



تأثير طريقة حرق البوزولانا بالجنوب الليبي على المونة الاسمنتية

* عبد السلام المبروك عكاشة، عمر إبراهيم محمد علي النظيف¹
قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة وادي الشاطي¹

الملخص:

أصبحت التنمية المستدامة الأمر الشاغل لجميع العلماء والباحثين في عصرنا الحالي. لتطبيق التنمية المستدامة في مجال الهندسة المدنية يتم تطوير واكتشاف مواد حديثة صديقة للبيئة. تهدف هذه الورقة إلى دراسة تأثير طريقة حرق البوزولانا المحلية واستخدامها كبديل جزئي للإسمنت البورتلاندي العادي لمعرفة طريقة الحرق المثلى، ومعرفة مدى تأثيره على خواص المونة الإسمنتية. رغم الفوائد الاقتصادية والبيئية والتقنية لاستخدام البوزولانا الطبيعية، إلا أنه غالباً ما تقترن هذه الفوائد ببعض العيوب مثل الحاجة إلى زمن إنضاج أطول وانخفاض المقاومة الميكانيكية المبكرة عند إضافة البوزولانا الطبيعية. أظهرت نتائج الاختبارات تحول الطينات التي تحتوي على عنصر الكاولين إلى مادة الميتاكاولين وأن خصائصها البوزولانية تتفق مع مواصفات ASTM الأمريكية بشكل خاص، وأنه يمكن استخدامها كبديل جزئي للإسمنت دون التأثير على خاصية المقاومة للمونة الإسمنتية. في هذه الورقة، قمنا بإحضار البوزولانا الطبيعية المحلية من موقعين (سبها وتمنهنت) وتم تصميم خلطات من المونة الإسمنتية مع إضافة البوزولانا المحلية كبديل جزئي للإسمنت بنسب متفاوتة (0% - 5% - 10% - 20%) من وزن الإسمنت وأجرينا الاختبارات التشغيلية على المونة البوزولانية. تم إجراء اختبار مقاومة الضغط للمكعبات كلاً حسب المدة الزمنية المقررة له، حيث أظهرت نتائج الدراسة حدوث تناقص في المقاومة مع زيادة محتوى البوزولانا الطبيعية في الأيام الأولى وزيادة المقاومة بعد عمر 28 يوماً.

الكلمات الدالة: إحلل، الطين المحروق، الميتاكاولين، طريقة الحرق.

The Effect of Burning Local Pozzolana in Southern Libya on Cement Mortar

* Abdusalam.akasha and Eng.omar. alnadeef¹

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Wadi Shatti Universi

Abstract

Sustainable development has become a top priority for all scientists and researchers in our current era. To apply sustainable development in the field of civil engineering, new environmentally friendly materials are being developed and discovered. This paper aims to study the effect of burning local pozzolana and using it as a partial substitute for ordinary Portland cement to determine the optimal burning method and its impact on the properties of cement mortar. Despite the economic, environmental, and technical benefits of using



natural pozzolana, these benefits are often associated with some drawbacks such as the need for longer curing time and decreased early mechanical strength when adding natural pozzolana. The test results showed that the kaolin-containing clays are transformed into metakaolin, and their pozzolanic properties comply with the American ASTM specifications in particular. It can be used as a partial substitute for cement without affecting the resistance property of cement mortar. In this paper, we brought local natural pozzolana from two locations (Sabha and Tamanhent), designed cement mortar mixtures with varying percentages of local pozzolana (0% - 5% - 10% - 20%) by weight of cement, and conducted operational tests on pozzolanic mortar. A compressive strength test was performed on cubes at the specified time period, showing a decrease in strength with increasing natural pozzolana content in the early days and an increase in strength after 28 days of age.

Keywords: Burning method, Burnt clay, Metakaolin, Substitution.

المقدمة:

يُعتبر الإسمنت من بين أهم المواد الخام في تاريخ الحضارة الإنسانية، حيث يستخدم على نطاق واسع في عمليات البناء والتشييد. ورغم أهمية الإسمنت في جميع جوانب البناء والتشييد، إلا أن إنتاجه في الأفران "Rotary Kiln" يتطلب درجات حرارة عالية لعملية الحرق. ونتيجة لذلك، يُستخدم كميات كبيرة من الوقود الأحفوري لحرق المواد الخام وإنتاج الإسمنت بالشكل المطلوب [1]. ويتسبب حرق الوقود الأحفوري في إنتاج كميات كبيرة من الغازات الضارة [2]، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون. تقديرات الأبحاث تشير إلى أن صناعة الإسمنت عالمياً تُسهم بنسبة تصل إلى 5% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يؤثر سلباً على البيئة والإنسان [3].

