تتطلب إعادة المنشأ للخدمة في أسرع وقت ممكن مع ضمان قوة عالية.
- **تطبيقات خاصة جدًا تتطلب مقاومة ميكانيكية فائقة ولون أبيض ناصع:** مثل بعض الأرضيات الصناعية المتخصصة، أو العناصر التي تتعرض لإجهادات عالية جدًا وفي نفس الوقت يكون المظهر الجمالي فيها مهمًا.

١٣,٥ الفوائد والمميزات

- **أعلى فئة قوة قياسية مع أعلى مقاومة مبكرة "R":** يوفر أقصى أداء ميكانيكي ممكن.
- **لون أبيض ناصع جدًا ومظهر جمالي لا مثيل له.**
- **تطور قوة فائق السرعة:** يقلل بشكل كبير زمن الإنجاز ودورات الإنتاج.
- **متانة استثنائية عند التصميم والتنفيذ الصحيح.**

١٣,٦ التقييم الفني والتجاري - نظام النجوم

تم تقييم هذا النوع من الأسمنت في الكتاب بنظام النجوم كالتالي:

- **المقاومة للكبريتات: ★☆☆☆☆** نجمة واحدة
- **للنوع القياسي، ما لم يكن SR.**

جميع الحقوق محفوظة

© ٢٠٢٥ الأستاذ فادي درويش | سلسلة أسرار الأسمنت
يمنع إعادة النشر أو البيع التجاري دون إذن خطي

- المقاومة للحرارة - حرارة الإماهة: ★★★★★☆☆☆ نجمتان
 - حرارة إماهة عالية جدًا، غير مناسب للكتل الكبيرة بدون تدابير خاصة جدًا.
- قوة الضغط المبكرة: ★★★★★☆ خمس نجوم
 - الأفضل على الإطلاق، ≤ 30 ميغا باسكال بعد يومين.
- النعومة: Fineness: ★★★★★☆ خمس نجوم
 - نعومة فائقة لتحقيق القوة المبكرة القصوى.
- البصمة الكربونية: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - الأعلى على الإطلاق بسبب متطلبات الإنتاج الفائقة.
- الكلفة الاقتصادية - الإنتاج: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - الأعلى تكلفة.
- الكلفة مقابل الأداء: ★★★★★☆ ثلاث نجوم
 - يبرر التكلفة فقط في التطبيقات المتخصصة جدًا التي لا بديل لها.
- سهولة الإنتاج والتوافر: ★★★★★☆ نجمة واحدة
 - الأصعب في الإنتاج والأقل توفرًا، شحيح جدًا.
- تأثير النوع على عمر المشروع - الاستدامة والمتانة: ★★★★★☆ ثلاث نجوم
 - متانة هيكلية فائقة، لكن البصمة الكربونية تحد من استدامته.
- محتوى المواد الضارة - مثل الكلوريدات أو TOC: ★★★★★☆ خمس نجوم
 - التزام بالحدود المنخفضة جدًا، ونقاء فائق للمواد الخام.
- الاستخدام الأمثل - ٥ نجوم بحسب الكتاب لـ: CEM I 52.5R White
 - الخرسانة المعمارية مسبقة الصب عالية الأداء جدًا - Very High-Performance Architectural Precast Concrete Elements والعناصر الإنشائية الفريدة التي تتطلب أقصى قوة مبكرة ونهائية مع لون أبيض ناصع أو ألوان مخصصة فائقة النقاء.
 - يتيح تصميم عناصر إنشائية نحيفة جدًا أو ذات بحور كبيرة جدًا مع الحفاظ على المظهر الجمالي الفائق.
 - مثالي للمشاريع الأيقونية والمعالم المعمارية التي تسعى للجمع بين القوة القصوى والجمال المطلق.

▪ دورات إنتاج فائقة السرعة في مصانع الصب المسبق المتخصصة.

• قيود الاستخدام:

- الخرسانات الكتلية الكبيرة جدًا، بسبب حرارة الإمالة الفائقة جدًا.
- البيئات المعرضة لهجوم كبريتات شديد، ما لم يكن الأسمنت من نوع SR خاص جدًا ونادر جدًا.
- يتطلب أعلى درجات الخبرة في تصميم الخلطات والمعالجة والتحكم في الحرارة.
- التكلفة الباهظة جدًا والتوفر المحدود جدًا يجعله مقتصرًا على مشاريع استثنائية للغاية.
- يتطلب أعلى درجات الخبرة في تصميم الخلطات والمعالجة والتحكم في الحرارة. (هذه الجملة كانت في نهاية صفحة ١٢١ من OCR).
- التكلفة الباهظة جدًا والتوفر المحدود جدًا يجعله مقتصرًا على مشاريع استثنائية. (هذه الجملة كانت في نهاية صفحة ١٢١ من OCR).

هل تعتقد أن CEM I هو نوع واحد فقط؟
فكر مجدداً!

هذا الدليل العملي يكشف لك أسرار 12 نوعاً مدهشاً
من عائلة CEM I – الرمادي والأبيض –
وفق المواصفة الأوروبية EN 197-1.

بلغة سهلة، وتنسيق احترافي، وتصنيف واضح،
سيساعدك هذا الكتاب على اختيار النوع المناسب لمشروعك، وتوفير المال، وتحقيق أفضل أداء.
مرجع لا غنى عنه لكل مهندس، فني، أو مقاول يبحث عن الجودة بثقة.

الأستاذ فادي درويش

أخصائي بحث وتطوير في صناعة الأسمنت



F.darwesh720@gmail.com

