إيجاد مقاومة الضغط المستقبلية الناتجة تحت تأثير محتوى الكلوريدات والكبريتات بالخرسانة

أبولقاسم يحيى أبوصبيح^{1*} و الطيب حسن اونسة²
¹ كلية الهندسة صبراتة - جامعة صبراتة - صبراتة، ليبيا
² كلية العلوم الهندسية - جامعة أم درمان الإسلامية، السودان

* Corresponding author: Abulgasem Y. (e-mail: abulgasemyaha@yahoo.com).

Article history: Received 02 April 2020, Received in revised form 4 November 2020, Accepted 11 November 2020

Abstract: The compressive strength of concrete is the primary characteristic of concrete quality, as the high durability of concrete is one of the characteristics that gave concrete its position, and low durability is the most important problem facing concrete. This study aims to lay the foundations for forming a preliminary idea on knowing the compressive strength of future concrete other than destroying concrete and following up on it without doing destructive tests for it. In order to obtain results that simulate reality to a great degree. In this research, a laboratory study was conducted where a concrete mixture was made and after conducting experiments on the materials included in the mixture and preparing concrete cubes of ordinary Portland cement and sulfate-resistant cement and compressive strength testing on them in times of 28 days and 60 days and 90 days and 180 days and 365 days and subjected to conditions Treating (water and air) and performing chemical analyzes on it to determine the percentage of chlorides and sulfates in the concrete. From the results of the research, an engineering program was designed using Mat lab program to obtain future strength. And reached by the program to know the compressive strength of future concrete under the influence of the chlorides and sulfate content of concrete and the results were good.

Key words: compressive strength, concrete, Matlab program, environment

المخلص: تعتبر مقاومة الضغط للخرسانة هي الصفة الأولى المقيمة لجودة الخرسانة حيث أن الديمومة العالية للخرسانة هي إحدى الصفات التي أعطت الخرسانة مكانتها كما أن الديمومة المنخفضة هي أهم مشكلة تواجه الخرسانة. عليه أصبح من الضرورة وضع اسس لتكوين فكرة أولية على معرفة مقاومة الضغط للخرسانة المستقبلية غير إتلافية للخرسانة ومتابعة وضعها دون عمل اختبارات إتلافية لها. بهدف الحصول على نتائج تحاكي الواقع الي درجة كبيرة. في هذا البحث تمت دراسة معملية حيث تم عمل خلطة خرسانية وبعد اجراء التجارب على المواد الداخلة في الخلطة وتجهيز مكعبات خرسانية من الإسمنت البورتلاندي العادي والإسمنت المقاوم للكبريتات واجراء اختبار مقاومة الضغط عليها في أزمنة 28 يوم و60 يوم و90 يوم و180 يوم و365 يوم وتعريضها لظروف معالجة (الماء والهواء) واجراء التحاليل الكيميائية عليها لمعرفة نسبة الكلوريدات والكبريتات في الخرسانة. ومن نتائج البحث تم تصميم برنامج هندسي باستخدام الماتلاب للحصول على المقاومة المستقبلية. والتوصل بواسطة البرنامج الى معرفة مقاومة الضغط للخرسانة المستقبلية تحت تأثير محتوى الكلوريدات والكبريتات للخرسانة وكانت النتائج جيدة.

الكلمات المفتاحية: مقاومة الضغط، الخرسانة، برنامج ما تلاب، البيئة

1. المقدمة

غير صحيح خاصة عند ظهور مشاكل في قدرة الخرسانة على التحمل والديمومة حيث تواجه المنشآت الخرسانية في قدرتها على التحمل والديمومة وذلك لعدة أسباب منها البيئة المحيطة أو من المواد الداخلة في الخرسانة وبالرغم من أن المواصفات القياسية الدولية توفر المتطلبات الأساسية لإنتاج خرسانة عالية المقاومة والقدرة على التحمل

