ملخص البحث
تقييم و تحجيم النشاط القلوي لركام الخرسانة

تعتبر الخرسانة من أكثر المواد الإنشائية استخداما علي مستوى العالم. و بتقدم صناعة الخرسانة أصبحت هي المادة الأولى في الاختيار عند انشاء الكباري و السدود و الطرق و من المتوقع أن يزداد استخدام الخرسانة في القرن الحالي بشكل أوسع. فمنذ زمن بعيد (بعد 1930) كانت تصمم المنشآت الخرسانية على أن تؤدي وظيفتها بكفاءة دون الحاجة إلي صيانة لفترة تتراوح ما بين 40 – 50 سنة. و لكن هذا الوضع تغير بعد عام 1987 و بدأت ديمومة الخرسانة تجذب أهتمام الكثير من الباحثين و المهندسين على مستوى العالم نظرا لوجود تدهور في بعض المنشآت الخرسانية و الكباري و التي لم يمر علي أنشائها أكثر من عشرين عاما.

يعتبر التفاعل القلوي للركام أحد أهم المشاكل المرتبطة بديمومة الخرسانة و قد تم اكتشاف هذا التفاعل سنة 1940 و هو يشمل تفاعلا بين قلويات الخرسانة و التي يعتبر الأسمنت أحد أهم مصادرها و بعض أنواع الركام. و يوجد نوعان من التفاعل القلوي للركام هما التفاعل القلوي السليسي و التفاعل القلوي الكربوناتي. تم اكتشاف التفاعل القلوي الكربوناتي سنة 1957 و هو يشمل التفاعل بين قلويات الخرسانة و بعض الأحجار الجيرية الدلوميتية و التي تحتوي علي نسبة من الطين أما التفاعل القلوي السليسي فيشمل التفاعل بين قلويات الخرسانة و بعض مركبات السيلكا النشطة الموجودة في بعض أنواع الركام المستخدم في الخرسانة.

في مصرأدي التوسع في المشروعات الإنشائية في السنوات الأخيرة إلى زيادة الحاجة إلى ركام الخرسانة بكميات كبيرة في الأعمال الإنشائية. و نظرا لأن الأنواع التقليدية من الركام مثل الزلط الطبيعي و الذي كان يستخدم علي نطاق واسع أصبح موجودا بكميات قليلة و غير متوفر في كل أنحاء الجمهورية فقد تم استخدام أنواع أخرى من الركام مثل البازلت و الدلوميت من مصادر متعددة بعضها غير معلومة الخواص بدرجة كافية مما قد يعرض الخرسانة المنتجة إلى مشاكل كثيرة قد تظهر في المستقبل القريب. و من أهم هذه المشاكل التدهور الذي قد يحدث للخرسانة في صورة زيادة في الحجم و شروخ على السطح و تفتت نتيجة استخدام ركام نشط قلويا. فلذلك لضمان استخدام آمن لتلك الأنواع من الركام في الخرسانة لابد من دراسة و تقييم النشاط القلوي لها قبل استخدامها في الخرسانة لتفادي الأضرار الكثيرة التي قد تنتج عند استخدام ركام ذى نشاط قلوي.

لذلك تعتبر عملية تقييم النشاط القلوي لركام الخرسانة من العمليات المهمة و توجد طرق و اختبارات عديدة لعمل هذا منها اختبارات تحليلية (مثل الفحص البتروجرافي و حيود الأشعة السينية و الميكروسكوب الإلكتروني الماسح) و أخري ميكانيكية (مثل اختبار منشور الخرسانة و اختبار منشور المونة السريع). هذه الاختبارات بعضها يعطي تقييما سريعا للنشاط القلوي للركام و الأخري تستغرق وقتا طويلا و مع هذا وجد أن تقييم النشاط القلوي للركام يمثل تحديا و لا يوجد اختبار واحد يصلح لاختبار كل أنواع الركام.