لهذه الأسباب، تُركز الأبحاث، خصوصاً في مجال الهندسة المدنية، على استخدام مواد بديلة تحقق التنمية المستدامة دون المساس بخصائص المواد التقليدية. ومن بين هذه المواد البديلة يأتي البوزولانا، التي تُعتبر من المواد المستهدفة باستمرار لإضافتها إلى الخرسانة، والتي تُعتبر من أهم المواد المستخدمة في المنشآت والمباني المختلفة [4].

ويرجع مصطلح "البوزولانا" بشكل عام إلى مجموعة من المواد الطبيعية والصناعية، مثل الطين المحروق، والذي يُستخدم في هذه الدراسة. يُلاحظ أن منطقة جنوب ليبيا تحظى بالاهتمام من قِبَل مركز البحوث الصناعية، حيث قام المركز بإجراء عدة دراسات جيولوجية حول رواسب المعادن في تلك المنطقة. وأشارت هذه الدراسات إلى توفر كميات كبيرة من الخامات الأولية التي تُستخدم في صناعة مواد البناء، بما في ذلك الطينيات التي تتوفر بشكل كبير حول منطقة سبها وتمنهننت.

وبناءً على هذه الدراسات، تم التفكير في إجراء دراسة شاملة حول تلك الطينيات بهدف استخدامها كجزء من الإسمنت في خلطات الخرسانة. وقد استُخدمت مثل هذه الطينيات، أو ما يُعرف بالبوزولانا الطبيعية، في عدد من دول العالم كجزء



من كمية الإسمنت المطلوبة في خلطات الخرسانة [5]. وقد أثبتت فعاليتها في تحسين خصائص الخرسانة، سواء كانت طرية أو جافة، كما أظهرت سهولة التصنيع والتكلفة المنخفضة، حيث تُحرق عند درجات حرارة لا تزيد عن 800 درجة مئوية.

تعتمد هذه الدراسة على استخدام الطينات الليبية كبداية جزئية للإسمنت في الصناعات الهندسية. شملت المرحلة الأولى من الدراسة طحن الكاولين إلى أربعة تدرجات (40 مم - 5 مم - 150 ميكرون - 90 ميكرون) ومن ثم تحويل الطين المحتوي على مادة الكاولينايت إلى ميتاكاولين عن طريق حرقه لمدة ساعتين بدرجة حرارة 800 درجة مئوية، بينما شملت المرحلة الثانية دراسة مقاومة الضغط للمونة الإسمنتية المستخدم فيها الميتاكاولين كبديل جزئي للإسمنت البورتلاندي العادي لدراسة مدى نشاط وتفاعل الميتاكاولين الليبية وخصائصها الميكانيكية. أوضحت النتائج أنه يمكن تحويل الطينات المحتوية على مادة الكاولينايت إلى ميتاكاولين وإمكانية استخدام الميتاكاولين الليبية كبديل جزئي للإسمنت بنسبة تصل إلى 20% للحصول على مقاومة ضغط جيدة للمونة الإسمنتية.

2- الطرق والمنهجية:

الإسمنت البورتلاندي الذي يستخدم عادة في معظم الترب الليبية. تم إجراء العديد من الاختبارات المعملية لتحديد الطريقة الأمثل للحرق وكفاءة البوزولانا المستخدمة والاستفادة منها، بالإضافة إلى عملية التحويل للحصول على مادة الميتاكاولين المقترحة.

تتقسم هذه الدراسة إلى جزئين الجانب النظري والجانب العملي :-

1.2 الجانب النظري:

في هذه المرحلة، قمنا بتجميع المعلومات الكافية والحديثة حول موضوع البحث من خلال استعراض الدراسات السابقة، سواء كانت بحوثاً أو رسائل أو أوراق علمية منشورة، بالإضافة إلى الكتب ذات الصلة بتكنولوجيا صناعة الخرسانة ومواد البناء. تركز هذه الدراسات على طريقة حرق الكاولين ودرجة حرارة الحرق واستخدام البوزولانا كبديل جزئي للإسمنت.

2.2 الجانب العملي :-

قمنا بتوريد البوزولانا الطبيعية المحلية من موقعين (سبها و تمنهنت) وقمنا بتكسيورها إلى أحجام صغيرة (40 mm) و (5-10 mm) في مجموعة (D)، كما طحنا مجموعة أخرى من طين البوزولانا في مجموعة (F) إلى بودرة وأوصلناها إلى درجة النعومة المطلوبة (150 μ - 90 μ). ثم حرقنا العينات لمدة ساعتين بدرجة حرارة 800 درجة مئوية ومن ثم طحنا المجموعة الأولى من العينات غير المطحونة وأوصلناها إلى النعومة المطلوبة المارة من منخل (90 μ).