تعتبر مقاومة الضغط الخاصة الأساسية للخرسانة بافتراض خلو مكوناتها من الشوائب بالإضافة إلى معالجتها وتصلدها بصورة كافية لمقاومة المؤثرات البيئية المحيطة وللأسف هذا الافتراض غالبا يكون

والديمومة إلا أن البيئية العدائية المحيطة بمنطقة الدراسة تستدعي تطوير معايير تحديد التآكل في الخرسانة وفولاذ التسليح. للحصول على مقاومة العالية وذات ديمومة عالية من الضروري أن تكون الخرسانة قليلة النفاذية وأن تكون نسبة الماء إلى الإسمنت قليلة [1] بحيث لا تتعدى الحد الذي تتحقق عنده مقاومة الضغط والتحمل مع الزمن للخرسانة المتصلة وبالتالي هي التي تتحكم في ديمومة الخرسانة وتتحكم في مقاومة ضغط الخرسانة العالية وبالتالي تتميز بعمر أطول واستعمال المقاومة العالية ليس من أجل مقاومتها العالية وإنما لمقاومة الأوساط المحيطة الضارة للخرسانة حيث يعتبر تآكل فولاذ التسليح الموجود بالخرسانة المسلحة سبباً لتدهور وتفتت الخرسانة وتأتي أهمية هذا البحث من أجل ديمومتها وبالتالي فإن ديمومة الخرسانة لا تتعلق بالأحمال الميتة أو الحية وإنما تتعلق بالظروف البيئية المحيطة بها إما داخلية أو خارجية. هذا البحث لتصحيح الوضع القائم من حيث استخدام نوع الإسمنت والمواد الداخلة في صناعة الخرسانة وتطبيق المواصفات أثناء التنفيذ وبعده.

2. برنامج ماتلاب

يستخدم برنامج MATLAB في معظم المسائل العلمية والهندسية وبعد نمذجة الظاهرة يأتي بعدها دور هذا البرنامج ليتعامل مع تلك البرامج ويحللها بأبسط الطرق ويستخدم في رسم الخطوط البيانية ثنائية الأبعاد. أما من الناحية التطبيقية فيستطيع البرنامج تحليل التجارب المعملية

3. البرنامج العملي للبحث

تتكون مواد الخرسانة من ركام ناعم وخشن والإسمنت والماء وتم تصميم خلطة خرسانية باستعمال نوعين من الإسمنت لخلطة خرسانية وهي الاسمنت المقاوم للكبريتات والإسمنت البورتلاندي العادي والقيمة التصميمية للمقاومة المطلوبة 40MPa. وتم عمل جميع الاختبارات المختبرية للمواد الداخلة في الخلطة الخرسانية من الاختبارات الميكانيكية والاختبارات الكيميائية الخاصة بهذه المواد الداخلة في إنتاج الخرسانة وهذه المواد هي: الإسمنت وكانت النتائج كما في الجدول رقم (1- أ) والجدول (1- ب) والركام الناعم والخشن والماء وكانت ضمن المواصفات.

وتم تصميم الخلطة وفق المواصفة الدولية ISO19338:2007 كما في جدول رقم (2) وتصميم خلطة خرسانية وفق الكود الأمريكي [5] ACI-91

ونسب الخلط للخلطة الخرسانية الإسمنت: ركام خشن: ركام ناعم 1: 3 : 1.5

وتم عمل مكعبات خرسانية مقاس (150×150×150) مم وإجراء اختبار مقاومة الخرسانة للضغط عليها وكانت النتائج كما في الجدول رقم (3) للخلطة الإسمنت البورتلاندي والجدول رقم (4) للخلطة الإسمنت المقاوم للكبريتات بعد أن يتم إخضاع ومعالجة هذه المكعبات الخرسانية لمياه عادية والهواء لمعرفة مدى مقاومة الخرسانة للأوساط البيئية المعرضة لها.