و تهـــــدف هذه الدراســـة إلى الآتـــــي:

1- تقييم النشاط القلوي لعدة مصادر من الركام المصري و مقارنتها بأنواع من الركام الكندي المعلومة الخواص من حيث نشاطها القلوي.
2- استخدام الطرق التحليلية المختلفة مثل الفحص البتروجرافي و حيود الأشعة السينية و الميكروسكوب الإلكتروني الماسح كطرق مساعدة لتقييم النشاط القلوي للركام المصري.
3- توظيف اختبار منشور الخرسانة الدقيق كطريقة سريعة لتحديد النشاط القلوي السليسي و الكربوناتي للركام المصري. كذلك اقتراح طريقة عملية و اقتصادية لتجهيز عينات اختبار أسطوانة الصخر.
4- دراسة تأثير الشروخ و التمدد الناتج عن التفاعل القلوي الكربوناتي على الخواص الهندسية المختلفة للخرسانة مثل إجهاد الضغط و الشد و النفاذية.
5- اقتراح بعض الاضافات المعدنية أو الأسمنت المنخفض القلوية لتقليل/منع التمدد الناتج عن التفاعل القلوي للركام المصري.
6- دراسة العوامل المؤثرة على التمدد الناتج من الركام المصري الكربوناتي مثل محتوى القلويات، درجة الحرارة أو محتوى معادن الطين في الصخر. أيضا دراسة ميكانيكية التفاعل القلوي لعدة عينات ممثلة للركام المصري.

و لتحقيق هذه الأهداف تم وضع البرنامج العملي التالي و الذي يشتمل علي خمس مراحل هي:

المـرحلـة الأولـــى: تهدف هذه المرحلة إلى تقييم النشاط القلوي للركام المصري حيث تم تجهيز عينات من الركام المصري محل هذه الدراسة و اختبارها بالفحص البتروجرافي و الميكروسكوب الإلكتروني الماسح و حيود الأشعة السينية. كذلك تم عمل خلطات خرسانية بنسبة ماء لأسمنت تساوي 0.45 و محتوي أسمنتي يساوي 420 كجم/م^3 لاستخدامها في اختبار مخروط الخرسانة. تم أيضا عمل خلطات من المونة بنسبة ماء لأسمنت تساوي 0.50 و ذلك لأستخدامها في أختبار منشور المونة السريع. و كذلك خلطات من الركام و الأسمنت بنسبة 1 الي 1 و نسبة ماء لأسمنت 0.33 حيث تم استخدام هذه الخلطات في اختبار منشور الخرسانة الدقيق. تم كذلك تجهيز عينات أسطوانية من الصخر بقطر 9 مم و طول 35 مم لاختبار أسطوانة الصخر.

المـرحلـة الثانيـة: تشمل اختيار موانع التمدد الناتج عن النشاط القلوي للركام المصري كالإضافات المعدنية مثل رماد الفحم أو الأسمنت المنخفض القلوية حيث تم صب خلطات خرسانية بنسبة ماء_للأسمنت تساوي 0.42 لاختبار منشور الخرسانة و تم قياس التمدد لمدة عامين.

المـرحلـة الثالثـة: تم توظيف اختبار منشور الخرسانة الدقيق لتقييم النشاط القلوى السليسى والكربوناتى للركام المصرى وتم دراسة تأثير عدة متغيرات على هذا الاختيار مثل مقاس الركام المستخدم، نوع المحلول المستخدم

ومدة الاختبار. كذلك تم تطوير طريقة سريعة لتجهيز عينة اختبار أسطوانة الصخر حيث تم استخدام عينات على شكل منشور من الصخر بدلا من الأسطوانة.

المرحلة الرابعة : في هذه المرحلة تم دراسة الخواص الهندسية للخرسانة المصنعة بركام ذى نشاط قلوى كربوناتي متوسط. حيث تم قياس النفاذية ومقاومة الضغط والشد وتماسك أسياخ التسليح لهذه الخرسانة. تم صب هذة الخلطات بنسبة ماء للأسمنت تساوي 0.42 مثل الخلطات المستخدمة فى اختبار منشور الخرسانة.

المرحلة الخامسة: تم دراسة ميكانيكية التفاعل القلوى للركام المصرى و ذلك باستخدام الميكرسكوب الإلكترونى الماسح و كذلك العوامل المختلفة المؤثرة على التفاعل مثل تأثير أيونات الكالسيوم ودرجة الحرارة ومحتوى الطين في الصخر على التمدد الناتج من التفاعل.

