

Received	2024/12/31	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/01/26	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/01/28	تم نشر الورقة العلمية في

## دراسة جودة المواد الداخلة في صناعة الخرسانة المسلحة في مدينة بنغازي

أ. وصفي خير الله النويجي البديري، م. إسراء حسين محمد الجهاني  
م. مرام نوري علي بوكريشة

كلية الهندسة- قسم الهندسة المدنية - جامعة بنغازي - ليبيا  
[Wasfi.abdulhafith@uob.edu.ly](mailto:Wasfi.abdulhafith@uob.edu.ly)

### الملخص

تعتبر الخرسانة المسلحة هي المادة الأساسية في الإنشاءات وتتكون من خليط من الإسمنت والماء والركام (الحصى والرمل أو الصخور المكسرة) بالإضافة للحديد التسليح وعندما تتصلب الخرسانة تتحول إلى مادة قوية ومتينة تُستخدم بشكل رئيسي في تشييد المباني والجسور والطرق والمنشآت الأخرى وبالتالي فإن جودة المواد المستخدمة في صناعة الخرسانة لها تأثير كبير على سلوك ومتانة الهيكل الإنشائي. يهدف هذا البحث لدراسة ومقارنة جودة المواد المكونة للخرسانة المسلحة الموجودة داخل مدينة بنغازي من مصادر مختلفة منها المحلي ومنها المستورد. تمت دراسة الإسمنت المحلي (الصلابة من مصنع بنغازي والبرج من مصنع زليتن) والأسمنت المستورد من مصر (بني سويف وحلوان)، وركام (محاجر الأبيار واجدابيا) والرمل (شط البدين وزويتينة) والحديد محلي الصنع (مصنع الحديد والصلب مصراتة ومصنع ذات العماد طرابلس) والحديد المستورد (عز من دولة مصر). وتم إجراء الاختبارات المعملية على جميع العينات بهدف تطابق جودة هذه المواد مع مواصفات القياسية البريطانية والأمريكية لضمان انشاء خرسانة أكثر صلابة وقوة.

أشارت النتائج بتطابق أسمنت البرج محلي الصنع وبني سويف وحلوان المستوردان من دولة مصر للمواصفات وبحصولهن علي مقاومة ضغط متقاربة وأعلي من إسمنت الصلابة بنسبة 27% وطابقاً أيضاً ركام أجدابيا المواصفات القياسية في حين تفوق حديد عز

المستورد من دولة مصر على باقي الأنواع محلية الصنع بحصوله على مقاومة خضوع أعلى بنسبة 38% من باقي العينات محلية الصنع، وأنه يجب إجراء دراسة جدوى اقتصادية لمقارنة تكلفة الاستيراد والإنتاج للإسمنت وحديد التسليح، ويجب على مراكز مراقبة الجودة التابعة للدولة ليبيا إجراء اختبارات دورية لإسمنت وحديد التسليح المنتجات محلياً وتقييم المستورد منه للتأكد من تطابقه للمواصفات في سوق العمل.  
**الكلمات المفتاحية:** جودة الإسمنت، الركام، حديد التسليح، الخرسانة، الاختبارات المعملية، بنغازي.

## Study of the quality materials used to produce reinforced concrete in Benghazi

Wasfi Albadry, Esra Eljhani, Maram Bokresha

Faculty of Engineering - Civil Engineering Department  
University of Benghazi- Libya

[Wasfi.abdulhafith@uob.edu.ly](mailto:Wasfi.abdulhafith@uob.edu.ly), [Esrahossin0@gmail.com](mailto:Esrahossin0@gmail.com)

[Maramnuriali@gmail.com](mailto:Maramnuriali@gmail.com)

### ABSTRACT

Reinforced concrete is the basic material in construction and consists of a mixture of cement, water, aggregate (gravel, sand, or crushed rocks), and reinforcing steel. When concrete hardens, it becomes a strong and durable material mainly used to construct buildings, bridges, highways, and other structures. Therefore, the quality of the materials used in concrete manufacture significantly impacts the structures' behavior and durability.

This research aims to study and compare the quality of the materials that make up reinforced concrete found in Benghazi from different sources, including local and imported ones. Local cement (El-Salaba from Benghazi factory and El-Borj from Zliten factory) and imported cement from Egypt (Beni Suef and Helwan) were studied, as well as aggregate (Al-Abyar and Ajdabiya quarries), sand (Shatt Al-Badin and Zueitina), locally manufactured steel bars (Misurata for Iron and Steel Factory and That Al-Imad Factory, Tripoli) and imported steel bars (Ezz from Egypt). Laboratory tests were conducted on all samples to match the quality of these materials with the British and American standard specifications to ensure the construction of stronger and durability concrete.

The results indicated that the locally manufactured Al-Burj, Beni Suf, and Helwan cement imported from Egypt conformed to the specifications and obtained similar compressive strength and 27% higher than El-Salaba cement. The Ajdabiya aggregate also met the standard specifications, while the imported Ezz Steel bars from Egypt outperformed the rest of the locally manufactured types by obtaining a yield strength 38% higher than the rest of the locally manufactured samples. An economic feasibility study should be conducted to compare the cost of importing and producing cement and reinforcing steel bars. The quality control centers affiliated with the Libyan state should conduct periodic tests on locally produced cement and reinforcing steel bars and evaluate the imported ones to ensure that they conform to the specifications in the labor market.