جدول رقم (1- أ) إختبارات الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات.

نظراً لأن مقاومة الضغط تعتبر الهدف الأول لجودة الخرسانة وتعتبر عن مدي تحسن مقاومة الخرسانة مع الزمن ومدي تأثير حدوث التآكل في الخرسانة على مقاومة الضغط تحت تأثير الظروف البيئية المتوقع تواجد هذه الخرسانات بها وهي ماء البحر أو المياه الجوفية أو تربة السبخة وفي مثل هذه الظروف تتأثر خاصة تحمل الخرسانة مع الزمن سلباً وتكمن أهمية هذا البحث في الحد من عملية تلف وتفتت الخرسانة العادية والمسلحة والعمل على الحد من هذه الظاهرة وكيفية الحد من هذا التآكل من خلال متابعة التغيرات الحاصلة على قوة الضغط للخرسانة والمغمورة في الأوساط المحيطة الضارة والعوامل البيئية المحيطة ومدي تأثير هذه الطرق على مقاومة الخرسانة للضغط. وقد أجريت دراسة على تقييم جودة الخرسانة في السعودية تكمن في إيجاد علاقة احصائية بين مقاومة الخرسانة للضغط وقدرتها على التحمل والديمومة بعد إجراء اختبارات مقاومة الخرسانة ونفاذية الكلوريدات ونفاذية الماء وبالتالي ربط العلاقة الاحصائية بين مكونات الخلطة ونفاذية الكلوريدات ومكونات الخلطة وعمق اختراق الماء وعلاقة بين مقاومة الخرسانة ونفاذية الكلوريدات ستمكن هذه العلاقات من تقدير قدرة الخرسانة على التحمل والديمومة وتم تطوير هذه العلاقة

الاحصائية باستخدام برنامج الاحصائي [2] minitab13 .

وأجريت دراسة موديلات تحليل الانحدار لتوقع مقاومة الضغط بعمر 28 يوم باستخدام فحوص الانضاج حيث تم تصميم الخرسانة من 28 خلطة خرسانية بمحتوي اسمنت مختلف وكانت النتائج العملية بين مقاومة الضغط الاعتيادية والمقاومة المعجلة بعمر 28 يوم كانت نتائج البرنامج مقبولة. باستخدام برنامج الاحصائي (SPSS) [3]

أسباب تدهور الخرسانة

الخرسانة هي عبارة خلط الركام الخشن والناعم والمادة الرابطة الإسمنت والماء وهي من أهم المواد الإنشائية لسهولة الحصول عليها ورخص تكلفتها وتحملها للظروف البيئية المختلفة وبعد خلط المواد المكونة للخلطة

جدول رقم (3) نتائج مقاومة الضغط للخرسانة في الأوساط المختلفة للإسمنت البورتلاندي.

مقاومة الضغط للخرسانة MPa				نوع معالج
28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم	
45.1	55.9	55.8	57.6	ماء شرب
44.8	55.5	49.7	57.6	الهواء الجوي

جدول (4) اختبار مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية من الإسمنت المقاوم للكبريتات.

مقاومة الضغط للخرسانة MPa				نوع المكعب
28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم	
24.60	25.160	3.8.63	39.40	في الماء
-	24.83	36.25	37.46	الهواء

جدول رقم (6) اختبار محتوى الكلوريدات في الخرسانة بالإسمنت البورتلاندي.

اسم المكعب	60 يوم %	90 يوم %	365 يوم %
في الماء	0.0340	ذ	0.0610
في الهواء	0.0201	0.067	0.0690

الشكل رقم (1) السحاحة لإيجاد الكلوريدات.

وتم إيجاد قيمة مقاومة الضغط عند أي تغير في نسبة الكلوريدات والكبريتات. بالإسمنت البورتلاندي أو الاسمنت المقاوم للكبريتات.

الشكل رقم (2): جهاز المطياف الضوئي لإيجاد الكبريتات.

