وزارة النخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

دائرة التقييس

قسم المواصفات

المضافات المستخدمة لانتاج سمنت صديق للبيئة

Additives Used to Produce Eco- Friendly Cement

C.O.S.Q.C
IRAQ

ميسم عبد الخالق محمود ياسمين نوري خليل

م.رئيس كيمياويين مهندس

٢٠٢٤

المحتويات رقم الصفحة

١- الخلاصة .....
٢- المقدمة .....
٣- اطار الدراسة ١
٤- الهدف من الدراسة ١
٥- الفصل الأول ٢
٦- الفصل الثاني ٤
٧- الفصل الثالث ٥
٨- التوصيات ٥
٩- المصادر ٦

C.O.S.Q.C
IRAQ

المقدمة

تعتبر صناعة السمنت أحد القطاعات الحيوية في البنية التحتية لأي اقتصاد، إذ يلعب السمنت دورًا حاسمًا في بناء المباني والمنشآت الحديثة. ومع ذلك، يرتبط إنتاج السمنت التقليدي بانبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون واستهلاك كميات كبيرة من الطاقة، مما يسهم في تغيير المناخ وتراكم المشكلات البيئية.

نظرا لازدياد المحاولات في مجال الصناعة لإيجاد طرق انتاج مواد أكثر استدامة وصديقة للبيئة. يعكس البحث المستمر في مجال تطوير سمنت مخلوط صديق للبيئة انعكاسا لهذه المحاولات حيث يهدف هذا النوع من السمنت إلى تقليل الانبعاثات الكربونية واستهلاك الطاقة، مع المحافظة على أداء وجودة المواد الإنشائية.

إن تطوير سمنت مخلوط صديق للبيئة يسهم في تحسين الاستدامة البيئية للصناعة الإنشائية ويتناسب مع متطلبات الحفاظ على البيئة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية-العراق
C.O.S.Q.C
IRAQ

الخلاصة

تعد ممارسات إنتاج السمنت المستدامة، مثل تقليل الانبعاثات وتقليل استخدام الموارد، أمرًا بالغ الأهمية للتخفيف من الآثار البيئية والاجتماعية للصناعة مع تلبية الطلب العالمي المتزايد على مواد البناء.

يعتمد اختيار المواد المضافة على عوامل مختلفة، بما في ذلك نوع السمنت، وتوافر المواد محلياً، وأهداف الاستدامة المحددة لمنتجي السمنت. يتضمن الإنتاج المستدام للسمنت مجموعة من هذه الأساليب لتقليل البصمة البيئية للسمنت مع الحفاظ على أدائه أو تحسينه.

تشمل الجهود المبذولة للتخفيف من الآثار السلبية لإنتاج السمنت تطوير واعتماد تقنيات أنظف، وزيادة كفاءة استخدام الطاقة، واستخدام أنواع الوقود والمواد الخام البديلة، وتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، وتحسين الأنظمة والمعايير البيئية.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية-العراق
C.O.S.Q.C
IRAQ

اطار الدراسة

تختص هذه الدراسة بانواع المضافات التي يمكن استخدامها لانتاج السمنت صديق للبيئة و دراستها من حيث الجوانب السلبية و الايجابية

الهدف من الدراسة

دراسة الاثار السلبية و الإيجابية لاستخدام مضافات من اجل انتاج السمنت و مدى موائمته للبيئة المحلية.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية-العراق
C.O.S.Q.C
IRAQ

الفصل الأول – الاثار السلبية على البيئة من إنتاج السمنت

السمنت: مسحوق ناعم لمادة رابطة هيدروليكية غير عضوية (ناتج عن طحن الكلنكر+ جبس) عند إضافة الماء اليه يشكل عجينة تتماسك وتتصلب نتيجة تفاعلات وعمليات الاماهة والتي بعد تصلبها تحتفظ بقوتها وثباتها حتى ان وجدت تحت الماء.