قمنا بتوريد الركام الناعم من رمال زلاف وأجرينا الاختبارات المعملية عليه لمعرفة مدى مطابقته للمواصفات المتبعة. تم توريد الإسمنت البورتلاندي العادي المتوفر في أسواق براك الشاطي وأجرينا الاختبارات المعملية عليه.

قمنا بتصميم خلطات المونة الإسمنتية مع إضافة البوزولانا المحلية كبديل جزئي للإسمنت بنسب متفاوتة (0-5-10-20 %)

جدول رقم (1) يوضح الرموز المختصرة للعينات

C1.1	5%	C1	تمنهنث	B1.1	%5	B1	سبها
C1.2	10%	90		B1.2	%10	90	
C1.3	20%	ميكرون		B1.3	%20	ميكرون	
C2.1	5%	C2		B2.1	%5	B2	
C2.2	10%	150		B2.2	%10	150	
C2.3	20%	ميكرون		B2.3	%20	ميكرون	
C3.1	5%	C3		B3.1	%5	B3	
C3.2	10%	5 ملي		B3.2	%10	5 ملي	
C3.3	20%			B3.3	20%		
C4.1	5%	C4		B4.1	5%	B4	
C4.2	10%	40 ملي		B4.2	10%	40 ملي	
C4.3	20%			B4.3	20%		

3-الاختبارات المعملية:

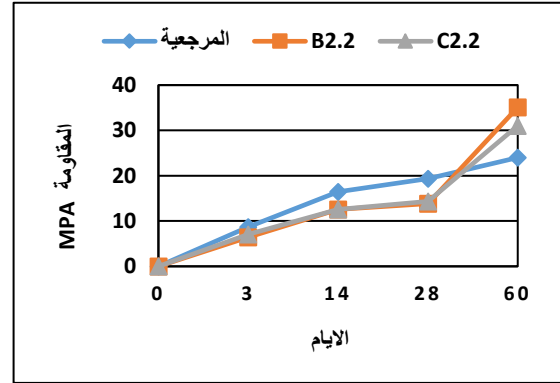
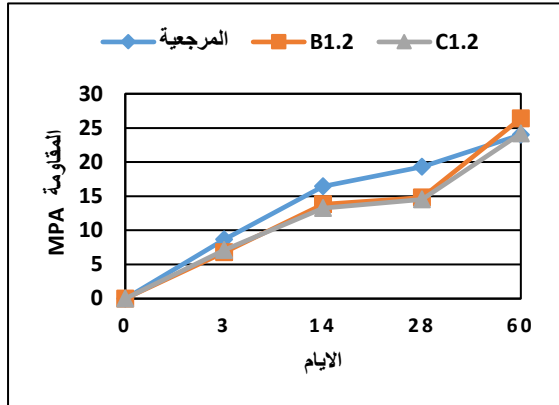
تم إجراء الاختبارات على المونة الإسمنتية داخل معمل تكنولوجيا الخرسانة في قسم الهندسة المدنية. تم حساب مقاومة الضغط بعد 3 و14 و28 و60 يوماً، وكانت نسبة الاستبدال كالتالي (20%، 10%، 5%، 0%) من وزن الإسمنت البورتلاندي العادي. تم الخلط يدوياً وعلى الجاف أولاً حتى تجانس لون الخلطة بين البوزولانا والإسمنت والرمل، وكانت نسبة الإسمنت إلى الرمل (3:1) وفقاً للمواصفات. كما بلغت نسبة الماء 0.5%. في كل خلطة، تم استبدال وزن معين من الإسمنت بوزن معين من البوزولانا وفقاً للنسب المحددة.

4-تحليل ومناقشة النتائج:

تم عرض النتائج للعينات المدروسة في المخططات مقارنة بمقاومة العينة المرجعية التي تحتوي على الإسمنت البورتلاندي العادي فقط. كما كان متوقعاً، أظهرت عينات المونة تناقصاً في المقاومة في أعمار الإنضاج المبكرة. وقد كانت أعلى مقاومة ضغط في أعمار الإنضاج المتأخرة بعد 28 يوماً، وتعود معظمها للإسمنت البورتلاندي العادي الذي تم إضافة بوزولانا إليه.