الاختبار	نتيجة الاختبار	BS4550 Part 3:78 المواصفة
زمن الشك الابتدائي	123 دقيقة	ليست اقل من 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	260 دقيقة	لا تزيد عن 10 ساعات
ثبات الحجم للإسمنت	0.5 مم	لا يزيد عن 10 مم
اختبار مقاومة الضغط MPa بعد 3 يوم	19.1	(18) MPa
MPa بعد 28 يوم	38.3	(37) MPa
محتوي الكبريتات SO3	0.606	2.5 %
محتوي الكلوريدات CL	0.18	0.1 %
pH	13.8	-

جدول رقم (1-ب) اختبارات الإسمنت البورتلاندي العادي.

الاختبار	نتيجة الاختبار	BS4550 Part 3:78 المواصفة
زمن الشك الابتدائي	120 دقيقة	ليست اقل من 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	150 دقيقة	لا تزيد عن 10 ساعات
ثبات الحجم للإسمنت	0.5 مم	لا يزيد عن 10 مم
اختبار مقاومة الضغط MPa بعد 3 يوم	32.1	(21) MPa
MPa بعد 28 يوم	49.9	(39) Mpa
محتوي الكبريتات SO3	0.55 %	2.5 %
محتوي الكلوريدات CL	0.01 %	0.1 %
pH	12.56	-

1-3 اختبار محتوى الكلوريدات والكبريتات في الخرسانة

تم تعيين محتوى الكلوريدات باستخدام سحاحة كما في الشكل رقم (1) طبقاً لما ورد بالمواصفات القياسية البريطانية رقم [7] BS1881part6-1971 وتعين محتوى الكبريتات في الخرسانة باستخدام جهاز المطياف الضوئي كما بالشكل رقم (2) وفق المواصفة القياسية رقم 375.4 الصادرة من وكالة حماية البيئة الأمريكية [8]

جدول رقم (2) قيم الحد الأدنى لمحتوي الإسمنت ونسبة الماء إلى الإسمنت ومقاومة الضغط في الإسمنت البورتلاندي العادي وفق المواصفة [4] ISO19338:2007

الظروف التي يتعرض لها المبني (الخرسانة)	ركام 20 مم	الحد الأقصى النسبة w/c	الحد الأدنى للمقاومة للخرسانة N/mm2
محمية تماماً	350	0.5	25
المعرضة لظروف ضارة	350	0.45	30
للالغازات وماء البحر	400	0.4	40

والكبريتات في الخرسانة أن مقاومة الضغط تزيد عند أي الظروف حيث وصلت مقاومة الضغط في المعالجة في الماء الأكثر بقليل من قيمة المقاومة في الهواء.

ii. محتوى الكلوريدات في الخرسانة بالإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات في زيادة أكثر مع الزمن من محتوى الكبريتات في الاسمنت البورتلاندي فكانت النسبة بشكل عام نسبة الزيادة من 27% إلى 60%.

iii. تم إدخال البيانات الخاصة بالنتائج من الاختبارات المعملية للبرنامج الماتلاب وإيجاد مقاومة الضغط عند أي قيمة للمحتوى الكلوريدات الكبريتات في الخرسانة المكونة من الإسمنت البورتلاندي العادي والمقاوم للكبريتات و التوصل إلى المعادلات لمعرفة مقاومة الضغط عند تغير محتوى الكبريتات x_{so} أو الكلوريدات x_{cl} للخرسانة المصنوعة بالإسمنت البورتلاندي العادي أو الإسمنت المقاوم للكبريتات.

وكانت نتائج البرنامج لإيجاد مقاومة الضغط (MPa) المستقبلية تحت تأثير الكلوريدات والكبريتات كما بالجدول رقم (10) الذي يبين هذه المعادلات في جميع حالات المعالجة بالماء والهواء.