الكلنكر: ينتج الكلنكر السمنت البورتلاندي بعملية الحرق حتى التلبيد لخليط محدد بدقة من المواد الأولية (قد تكون وجبة خام او عجينه او مستحلب) الحاوية على عناصر يعبر عنها كأكاسيد (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) وكميات قليله من مواد أخرى، تكون الوجبة الخام او العجينة او المستحلب مطحونة ناعما و مخلوطة جيدا لتصبح متجانسة .اما الاثار السلبية لهذه العملية:

١. انبعاثات غازات الاحتباس الحراري: يعد إنتاج السمنت مصدرًا هامًا لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ويرجع ذلك أساسًا إلى عملية التكلس (تسخين الحجر الجيري) واستخدام الوقود الأحفوري في الأفران. ثاني أكسيد الكربون هو أحد الغازات الدفيئة الرئيسية التي تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ.
٢. . تلوث الهواء: تنبعث من مصانع السمنت ملوثات الهواء المختلفة، بما في ذلك الجسيمات (الغبار)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وأكاسيد النيتروجين (NO_x)، وأول أكسيد الكربون (CO). ويمكن أن يكون لهذه الملوثات آثار ضارة على نوعية الهواء وصحة الإنسان
٣. استهلاك الطاقة: إنتاج السمنت يستهلك الكثير من الطاقة، مع الحاجة إلى كميات كبيرة من الحرارة في عملية الفرن. وهذا غالبا ما ينطوي على حرق الوقود الأحفوري، مما يساهم في استهلاك الطاقة والانبعاثات.
٤. استنزاف الموارد: يتطلب إنتاج السمنت كميات كبيرة من المواد الخام، بما في ذلك الحجر الجيري والطين والرمل. يمكن أن يؤدي تعدين هذه المواد إلى تدمير الموائل وتغيير المناظر الطبيعية واستنزاف الموارد الطبيعية.
٥. استهلاك المياه: تتضمن عمليات تصنيع السمنت استخدام الماء في عمليات التبريد والعمليات الرطبة. يمكن أن يؤدي ذلك إلى استهلاك كبير للمياه ويمكن أن يكون له تأثيرات محلية على توافر المياه وجودتها.
٦. استخدام الأراضي: قد تتطلب مصانع السمنت وعمليات المحاجر مساحات كبيرة من الأراضي، مما يؤثر على النظم البيئية المحلية والتنوع البيولوجي.
٧. المخاوف الصحية: يمكن أن يشكل إطلاق الملوثات من مصانع السمنت مخاطر صحية على المجتمعات المجاورة، خاصة عندما تحتوي الانبعاثات على مواد ضارة مثل المعادن الثقيلة والجسيمات.

١-١ - طرق لتقليل الاثار السلبية لعملية انتاج السمنت

١- مصادر الوقود البديلة: إن استبدال الوقود الأحفوري التقليدي بأنواع الوقود البديلة مثل الكتلة الحيوية والوقود المشتق من النفايات والمواد البلاستيكية غير القابلة لإعادة التدوير يمكن أن يقلل من انبعاثات الكربون واستهلاك الطاقة في افران صناعة السمنت.
٢- احتجاز الكربون واستخدامه (CCU): ويجري تطوير تقنيات احتجاز انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إنتاج السمنت. يمكن استخدام ثاني أكسيد الكربون المحتجز في تطبيقات مختلفة أو تخزينه تحت الأرض لتقليل تأثيره على تغير المناخ.
٣- تقنيات الفرن عالية الكفاءة: إن الاستثمار في تقنيات الأفران الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة يمكن أن يقلل من استهلاك الطاقة والانبعاثات أثناء عملية إنتاج الكلنكر.
٤- برامج الشهادات المستدامة: تشجع برامج الشهادات المستدامة المختلفة، مثل LEED (الريادة في الطاقة والتصميم البيئي) وBREEAM (طريقة التقييم البيئي لمؤسسة أبحاث البناء)، على استخدام السمنت وممارسات البناء الصديقة للبيئة.

٥- اللوائح البيئية: يمكن للحكومات والهيئات التنظيمية فرض حدود الانبعاثات والمعايير البيئية على مصانع السمنت للحد من آثارها السلبية على البيئة.

١- ٢– المواد المضافة التي تطحن مع الكلنكر من اجل انتاج السمنت

يمكن استخدام إضافات مختلفة في عملية إنتاج السمنت النهائي. وتهدف هذه الإضافات إلى تحسين استدامة السمنت عن طريق تقليل بصمته الكربونية، وتعزيز الأداء، وتقليل استخدام المواد الخام التقليدية والتقليل من نسبة الكلنكر في السمنت. فيما يلي بعض الإضافات والاستراتيجيات التي يمكن أن تساعد في تقليل الآثار السلبية لإنتاج السمنت:

١- المواد السمنتية التكميلية (SCMs):