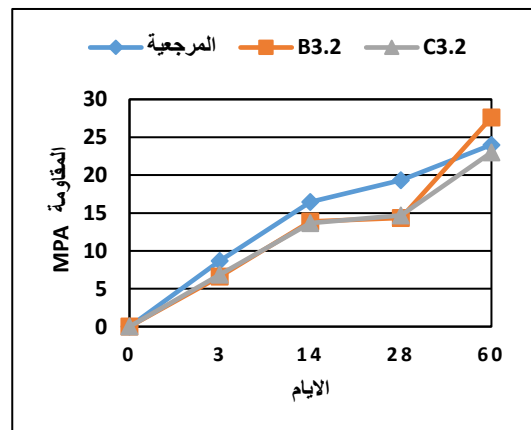
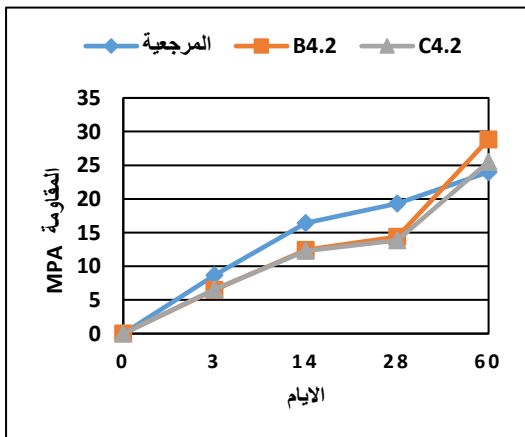
بعد إجراء اختبار الضغط في جميع الأعمار، تبين أن الفرق بين المقاومات كان متقارباً، إلا أن عينة سبها أظهرت نتائج أعلى قليلاً. ومن ذلك يتضح أن قيمة المقاومة للعينة المرجعية التي لا تحتوي على البوزولانا تُظهر قيمة أكبر من العينات الأخرى التي تحتوي على البوزولانا في بداية أعمارها. وأن قيمة المقاومة تتناسب عكسياً مع زيادة إحلال الميكاكولين في الأيام الأولى، بينما تبدأ البوزولانا في التفاعل وإعطاء قيم مقاومة أعلى بعد عمر 28 يوماً. حيث كانت أفضل نتيجة للعينة B2.2 بزيادة نسبتها 46.29% عن العينة المرجعية.

1.4 المخططات البيانية :-



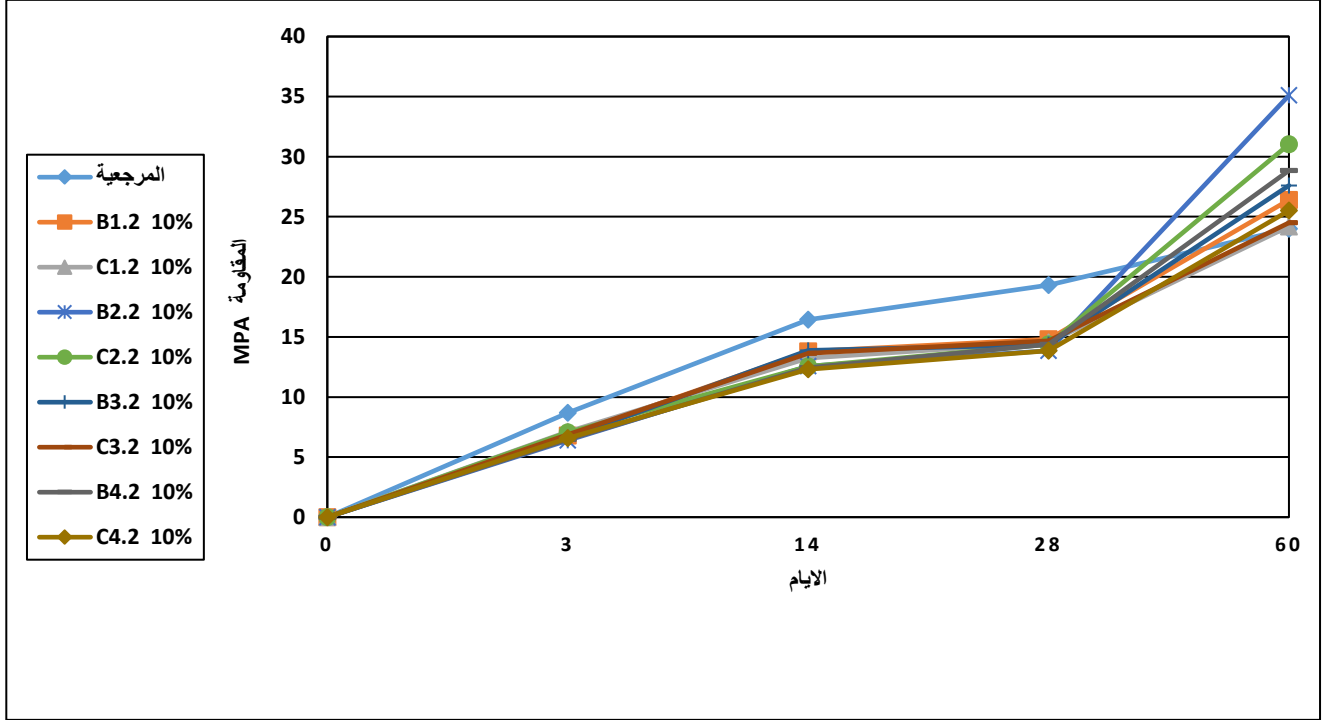
شكل (2) يوضح المقاومات للتدرج 90 ميكرون بنسبة 10%