وتحتوى الدراسة على ثمانية فصول كما يلى :

الفصل الاول: يحتوى على مقدمة البحث.

الفصل الثانى: يحتوى على تحليل ومراجعة الأبحاث السابقة فى موضوع الدراسة مثل انواع التفاعل القلوى للركام وكذلك النظريات المختلفة التى تشرح ميكانيكية التفاعل لأنواع الركام المختلفة. كذلك تم مراجعة مظاهر التفاعل القلوى للركام على الخرسانة وتأثير ذلك على الخواص المختلفة للخرسانة المعرضة للتفاعل القلوي. كذلك تم مراجعة الطرق المختلفة المستخدمة في تقييم النشاط القلوى للركام. و فى نهاية هذا الفصل تم مراجعة المواد المستخدمة فى منع التمدد الناتج عن التفاعل القلوى.

الفصل الثالث: يتضمن البرنامج العملى الذى تم إنجازه فى هذه الدراسة مع شرح واف للاختبارات والمواد المستخدمة ونسب الخلط وتجهيز العينات.

الفصل الرابع: يتضمن تقييم النشاط القلوى لعدد 6 مصادر من الركام المصرى بالطرق التحليلية والميكانيكية المختلفة وتم استخدام 3 أنواع من الركام الكندى أثنين منها كركام مرجعى للركام النشط قلويا و الثالث ركام غير نشط.

الفصل الخامس: يتعامل هذا الفصل مع اختبار منشور الخرسانة الدقيق كاختبار يمكن توظيفه لقياس النشاط القلوى السليسى والكربوناتى للركام المصرى. كذلك تم دراسة المتغيرات المختلفة فى الاختبار مثل مقاس الركام، نوع المحلول و درجة الحرارة فى هذا الفصل. كذلك تم اقتراح طريقة بسيطة واقتصادية لتجهيز عينات أسطوانة الصخر.

الـفـصـل الـسـادس: يتناول هذا الفصل تأثير التمدد الناتج عن الركام الكربوناتى على الخواص المختلفة للخرسانة مثل النفاذية ومقاومة الضغط والشد. أيضا تم دراسة تأثير عدة إضافات معدنية مثل غبار السيلكا ورماد الفحم وخبث الأفران على التمدد الناتج من التفاعل القلوى.

الـفـصـل الـسـابع: يتضمن دراسة العوامل المختلفة المؤثرة على التفاعل القلوى لركام الخرسانة المصرى مثل درجة الحرارة ومحتوى القلويات ومحتوى الطين في الصخر. و كذلك تم تفسير ميكانيكية التفاعل القلوى لعينات ممثلة للركام المصرى المختبر فى هذه الدراسة.

الـفـصـل الـثـامـن: يتضمن مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات المقترحة لأبحاث مستقبلية.

وعلى ضوء البرنامج العملى الذى تم إجراؤه فى هذا البحث فقد أمكن التوصل للنتائج الآتية:

1- بناء علي نتائج الطرق التحليلية مثل الفحص البتروجرافى و حيود الأشعة السينية والميكرسكوب الإلكترونى الماسح يمكن القول إن الركام المصرى المستخدم فى هذه الدراسة يتنوع فى التركيب المعدنى من أحجار جيرية خالصة إلى احجار دلوميتية خالصة الإ أن هناك أنواعا من الركام المصرى يكون تركيبها المعدنى أحجارا دلوميتية جيرية.
2- لم يستدل بالفحص البتروجرافى للركام المصرى محل هذه الدراسة على معدن السيليكا النشط فى عينات الركام المختبرة باستثناء الركام من الكيلو 101 طريق السويس والذى يحتوى على نسبة من الحبيبات الحاملة لمعدن السيليكا النشط (chert). ومع هذا لم يستدل على ناتج التفاعل القلوى السليسى في عينات المونة و الخرسانة المعدة من هذا الركام و المختبرة بالميكرسكوب الإلكتروني الماسح.
3- الطرق التحليلية مثل الميكرسكوب الإلكتروني الماسح و حيود الأشعة السينية يمكن استخدامها كأدوات معملية فى دراسة النشاط القلوى لركام الخرسانة وشرح سلوك الركام عند استخدامه فى المونة أو الخرسانة، ولكن لعمل تقييم أدق للركام غير المستخدم مسبقا في الخرسانة يوصى باستخدام الطرق الميكانيكية مع الطرق التحليلية.
4- يوصى بتقنين استخدام الطرق السريعة لتقييم النشاط القلوى للركام مثل اختبار منشور المونة السريع على أغراض ضبط الجودة. و فى حالة الركام غير المعلوم الخواص يفضل استخدام الطرق الموثوق فيها مثل اختبار منشور الخرسانة أو الاختبارات الحقلية للخرسانة.
5- يعتبر اختبار منشور الخرسانة الدقيق اختبارا واعدا لتقييم النشاط القلوى السليسى والكربوناتى للركام المصرى.