5.5. الاستنتاجات

خلص هذا البحث إلى النتائج التالية:

- تم التوصل الى نموذج للتنبؤ (Prediction model) لإيجاد مقاومة الضغط المستقبلية للخرسانة في النوعين من الاسمنت البورتلاندي العادي (النوع الاول) والاسمنت المقاوم للكبريتات (النوع الخامس) عند تغيير محتوى الكلوريدات والكبريتات في معالجات الماء والهواء وذلك لمعرفة المقاومة المستقبلية للخرسانة باستخدام البرنامج الهندسي ماتلاب (Matlab) كما بالجدول رقم (10).

- تبين ان محتوى الكبريتات في الخرسانة عالي في المعالجة في الهواء هذا يدل علي تأثير الغازات الموجودة في الهواء على الخرسانة.

6. التوصيات

1. العمل على استنباط معادلة الضغط في نفس الظروف ولكن بدلالة متغيرين محتوى الكلورات والكبريتات .
2. استنباط معادلة مقاومة الضغط تحت تأثير محتوى الكلوريدات والكبريتات في الخلطة الخرسانية عند استخدام درجات الحرارة العالية في المناطق الحارة.
3. التوصية بضرورة وضع مصفيات للغاز الصادر من مصانع الغاز للتقليل من الغازات المنبعثة للتقليل من انبعاث هذه الغازات وتأثيرها على الخرسانة.

المراجع

- [1] عبدالفتاح القصبي "ترميم المنشآت الخرسانية" دار الكتب العلمية ، مصر ، 2009

جدول رقم (7) محتوى الكبريتات للخرسانة بالإسمنت البورتلاندي.

نوع المكعب	60 يوم % SO3	90 يوم % SO3	365 يوم % SO3
في الماء	0.0560	0.068	0.074
الهواء	0.0495	0.024	0.103

جدول رقم (8) محتوى الكلوريدات للخرسانة بالإسمنت المقاوم للكبريتات

المكعب	60 يوم % Cl	90 يوم % Cl	180 يوم % Cl
في الماء	0.085	0.130	0.170
في الهواء	0.065	0.078	0.130

جدول رقم (9) محتوى الكبريتات للخرسانة بالإسمنت المقاوم للكبريتات

اسم المكعب	60 يوم %	90 يوم %	180 يوم %
في الماء	0.083	0.1	0.181
في الهواء	0.091	0.174	0.197

3-2 نتائج برنامج ماتلاب MATLAB

تم تصميم برنامج ماتلاب باستخدام الحاسوب. ويقوم البرنامج التالي بعمليات تحليل نتائج الاختبارات الخاصة بمحتوى الكلوريدات والكبريتات مع مقاومة الضغط للخرسانة وتمثيل البيانات من خلال معالجة تلك البيانات تبعاً لقاعدة البيانات الخاصة به، وتطبيقها على البرنامج لا إيجاد القيم المستقبلية لمقاومة الضغط والبرنامج المصمم الآتي:

البرنامج	
clear all;	plot(a,b,'-*b')
close all;	grid
clc;	xlabel('Cl.')
%%	ylabel('Com.')
syms x;	[x,y]=ginput(3);
%Data	p=polyfit(a,b,1);
%Input data	p=poly2sym(p);
n=input('Enter no. of node points:'); %no. of node points	p= vpa(p,3);
%enter x values	l=input('Enter a value to compute the b value:');
a=input('Enter the values of x in braces:');	disp('The result is : ')
if length(a)==n	subs(p,l)
b=input('Enter the values of y	%subs(p,.07)
	in braces:');
	end

4. الخلاصة

- i. محتوى الكلوريدات والكبريتات في زيادة مستمرة مع الزمن. ويتبين من نتائج اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة ومحتوى الكلوريدات