شكل (1) يوضح المقاومات للتدرج 150 ميكرون بنسبة 10%



شكل (4) يوضح المقاومات للتدرج 40ملي بنسبة 10%

شكل (3) يوضح المقاومات للتدرج 5ملي بنسبة 10%



شكل (5) يوضح المقاومات بنسبة استبدال 10% للعينات ذات التدرج 150 ميكرون

5- الخلاصة والتوصيات :

من خلال إجراء الاختبارات المحددة على المونة الإسمنتية بنسب استبدال لوزن الإسمنت بمادة الميكاكولين المحددة في هذه الدراسة، تم تسجيل النتائج المتحصل عليها والتوصل إلى الاستنتاجات التالية:

عند إضافة الميكاكولين للإسمنت، يؤثر ذلك في مقاومة الضغط حيث تقل من مقاومة الضغط في الأوقات المبكرة في اختبارات 7 و 14 و 28 يوماً، وذلك بسبب عدم إنتاج هيدروكسيد الكالسيوم لتفاعل الميكاكولين. إلا أنها تعطي نتائج جيدة بعد 28 و 56 يوماً، نظراً لتفاعلها مع هيدروكسيد الكالسيوم الذي نشأ من تفاعل الإسمنت مع الماء، مما يؤدي إلى تكوين مادة جيلاينية تملأ الفراغات بين حبيبات الإسمنت وتضفي عليها مقاومة جيدة.

من الناحية الاقتصادية، تُعتبر إضافة مادة الميكاكولين ذات فائدة كبيرة في تقليل تكلفة إنتاج الخرسانة، حيث تقلل من كمية الإسمنت المستخدمة وتحد من تلوث البيئة واستنزاف مواردها.

3. كان كلا الموقعين متشابهين في النتائج، حيث كانت نتائجهم متقاربة، باستثناء اختلاف بسيط وُجد في موقع سبها.



مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal

Journal homepage: [wwwhttps://fezzanu.edu.ly/](https://fezzanu.edu.ly/)



التوصيات:

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، نوصي باتباع ما يلي:

1. استخدام نسبة إحلال تتراوح بين 10 إلى 20% من الميتاكاولين في مونة الإسمنت البوزولانية.
2. حرق الكاولين عند درجة حرارة 800 درجة مئوية لمدة ساعتين للحصول على ميتاكاولين عالية الجودة.
3. نوصي بإجراء المزيد من التجارب العملية للخلطات المدروسة، بما في ذلك اختبارات المقاومة الكيميائية وغيرها من الخصائص مثل مقاومة الشد والتآكل

6-المراجع:

- [1]Abdusalam .Hamza (2008) Use Of Pozzolanis For Concrete Production . Mastar Thesis , Sebha University , sebha Libya
- [2] A. Tironia, et al. 2012, 11th Int. Congress on metallurgy & materials SAM/CONAMET, Thermal treatment of kaolin: effect on the pozzolanic activity, Procedia Materials Science 1, pp. 343-50
- [3]P. G. Quedou, “A review on the sustainability of sugarcane bagasse ash as a supplementary cementitious material,” International Journal of Progressive Sciences and Technologies, 23(1), 2020, pp: 49-52
- [4] Ong Chee haut. “performance of concrete containing metakaolin as cement replacement material” a project report submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of master of engineering structures. Faculty of Civil Engineering University Technology Malaysia Nov.2006 .
- [5] Moulin, E. Blanc, P and Sorrentino, D. “Influence of Key Cement Chemical Parameters on the Properties of metakaolin blended Cements Paste “Cement and Concrete Research, 2001.
- [6] Joy M. Justice, “Evaluation of Metakaolin for use as supplementary Cementitious Materials “a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in materials science and engineering. Georgia Institute of Technology. April, 2005 .
- [7] عباس احمد حسين . مجلة جامعة بابل \ العلوم الهندسية \ العدد(5) \ المجلد (21): 2013