6- يوصى باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيز 1 مول لمدة 14 أو 28 يوم ومقاس ركام من 2.5 إلى 5 مم و من 5 إلى 10 مم عند اختبار النشاط القلوى السليسى والكربوناتى على الترتيب فى اختبار منشور الخرسانة الدقيق.

7- يعتبر اختبار أسطوانة الصخر اختبارا مناسبا للنشاط القلوى الكربوناتى حيث يعطى نتائج دقيقة وسريعة. تم اختيار طريقة سريعة واقتصادية لتجهيز عينات الاختبار و ذلك باستخدام عينات منشورية بدلا من العينات الأسطوانية.

8- وجود الركام ذى النشاط القلوي الكربوناتي المحدود في الخرسانة لم يوثر تأثيرا سلبيا واضحا على مقاومة الضغط و الشد و التماسك مع أسياخ التسليح و نفاذية الخرسانة، أما الخرسانة المحتوية علي ركام كربوناتي نشط فقد تأثرت هذه الخواص سلبيا بشكل واضح.

9- تم استخدام الأسمنت المنخفض قلويا و رماد الفحم في تقليل التمدد الناتج عن الركام ذى النشاط القلوي المتوسط أو المحدود. الا أن المصادر الخارجية المحيطة بالخرسانة و التي قد تؤدي إلى تعرض الخرسانة للقلويات يجب أن تؤخذ في الاعتبار.

10- بعض المعادن الموجودة في الصخور مثل الكوارتز قد يحدث لها نشاط قلوي عند تعرضها لمحتوي قلويات مرتفع أو درجة حرارة مرتفعة. الإ أن الاختبارات الحقلية للخرسانة مطلوبة للحكم على النشاط القلوي لهذا الركام بشكل أدق.

11- الركام المكون من أحجار دلوميتية جيرية مثل ركام الكيلو 101 طريق السويس يحدث له تفاعل تكسر الدلومايت في اختبار منشور الخرسانة حيث تم تحديد نواتج التفاعل المتمثلة في كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم. هذا الركام يعتبر متوسط النشاط القلوي و تمدده في اختبار منشور الخرسانة يساوي 0.042 % عند عمر سنة.

وعلى ضوء هذه النتائج يوصى الباحث فى الدراسات المستقبلية بعمل الأتـــى:

1- دراسة عدد أكبر من مصادر الركام المصرى ذات تركيب معدنى أوسع بنفس الطرق المقترحة فى هذه الدراسة حيث ستفيد هذه الدراسة فى الوصول إلى التصور الكامل عن النشاط القلوى للركام المصرى.

2- أظهرت هذه الدراسة أن ركام الكيلو 101 طريق السويس تعرض لعمليات من التآكل والتدهور داخل الخرسانة. هذا الركام قد يسبب مشاكل لديمومة الخرسانة المصنعة منه مع الوقت الطويل. لذلك يجب دراسة خواص الخرسانة المختلفة المصنعة من هذا الركام مثل النفاذية والانتشار والتكوين الدقيق.

3- نظرا لنقص كمية الركام المصرى وقت إجراء هذه الدراسة فتم دراسة تأثير التمدد الناتج عن الركام ذى النشاط الكربوناتى المتوسط على عينات من الركام الافتراضى (خليط من الركام النشط و الركام الغير نشط قلويا) لذلك يفضل دراسة هذه الخواص مرة أخرى على عينات من الركام المصرى مثل ركام الكيلو 101 طريق السويس.