**Keywords:** Cement quality, aggregate, reinforcing steel bars, concrete, laboratory tests, Benghazi.

## 1. المقدمة.

نظراً لتنامي معدلات البناء والإنشاءات في العقود الأخيرة على مستوى العالم، والطلب المتزايد على مادة الخرسانة، حيث شهدت ليبيا في سنة 2023 فطفرة في البناء والتشييد، وذلك بإعادة أعمار المدن المتضررة من الحرب، وتعتبر الخرسانة المسلحة هي المادة الأساسية في الإنشاءات، وأصبح من الضروري إنتاج خرسانة مسلحة قادرة على تحمل الظروف المحيطة بها، وتكون ذات مقاومة وديمومة ما لم تكن مواد إنتاجها ذات جودة سواء كان إسمنتاً أو زكماً أو حديد تسليح.

حيث يُعتبر الإسمنت المادة الرابطة بين هذه المواد، ويسمى الإسمنت الهيدروليكي أو المائي؛ لأنه يتصلب بوجود الماء، ويعتبر الإسمنت البورتلاندي من أكثر الأنواع الإسمنت استعمالاً، ولتحديد ما إذا كان نوع الإسمنت جيداً لاستعماله في الخلطات الخرسانية أم لا، فإنه يجب معرفة خصائصه الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية، ويجب إجراء الاختبارات اللازمة، ويجب عمل الاحتياطات اللازمة لضبط جودة الإسمنت [1].

عند إضافة الماء يتفاعل الإسمنت مع الماء، وتتكون العجينة الإسمنتية المتصلدة، والمسؤولة عن المقاومة، ولكن لا يمكن إنشاء العناصر الإنشائية من الإسمنت والماء فقط؛ بسبب التكلفة العالية، والتغيير الحجمي العالي للعجينة الإسمنتية، لذلك يتم إضافة الركام كعنصر أساسي متحد مع عجينة الإسمنت مكوناً الخرسانة، ويعتبر مادة مألوفة نسبياً، ولا يدخل في التفاعلات الكيميائية المعقدة مع الماء، ولكن له دور فعال في تحديد

الكثير من الخواص الهامة للخرسانة [2]. حيث يشغل الركام حوالي (60% إلى 75%) من حجم الخرسانة و(70% إلى 85%) من كتلتها ويؤثر بشدة وبشكل مباشر على خصائص الخرسانة الطازجة والمتصلبة ونسب الخلط والتكلفة [3]. فعند اختيار نوع معين من الركام للخلطة الخرسانية يجب دراسة خصائصه الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية قبل إجراء الخلط ومعرفة مدي تطابقه للمواصفات، وإجراء الاختبارات اللازمة له حيث تمت مقارنة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية لأنواع الركام في مناطق مختلفة في دولة ليبيا وهي (التميمي، البيضاء، دريانا، الأبيار، تيكا، أجدابيا) وهي جميعاً قريبة من مدينة بنغازي ويتم توريد الركام من هذه المناطق، حيث تبين من خلال دراسة المقارنة أن معامل التهشيم لركام الأبيار أعلى من الحد المسموح به في المواصفات البريطانية، وهي 30% في حين لم تطابق جميع العينات المأخوذة من المحاجر المواصفات في نسبة التآكل، وعليه تبين أن أفضل نوع العينات هو ركام محاجر أجدابيا وفقاً للمواصفات والمعايير [4]. وطابقت أيضاً عينات الركام الخشن المدروسة في محافظة صلاح الدين بالعراق المواصفات الأمريكية والعراقية من حيث الكثافة الجافة والوزن النوعي ونسبة التشبع والمسامية [5]. وأظهرت عينات الركام الناعم المأخوذ من 8 محاجر مختلفة في مدينة مصراته بليبيا تدرج يتراوح ما بين 1.41 و 2.21، وهذا يدل على أن التدرج منتظم، وأظهرت النتائج أن نسبة المواد الناعمة ونسبة الامتصاص ووزن النوعي تقع ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات الليبية [6]، وبالتالي فإن الركام يمكن استخدامه في الاعمال الخرسانية [7].

وعند خلط الاسمنت والماء والركام ينتج الخرسانة، التي تُعتبر ضعيفة لمقاومة إجهادات الشد حيث تُضاف أسياخ حديد التسليح الفولاذية للتعويض عن ضعف الشد للخرسانة، ويُطلق على الخليط المشترك من الخرسانة والتسليح الفولاذي اسم الخرسانة المسلحة، الذي يعتبر الجيل الثاني من الخرسانة. يُضفي حديد التسليح الفولاذي قوة وصلابة كبيرتين على الخرسانة كما يُقلل التسليح من الزحف ويقلل من تشققات [8].

يجب أن تتمتع قضبان حديد التسليح في العناصر الانشائية بالقوة الكافية لضمان السلوك المرن المتوقع للهيكل الخرساني المسلح بحيث يكون الهيكل آمناً وعملياً لتحقيق الغرض الذي بُني من أجله لأنه الكثير من المنشآت انهارت في دولة نيجيريا بسبب ضعف مقاومة حديد التسليح [9]. حيث تم دراسة جودة قضبان حديد التسليح الفولاذية من سبع مصانع مختلفة في ولاية الخرطوم بدولة السودان، وقد حققت نتائج الاختبارات التوافق مع المواصفات الأمريكية والبريطانية، من حيث مقاومة الخضوع ( $F_y$ ) والمقاومة القصوى