- الرماد المتطاير: هو أحد منتجات احتراق الفحم، وغالباً ما يستخدم الرماد المتطاير كبديل جزئي للكلنكر في عملية تصنيع السمنت، حيث يمكن اضافته بنسبة (٦-٣٥)% من كتلة السمنت المنتج فهو يقلل من كمية الكلنكر المطلوبة ويقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- خبث الفرن العالي: خبث الفرن العالي المحبب هو منتج ثانوي لإنتاج الحديد. يمكن استخدامه لاستبدال جزء من الكلنكر بنسبة (٦-٣٥)% من كتلة السمنت، مما يحسن الخصائص البيئية والأداء للسمنت.
- دخان السيليكا: دخان السيليكا هو منتج ثانوي لإنتاج السيليكون. يتم إضافته بنسبة (٦-١٠)% من كتلة السمنت، لتحسين قوته ومتانته مع تقليل التأثير البيئي.

٢- البوزولانة الطبيعي: تستخدم البوزولانة الطبيعي بنسبة اضافة (٦-٣٥)% من كتلة السمنت ، مثل الرماد البركاني كمواد تكميلية لتعزيز خصائص السمنت وتقليل محتوى الكلنكر. حيث من الممكن ان تقلل من الانبعاثات الغازية المصاحبة من عملية الإنتاج و التي ستوفر من حرق الوقود و ماء الخلط اللازم لتكوين الخرسانة البوزولانية .

٣- الطين الكلسي: يستخدم الطين الكلسي، مثل الميتاكاؤلين، بشكل متزايد كبدائل جزئية للكلنكر لتحسين أداء السمنت واستدامته و يمكن اضافته بنسبة (٥-٣٦)% من كتلة السمنت .

٤- الحجر الجيري: استخدام الحجر الجيري كبديل للكلنكر يمكن أن يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الطاقة أثناء عملية إنتاج السمنت ويمكن اضافته بنسبة (٦-٣٥) %.

الفصل الثاني- صناعة السمنت والانبعاثات الناتجة منه

تتسبب صناعة الاسمنت بنحو ٨٪ من الانبعاث الكربوني حول العالم حيث تعتمد صناعة الاسمنت على خطوات بسيطة تتضمن خلط الحجر الجيري والطين و طحنهما ثم إضافة بعض المواد لهذا الخليط و من ثم وضع المزيج داخل الافران ذات درجة حرارة تقرب ١٤٠٠ درجة مئوية لإنتاج مادة الكلنكر و بعد تبريدها تطحن و تخلط بالجبس و الحجر الجيري و خلال هذه العمليات يصدر الكاربون مرتين الأولى خلال تسخين الخليط داخل الافران اعتمادا على الوقود الاحفوري للوصول الى درجة الحرارة المرتفعة و الثانية اثناء تكون الكلنكر اذ يتم ذلك عبر تفاعل كيميائي ينتج عنه غاز ثاني أوكسيد الكاربون

وتقدر كمية الغاز الناتجة عن كلتا المرحلتين من ٦٠٠-٩٠٠ كغ لكل طن من الاسمنت و هي كمية كبيرة تعيق المجهودات المبذولة لتجنب عدم زيادة متوسط حرارة الكوكب.

ولم تشير الدراسات الى نسب محددة لمقدار الانخفاض الحاصل في نسب انبعاثات غاز ثنائي أوكسيد الكاربون التي يمكن تحقيقها عند إضافة نسب معينه من بعض المواد مثل (الحجر الكلسي ،المواد البوزولانية ،خبث الافران .....) مع الكلنكر في عملية تصنيع السمنت .

لكن يقدر ان استبدال واحد بالمائة من الاسمنت بالرماد المتطاير يمثل انخفاضا في استهلاك الطاقة بنسبة ٠,٧ في المائة. ومع وجود بعض الخلطات المقترحة التي تحتوي على ما يصل الى ٨٠ في المائة من الرماد المتطاير فان ذلك يمثل توفير كبير في الطاقة.

٢-١ - بعض أنواع المضافات الجديدة لإنتاج اسمنت ذو خصائص جيدة

١. اضافة رماد حمأة الصرف الصحي المعاد تدويره (SSA): اثبتت الدراسة ان استخدام هذه المادة لإنتاج السمنت قد يؤثر على اماهة السمنت و بالتالي يوثر على زمن تماسك السمنت كونه مادة ثقيلة. ولكن استخدامه في انتاج السمنت والخرسانة سيثمر بفوائد اقتصادية وبيئية.