ومتعاون كلية الهندسة جامعة الزاوية قسم الهندسة المدنية والمعهد العالي للعلوم الهندسية
 رقدالين
 - المؤتمرات العلمية
 المشاركة في - مؤتمر الهندسة الإنشائية غريان - ليبيا 2016
 - مؤتمر الهندسة الإنشائية البيضاء - ليبيا 2018
 - المؤتمر العلمي الثاني للعلوم والتقنية 2019
 الجوائز العلمية
 -الترتيب الأول جائزة ليبيا للابتكار لمشاريع الماجستير 2013-2014

2. الطيب حسن أونسه

الدرجة العلمية: أستاذ دكتور

بكالوريوس العلوم في الهندسة المدنية - جامعة الخرطوم - 1981.

ماجستير العلوم في هندسة الإنشاءات - جامعة الخرطوم - 1987.

دكتوراه الفلسفة في الهندسة المدنية - جامعة الخرطوم - 1997.

العمل: كلية العلوم الهندسية - جامعة أم درمان الإسلامية.

مجالات الإهتمام: هندسة الجسور - هندسة الإنشاءات - علاقة التربة ~ المنشأة

- [2] د.عمر سعيد م.وليد ابوبكر م.محمد مصليح, "نحو معايير محددة لتقييم جودة الخرسانة في السعودية "جامعة الملك فهد للبترول المعادن السعودية", 2008
- [3] د.سهير كاظم .أزينه خضير ., " موديلات تحليل الانحدار لتوقع مقاومة الضغط بعمر 28يوم باستخدام فحوص الانضاج "مجلة الرفدين الهندسية .العراق, 2018
- [4] دائرة بحوث البناء ,العراق , 2017
- [6] مركز بحوث البناء "الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية" مصر 2007,
- [5] ACI 318-91 American concrete institute "methods for determination of design of concrete" 1991, USA
- [7] BS 1881 part 6:1971 "determination of chloride salt" 1971
- [8] USEPA method 375.4 "determination examination of water and wastewater" USA, 2004

الجدول رقم (10) يبين المعادلات التي تم استنباطها من البرنامج في جميع حالات المعالجة.

ر.م	الحالة بدلالة %	مقاومة الضغط للخرسانة MPa	نوع المعالجة	نوع الإسمنت
1	كلوريد x_{cl}	$962x_{cl} + 6.9$	ماء شرب	الاسمنت
2	كلوريد x_{cl}	$658x_{cl} + 17.1$	الهواء	الاسمنت
3	كبريتات x_{so}	$839x_{so} + 3.87$	ماء شرب	البورتلاندي العادي
4	كبريتات x_{so}	$494x_{so} + 19.8$	الهواء	البورتلاندي العادي
5	كلوريد x_{cl}	$224x_{cl} + 6.26$	ماء شرب	أسمنت بورتلاندي المقاوم للكبريتات
6	كلوريد x_{cl}	$293x_{cl} + 5.57$	الهواء	أسمنت بورتلاندي المقاوم للكبريتات
7	كبريتات x_{so}	$93.4x_{so} + 23.2$	ماء شرب	أسمنت بورتلاندي المقاوم للكبريتات
8	كبريتات x_{so}	$190x_{so} + 2.67$	الهواء	أسمنت بورتلاندي المقاوم للكبريتات

x_{cl} = نسبة الكلوريدات في الخرسانة x_{so} = نسبة الكبريتات في الخرسانة

السيرة الذاتية

1- الاسم : أبو القاسم يحي أبو القاسم أبوصبيح

المؤهل العلمي

- بكالوريوس هندسة مدنية 1993-1994 جامعة طرابلس - ليبيا

- ماجستير هندسة مدنية (إنشاءات) 2013-2014/الأكاديمية الليبية - ليبيا

- دكتوراه هندسة مدنية (إنشاءات) 2018 جامعة أم درمان الإسلامية - السودان

الخبرة العملية

العمل حاليا كلية الهندسة صبراتة عضو هيئة تدريس في قسم الهندسة المدنية جامعة

صبراتة