( $F_u$ )، في حين فشلت بعض العينات في تلبية معايير الاستطالة النسبية أو النهائية [10]. حيث أكدت جميع أكواد التصميم أن التسليح الفولاذي يجب أن يلبي بشكل كافٍ متطلبات معينة، فيما يتعلق بمقاومة الخضوع والمرونة الكافية للتحذير قبل الانهيار وبتنوعات السطح من أجل التماسك مع الخرسانة. ونظراً لعدم تغطية الناتج المحلي من الاسمنت وحديد التسليح لمتطلبات السوق المحلي في ليبيا، وخصوصاً مدينة بنغازي؛ فإن العديد من الأنواع يتم استيرادها من عدة دول؛ وهي مصر، وتركيا، الأمر الذي أدى إلى وجود أنواع مختلفة منهن يتم تداولها بالسوق المحلي، وكذلك الأمر ينطبق على الركام، حيث توجد محاجر عديدة في ضواحي المدينة، ولذلك دعت الحاجة إلى دراسة خصائصها والتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية. الهدف من هذا البحث هو إجراء الاختبارات اللازمة لمواد إنتاج الخرسانة المسلحة المختلفة، المُتوفرة في السوق المحلي في مدينة بنغازي ومقارنتها مع المواصفات البريطانية [11] BS والأمريكية [12] ASTM، وتقديم نتائج أولية في تحديد أجود أنواع المواد الداخلة في إنتاج الخرسانة المسلحة.

## 2. البرنامج العملي.

سيتم إجراء الاختبارات والتجارب المعملية على العديد من العينات المتحصل عليها داخل مدينة بنغازي، وقد تم إجراء الاختبارات الإسمنت والركام في معمل مواد البناء، والخرسانة التابع لقسم الهندسة المدنية بجامعة بنغازي، أما قضبان حديد التسليح في شركة جيو ليبيا لاستشارات والاختبارات الهندسية.

### 2.1 منهجية جمع العينات.

سيتم الحصول على عدة عينات لإجراء الاختبارات عليها وهي كالتالي:

#### 1.1.2 الأسمنت.

سيتم اختبار العديد من أنواع اسمنت البورتلاندي العادي، وتم الحصول على أربع عينات منها المحلي وهو أسمنت شركة الإسمنت المساهمة الصلبة (بنغازي)، وأسمنت شركة الاتحاد العربية للمقاولات البرج (زليتن)، بالإضافة إلى المُستورد من مصر من الشركة الوطنية للأسمنت بني سويف، وشركة إسمنت حلوان المُتوفرة جميعاً بأسواق مواد البناء في مدينة بنغازي.

### 2.1.2 الركام.

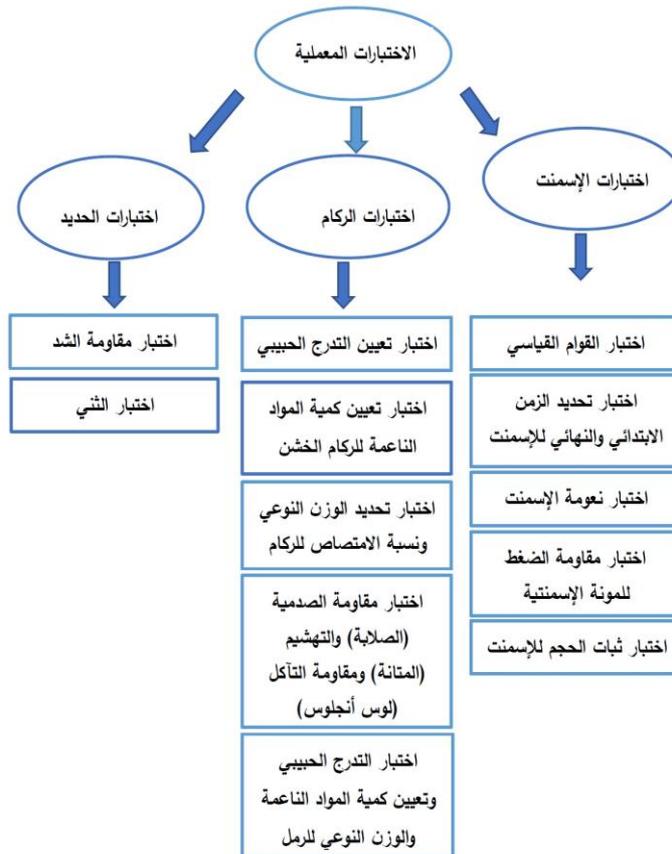
تمَّ اختبار الركام الخشن طبيعي، وتم الحصول على عينتين من الركام الخشن مصادرهن: محاجر مدينة أجدابيا، والابيار، وعينتين من الركام الناعم، ومصادرهن منطقتي شط البدين، وأزويتينة.

### 3.1.2 حديد التسليح.

سيتم اختبار العديد من أنواع حديد التسليح المحلي، والمستورد، وتم الحصول على عدد "6" عينات من مصنع الحديد والصلب مصراته، وشركة طرابلس المحليين، بالإضافة إلي حديد مصنع عز المُستورد من مصر.

### 2.2 الاختبارات المعملية والموصفات.

الاختبارات التي سوف يتم إجرائها على العينات كما سيتم توضيحها في الشكل التالي:



الشكل (1): مخطط الاختبارات المعملية.

## 1.2.2 اختبارات الإسمنت.

### 1.1.2.2 اختبار القوام القياسي. (Standard Consistence Test):

القوام القياسي لعجينة الاسمنت هو كمية المياه اللازمة لتشكيل عجينة ذات قوام قياسي، ويتأثر زمن شك الأسمنت، ومقدار ثبات حجمه بكمية الماء الداخلة في تكوين العجينة؛ فكلما زادت كمية المياه زاد زمن الشك للعجينة لذلك يتم تعيين كمية المياه اللازمة لعمل عجينة قياسية من أجل إجراء اختبار زمني الشك الابتدائي والنهائي، واختبار ثبات الحجم للأسمنت، وتم إجراء الاختبار بناء على المواصفة البريطانية (BS 12: 1978) [11].