٢. إضافة نفايات غبار الرخام: اثبتت الدراسة ان استخدام نفايات غبار الرخام ليس له تأثير واضح على زمني التماسك الابتدائي والنهائي لكنه يدعم خصائصه الفيزيائية كمقاومة الانضغاط .

٣. إضافة الزيولايت: اثبتت الدراسة ان استخدام الزيولايت بنسبة ٧٪ مع جبس ٥٪ مع كلنكر ٨٨٪ يحقق مقاومة انضغاط مكافئة لاستخدام نفس الكمية من السمنت الاعتيادي (في المونة).

ويجب أثناء الدراسات والأبحاث التي يتم إجراؤها على هذه الإضافات الجديدة النظر في تأثيرها على أداء السمنت النهائي والبيئة وسلامة الإنتاج. وبعد إجراء الأبحاث والاختبارات اللازمة، يمكن تقديم هذه الإضافات للحصول على المواصفات والموافقة على الكود لاستخدامها في إنتاج السمنت.

٣-١ تأثير الاملاح على الخرسانة المسلحة

عند استخدام السمنت الكلسي و المنتج حاليا في معظم معامل السمنت في العراق بما يتجاوز ١٥ معمل يجب الحذر من استخداماته الغير صحيحة مثل استخدامه في الخرسانة المسلحة كون تربة العراق في الوسط و الجنوب عالية الملوحة (نسبة املاح الكبريتات تكون عالية) بالتالي ستتفاعل مع المكونات السمنت (الحجر الكلسي) وتكون مادة الومينات الكالسيوم الكبريتية المائية و يشار اليها عادة باسم الاترنجات (Etringite)

$$4\text{CaO}.Al_2O_3.19H_2O+3(\text{CaS}O_4.2H_2O)+16H_2O\longrightarrow 3\text{CaO}.Al_2O_3.3\text{CaS}O_4.32H_2O+\text{Ca}(OH)_2$$

وتسبب بلورات الاترنجات ($\text{CaO}.Al_2O_3.3\text{CaS}O_4.32H_2O$) ضغطا داخلي يؤدي الى تشرخ الخرسانة و تلفها.

الاستنتاج

يتم وقاية الخرسانة في التربة الغنية بالكبريتات و ذلك بعمل طبقة من الاسفلت ودهانها بالبتيومين او غيرها من الطبقات العازلة على ان تكون ملتصقة تماما بسطح الخرسانة حتى لا تنفصل عنها و يمكن استعمال الخرسانة الجيدة و المخلوطة بالأسمنت البورتلاندي في التربة المحتوية على نسبة قليلة من الكبريتات . وفي حالة التربة المحتوية على نسبة كبيرة من الكبريتات فانه من الضروري الاهتمام بتصميم الخلطة الخرسانية و استعمال السمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات.

التوصيات

تعد صناعة السمنت حجر الزاوية للبنية التحتية، ومع ذلك، ينبغي علينا التحول نحو الاستدامة البيئية. يُشجع على استخدام مواد خام بديلة وتبني تقنيات إنتاج صديقة للبيئة لتقليل الآثار البيئية. يتطلب التقدم في هذا الاتجاه دعمًا للبحث والتطوير لتحسين أداء السمنت المخلوط. إضافةً إلى ذلك، يجب تشجيع استخدام مصادر الطاقة المتجددة وتعزيز مفهوم الاستدامة في الصناعة. يلعب التفاعل بين الدراسات والابتكار دورًا حاسمًا في تطوير حلاً مستدامًا لاحتياجات البناء دون المساس بالبيئة. يتطلب التحول إلى سمنت صديق للبيئة التعاون الوثيق بين القطاعات العلمية والصناعية والحكومية لضمان تحقيق أقصى قدر من الاستدامة، بالإضافة الى ان تكون الدراسة عميقة و متوسعة لغرض معرفة خصائص السمنت الفيزيائية و الكيميائية.

٩- المصادر

٩-١ مواصفة الجمعية الأمريكية للفحص والمواد رقم C1157/C1157M-23 .

٩-٢ مواصفة الجمعية الأمريكية للفحص والمواد رقم C150 .

٩-٣ مواصفة الجمعية الأمريكية للفحص والمواد C595 .

٩-٤ المواصفة البريطانية الاوربية رقم 1-197.

٩-٥ المنظمة الدولية للتقييس ISO 9001.

٩-٦ المنظمة الدولية للتقييس ISO 14001.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية-العراق
C.O.S.Q.C
IRAQ