### 2.1.2.2 اختبار تحديد الزمن الابتدائي والنهائي للإسمنت.

#### (Initial and Final Setting Time Test):

الزمن الشك الابتدائي هو الحصول على عجينة تقل لدونتها تدريجياً مع الوقت، وبعد مدة يظهر نوع التماسك، وعندما تبدأ العجينة في تصلبها تكون قد وصلت الى الشك النهائي، وهو مهم جداً لعملية تشغيل الخرسانة؛ (خلطها ونقلها وصبها وهزها وتشطيبها)، وحسب المواصفات يجب ألا يقل الشك الابتدائي عن 45 دقيقة، والنهائي عن 10 ساعات. تم إجراء الاختبار بناءً على المواصفة البريطانية (BS 12: 1978) [11].

### 3.1.2.2 اختبار نعومة الإسمنت. (Fineness of Cement Test):

الهدف من الاختبار تعيين نعومة الأسمنت هو التأكد من عدم وجود شوائب، وتم إجراء هذا الاختبار وفق المواصفات البريطانية (BS 12: 1978) [11].

### 4.1.2.2 اختبار مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية.

#### (Compressive Strength of Cement Test):

الهدف من الاختبار تعيين مقاومة الضغط لمونة الإسمنت باختبار مكعبات قياسية من مونة الإسمنت، ويعتبر هذا الاختبار قبول أو رفض للإسمنت، حيث يتم الاستفادة من هذا الاختبار للتنبؤ بقوة الخرسانة، ويعتبر من أهم الاختبارات على الاسمنت ويعتبر هذا الاختبار مؤشراً مهماً لقبول أو رفض الإسمنت البورتلاندي، وتم إجراء الاختبار طبق المواصفات الأمريكية (ASTM C 109-1999) [12]، وذلك بعد تسليط حمل رأسي على مكعبات قياسية من خليط من الإسمنت، والرمل القياسي، والماء بنسبة (1:3:0.4) بعد 28 يوم.

### 5.1.2.2 اختبار ثبات الحجم للإسمنت.

#### (Le Chatelier Expansion of Cement Test):

يقصد بثبات حجم الاسمنت عدم زيادة حجمه بعد تصلبه، مما يؤدي إلى تشرخ وتفتت الاسمنت، والهدف من الاختبار هو قياس تمدد الاسمنت، ويجرى هذا الاختبار بواسطة جهاز لوشانثلييه، وتتص المواصفات على ألا يزيد التمدد عن 10 ملم، حيث تم إجراء الاختبار طبقاً للمواصفات البريطانية (BS 196: 1993) [11].

### 2.2.2 اختبارات الركام.

#### 1.2.2.2 اختبار تعيين التدرج الحبيبي للركام. (Sieve Analysis Test):

التدرج الحبيبي هو تحديد الحجم الطبيعي للركام بفصل حبيباته عن بعضها البعض، لمقاساتها بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض. الجدول رقم (1) يوضح أقطار المناخل القياسية لاختبار، حيث سيحدد ما إذا كان الركام المُختبر الركام المتدرج، وهو الركام الذي يحتوي على معظم مقاسات المناخل القياسية أو جيد التدرج، وهو الركام المتدرج الذي يحتوي على النسب المثالية من كل حجم من الحبيبات مما يوفر أفضل أداء في الخلطات الخرسانية أو ناقص التدرج، وهو نوع الذي يفتقد إلى بعض أحجام الحبيبات مما يؤثر سلباً على خواص الخلطة الخرسانية أو سيء التدرج، وهو الذي يتكون بشكل أساسي من حبيبات ذات حجم واحد أو حجمين متقاربين مما يقلل من تنوع أحجام الحبيبات في المزيج.

حيث يهدف هذا الاختبار إلى تحديد تدرج الحبيبات الأمثل في الركام للحصول على مزيج متجانس من الحبيبات الصغيرة والكبيرة، مما يساهم في تحسين خواص الخرسانة النهائية؛ مثل سهولة الصب والتصلب والقوة، مع تحقيق التوازن بين الجودة والتكلفة.

وتحدد المواصفات القياسية البريطانية (BS 812:1985) [11] حدوداً محددة لتوزيع أحجام الحبيبات في الركام ويتم تمثيل هذه الحدود بمنحنيات تدرج حبيبي عظمى وصغرى، ويجب أن يقع منحنى تدرج الحبيبي للركام المستخدم ضمن هذه الحدود لضمان إنتاج خرسانة ذات جودة مقبول، ويتم تحديد هذه الحدود عادةً كنسب مئوية للمواد المارة من كل منخل في مجموعة المناخل المستخدمة في الاختبار للركام الخشن والناعم.

#### الجدول (1): يوضح المناخل القياسية للركام الصغير والكبير.

		المناخل القياسية (مم)				نوع الركام	
0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	5	10	الركام الصغير
2.36	5	10	14	20	37.5	50	الركام الكبير

### 2.2.2.2 اختبار تعيين كمية المواد الناعمة للركام الخشن.

#### (Fine Materials for Aggregate Test):

المواد الناعمة هي تلك الجسيمات الدقيقة التي تستطيع المرور عبر منخل بفتحات قياس 75 ميكرو (رقم 200) وتعتبر هذه المواد شوائب غير مرغوب فيها في الركام، حيث تتسبب في تكوين طبقة عازلة بين حبيبات الركام والإسمنت مما يؤثر سلباً على تماسك الخرسانة وقوتها، كما تتميز هذه المواد بقدرتها العالية على امتصاص الماء، وتتقسم المواد الناعمة بشكل عام إلى (طين) حيث عادة ما يكون ملتصقاً بسطح الركام الطبيعي و(غبار الكسارات) الذي يتكون نتيجة عملية تكسير الصخور لإنتاج الركام الصناعي وتم إجراء هذا الاختبار المواصفات القياسية البريطانية (BS 440: 1975) [11].

### 3.2.2.2 اختبار تحديد الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام.

#### (Specific Gravity and Absorption Test):

يحدد هذا الاختبار الوزن النوعي المشبع والظاهري والجاف، ويستعمل الوزن النوعي لحساب حجم الذي يشغله الركام في مختلف الخلطات الخرسانية أو الاسفلتية، ويستعمل الوزن النوعي لحساب نسبة الفراغات للركام، وتستعمل نسبة الامتصاص لبيان كمية الماء الذي يمتصها الركام، حيث تم إجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية البريطانية (BS 812: 1975) [11].

### 4.2.2.2 اختبار مقاومة الصدمية (الصلابة).

#### (Determination of Aggregate Impact Test) :

الهدف من هذا الاختبار هو قياس مدى مقاومة حبيبات الركام الكبيرة للتكسر والتحطم تحت تأثير الصدمات بمعامل الصدم ومعيار صلابة الركام، ويتم حساب هذا المعامل كنسبة مئوية لوزن الحبيبات التي تمر عبر منخل بفتحات قطرها 2.36 ملم بعد تعريض عينة من الركام لسلسلة من الصدمات الناتجة عن سقوط ثقل عليها بشكل عمودي، ويعطي مؤشر للمقاومة الاحمال الديناميكية، وقد تم إجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية البريطانية (BS 812: 1979) [11].

### 5.2.2.2 اختبار تحديد مقاومة التهشيم (المتانة).

#### (Determination of Aggregate Crushing Test) :

الهدف من هذا الاختبار هو تقييم قدرة الركام الكبير على مقاومة التفتت تحت الأحمال، ويعبر عنه بالنسبة المئوية لأجزاء الركام التي تتحول إلى حبيبات أصغر من 2.36 ملم

عند تعرضها لحمل ضغط متزايد يصل إلى 400 كيلو نيوتن، ومعامل التهشيم يعطي مؤشر للمقاومة الاحمال الاستاتيكية، وقد تم اجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية البريطانية (BS 812: 1979) [11].

#### 6.2.2.2 اختبار مقاومة التآكل (لوس انجلس).

##### (Los Angles Abrasion Test):

الهدف من هذا الاختبار هو تحديد قدرة الركاب على مقاومة البري والتآكل والاحتكاك، حيث يتم حساب نسبة فقدان الوزن الناتج عن عملية البري للتعبير عن هذه المقاومة، وهو مؤشر عام لجودة الركاب، وقد تم اجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية الامريكية (ASTM C131-88) [12].

#### 7.2.2.2 اختبار التدرج الحبيبي للرمل. (Sieve Analysis Test):

الهدف من هذا الاختبار هو تحديد توزيع حجم الجسيمات في الركاب الناعم باستخدام مجموعة من المناخل القياسية، كما في اختبار التدرج الحبيبي للركاب الخشن، وتم إجراء الاختبار وفق المواصفات القياسية البريطانية (BS 812: 1985) [11].

#### 8.2.2.2 اختبار تعيين كمية المواد الناعمة للرمل. (Fine Materials Test):

الهدف من هذا الاختبار هو تعيين كمية المواد الناعمة في الرمل، وقد تم اجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية البريطانية (BS 440: 1975) [11].

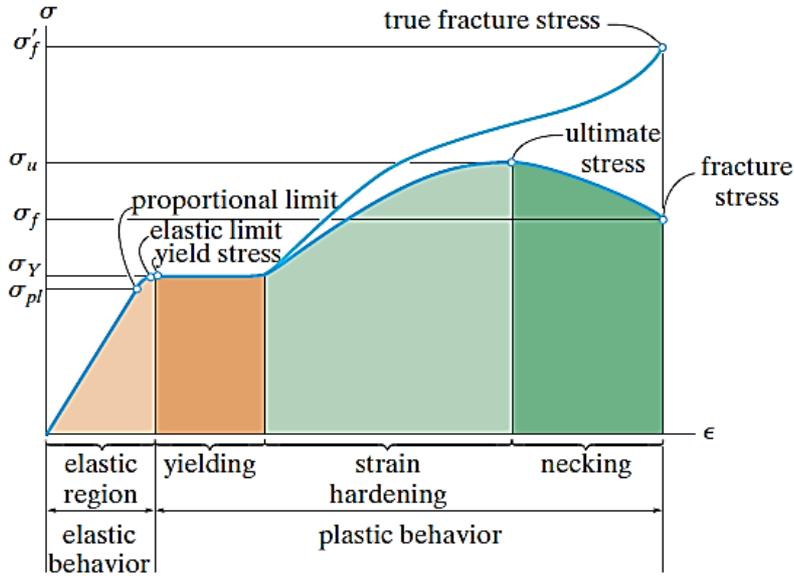
#### 9.2.2.2 اختبار الوزن النوعي للرمل. (Specific Gravity Test):

الوزن النوعي للرمل هو النسبة بين وزن حجم معين من الرمل إلى وزن نفس الحجم من الماء المقطر عند درجة حرارة معينة، وتم اجراء هذا الاختبار، وتحديد الوزن النوعي للرمل وفق المواصفات القياسية البريطانية (BS 812: 1975) [11].

#### 3.2.2 اختبارات الحديد.

#### 1.3.2.2 اختبار مقاومة الشد. (Tensile Test):

هو أحد أهم الاختبارات التي يتعين القيام بها علي قصبان حديد التسليح، لمعرفة جودته قبل استخدامه في الإنشاءات، حيث يهدف الي تحديد مقاومة حديد التسليح للشد، وتم إجراء هذا الاختبار وفق المواصفات البريطانية (BS 4449:1997) [11]، لتحديد مقاومة الخضوع ( $F_y$ )، وأقصى أجهاد ( $F_u$ )، واستطالة الكسر أو الانهيار أو الاستطالة النهائية ( $D_e$ )، ونسبة التصلب الانفعالي ( $F_u/F_y$ )، وسيتم الحصول في نهاية الاختبار على منحني الاجهاد والانفعال لكل عينة كما هي موضحة في الشكل (2).



الشكل (2): منحنى الاجهاد والانفعال [11].

### 2.3.2.2 اختبار الثني. (Bending Test):

يهدف الاختبار الى تحديد نسبة المطاوعة في الحديد، حيث يجرى هذا الاختبار على البارد، ويمنع تسخين الحديد بحيث يثنى الحديد بزاوية 180 درجة حول أسطوانة معدنية، فإذا شرخت العينة أو كسرت عند ثنيها تعتبر غير صالحة، وقد تم اجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM E-290) [12].

### 3. نتائج الاختبارات المعملية ومناقشتها.

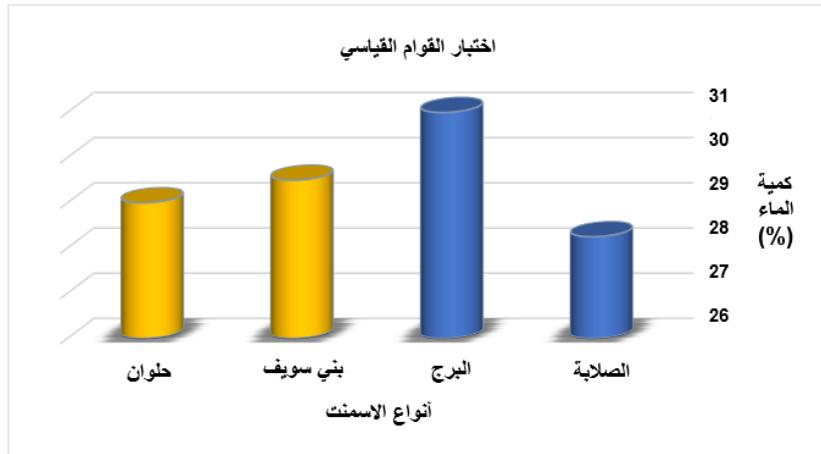
سيتم عرض النتائج المتحصل عليها ومناقشتها للاختبارات السابق ذكرها لجميع العينات (الاسمنت، الركام، الرمل، الحديد تسليح).

### 1.3 الإسمنت.

#### 1.1.3 نتائج اختبار القوام القياسي.

تحصل أسمنت البرج محلي الصنع علي أعلى نسبة من ماء الخلط، وهي 31% من وزن العينة للوصول إلى القوم القياسي للعجينة الاسمنتية، بينما أقل نسبة تحصل عليها أسمنت الصلابة محلي الصنع وهي 28.25%، في حين حصل إسمنت بني سويف وحلوان المستوردان مصر على نتائج متقاربة وهي 29.5%، و29%، بحيث أن إسمنت البرج أعلى بنسبة 10% من نظيره المحلي البرج، وأعلى أيضاً بحوالي 6% من بني

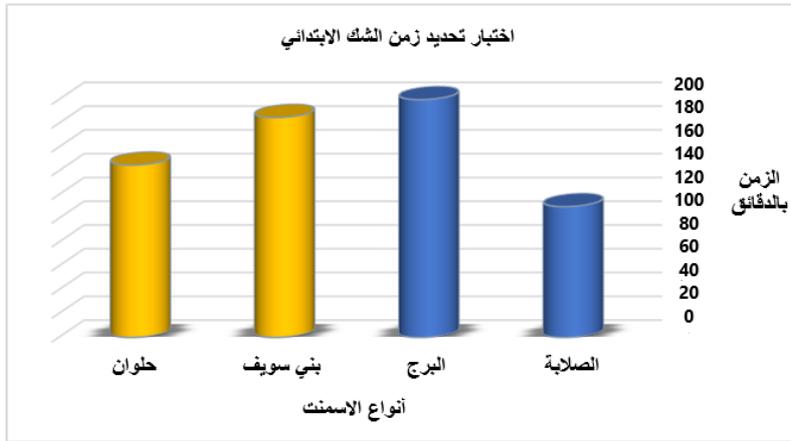
سوييف وحلوان المستوردان. ونصت المواصفات البريطانية (BS 12:1978) [11] مقدار الغرس لإبرة القوام القياسي تكون في حدود (5-7) مم من القاع، والشكل (3) يوضح قيم القوام القياسي للأنواع المختلفة من الاسمنت.



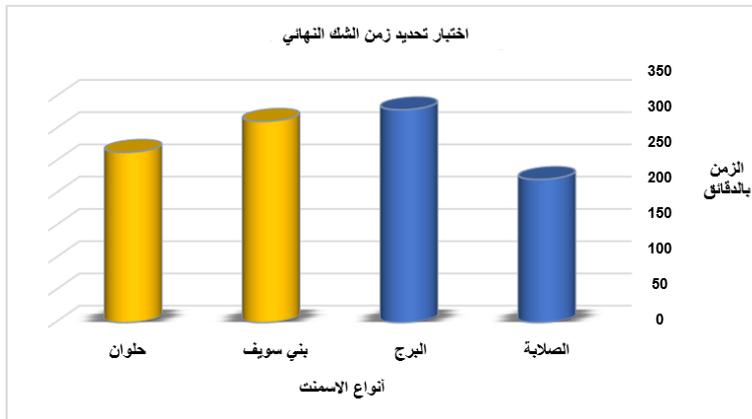
الشكل (3): نتائج اختبار القوام القياسي.

### 2.1.3 نتائج اختبار زمني الشك الابتدائي والنهائي.

تنص المواصفات (BS 12:1978) [11] على أن زمن الشك الابتدائي للأسمنت البورتلاندي العادي لا يقل عن 45 دقيقة، وهو الزمن الذي لا تزيد فيه مسافة إبرة جهاز فيكات عن مسافة 5 مم من القاع، وألا يزيد زمن الشك النهائي عن 10 ساعات، وهو اللحظة التي لا تترك فيها إبرة جهاز فيكات أثر بالعجينة الاسمنتية، كما نصت المواصفة، حيث تحصل إسمنت الصلابة (محلي الصنع) علي أقل زمن شك ابتدائي هو ساعة و50 دقيقة، حيث أنه اقل من أسمنت البرج بنسبة 82%، وبني سوييف بنسبة 68%، وحلوان ب 32%، أما زمن الشك النهائي فكان أقل زمن هو اسمنت الصلابة بساعتين وعشر دقائق، وهو اقل من أسمنت البرج بنسبة 87%، وبني سوييف بنسبة 73%، وحلوان ب 54%. الشكلين (5&4) يوضحان نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي للعينات.



الشكل (4): نتائج تحديد زمن الشك الابتدائي.

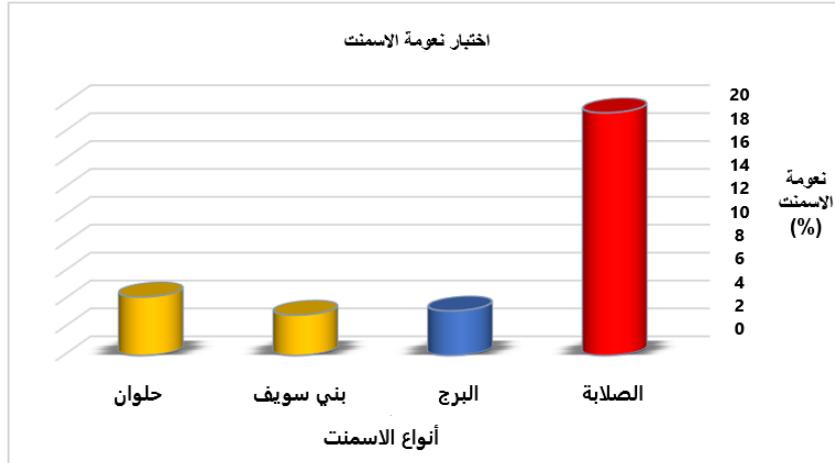


الشكل (5): نتائج اختبار تحديد زمن الشك النهائي.

### 3.1.3 نتائج اختبار نعومة الاسمنت:

تتص المواصفات القياسية البريطانية (BS 12:1978) [11] على ألا تزيد درجة نعومة الاسمنت عن 10% للأسمنت البورتلاندي العادي، وهي الكمية المتبقية على منخل رقم 200 من الوزن الكلي للعينة. ويبين الشكل من خلال النتائج المتحصل عليها في اختبار نعومة الاسمنت، حيث أن نعومة الاسمنت هي من الخواص المهمة التي تؤثر على سرعة واكتمال تفاعله مع الماء. فزيادة نعومة حبيبات الاسمنت تزداد المساحة السطحية النوعية له مما يوفر مساحة أكبر لالتقاء وتفاعل الماء مع وزن محدد من الأسمنت، كما أن سرعة اكتمال عملية التفاعل مع الماء تعتمد على مقياس حبيبات الأسمنت حيث يصعب وصول الماء إلى قلب الحبيبات الكبيرة مما قد يسبب تفاعل القلب الداخلي لحبيبات الأسمنت في

أزمنة متأخرة وقد يصحب ذلك عدم ثبات حجم الأسمنت. كما أنه أيضا قد يسبب كبير حجم الحبيبات عدم تفاعل قلبها تماما مما يؤدي إلى ضعف في المقاومة لنفس محتوى الأسمنت [2]. وتبعا لهذا التأثير المهم، فقد حددت المواصفات البريطانية (BS 12:1978) [9] أن معامل النعومة للأسمنت يجب ألا يتجاوز 10% لكي يتم تقادي التأثيرات السلبية المذكورة سلفاً. ويوضح الشكل (6) قيم معامل النعومة لأنواع الاسمنت التي تم اختبارها وحيث وصل معامل النعومة لأسمنت الصلابة محلي الصنع إلى ما يقارب 17% من الوزن الكلي وهي أعلى من إسمنت البرج بحوالي خمس أضعاف ومن إسمنت بني سويف بستة أضعاف وإسمنت حلوان بأربع أضعاف.



الشكل (6): نتائج اختبار النعومة

### نتائج اختبار مقاومة الضغط للمونة الاسمنتية.

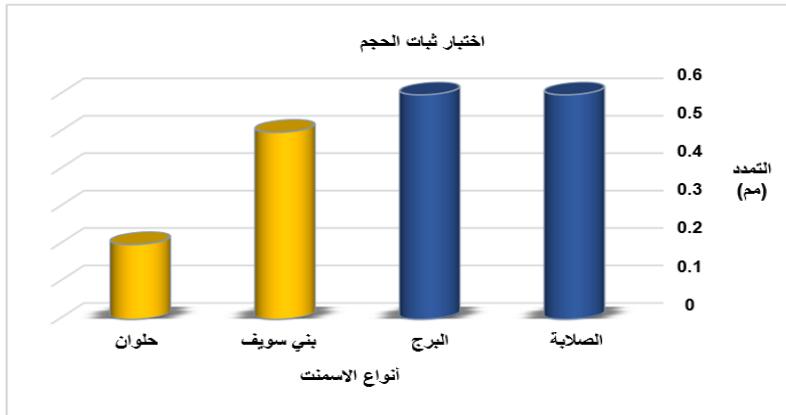
تعتبر مقاومة الضغط للمونة الاسمنتية من أهم خصائص الاسمنت والتي يتم من خلالها تحديد جودة الاسمنت، ومن خلال النتائج المتحصل عليها في اختبار مقاومة الضغط كما هو موضح من الشكل (7) نجد أن متوسط مقاومة الضغط بعد 28 يوم لأسمنت البرج المحلي وبني سويف وحلوان المستوردان من مصر في حدود 34 ميغا باسكال وان القيم متوسط مقاومة الضغط لأسمنت الصلابة حوالي 24 ميغا باسكال.



الشكل (7): نتائج اختبار الضغط 28 يوم.

### 5.1.3 نتائج ثبات الحجم للأسمنت.

من خلال النتائج المتحصل عليها في اختبار ثبات الحجم كما هو موضح في الشكل (8)، حيث تمدد أسمنت الصلابة والبرج أعلي من بني سويف وحلوان، وأقل قيمة للتمدد من العينات المختبرة هو أسمنت حلوان، حيث نصت المواصفة (BS 196:1993) [11] على ألا تزيد قيمة التمدد على 10 ملليمتر.

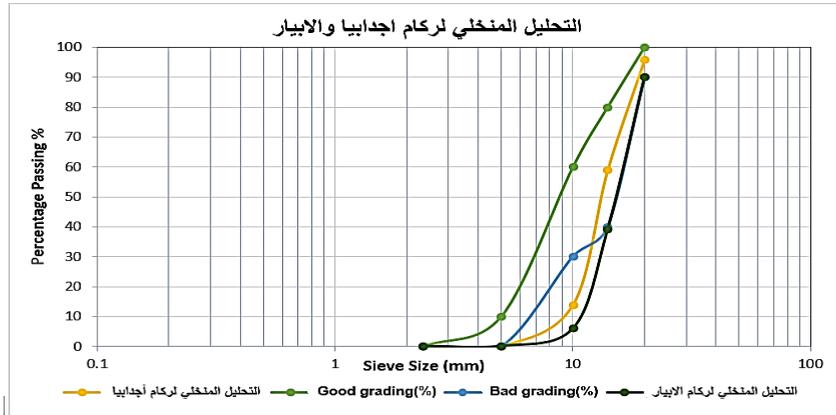


الشكل (8): نتائج اختبار ثبات الحجم.

### 2.3 الركام.

#### 1.2.3 نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام.

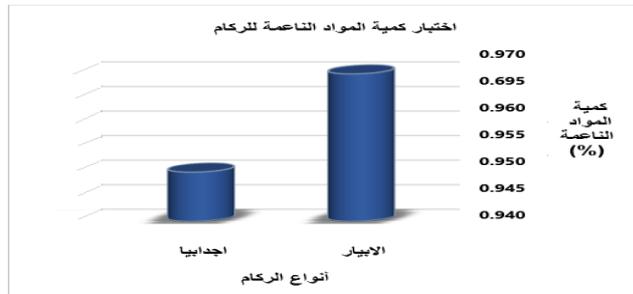
يوضح الشكل (9) نتائج اختبار التحليل المنخلي لعينتي من ركام محاجر الايبار وأجدابيا، حيث يوضح المنحني باللون الأخضر تدرج العينة، والمنحني باللونين الأحمر والازرق الحدود العليا والدنيا للتدرج المسموح بيه من قبل المواصفة (BS 812:1985) [11].



الشكل (9): المنحنى اللوغاريتمي لركام محاجر الابيار وأجدابيا.

### 2.2.3 نتائج اختبار تعيين كمية المواد الناعمة في الركام.

من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (10) نجد ان كمية المواد الناعمة لركام محاجر الابيار هو 0.97%، واجدابيا هو 0.95% من الوزن الكلي للعينة، حيث من خلال النتائج تبين أن ركام أجدابيا يوجد بيه نسبة أقل من المواد الناعمة، وهذا يدل على أنه أفضل من ركام الابيار من حيث التفاعل مع الاسمنت، وعدم تسبب بضعف الخرسانة، ولا يزيد من الانكماش عند التفاعل الذي يسبب شروخ عند تصلب الخرسانة، وهذا ونصت المواصفات القياسية البريطانية (BS 440:1975) [11] أن ألا تزيد نسبة المواد الناعمة عن 3% من وزن العينة.

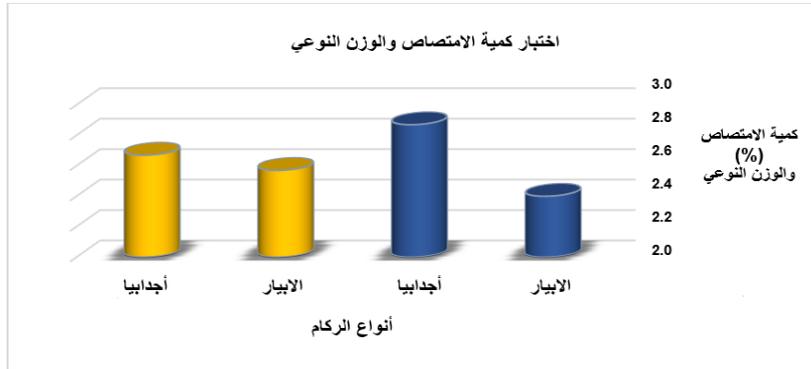


الشكل (10): مقارنة نتائج اختبار المواد الناعمة.

### 3.2.3 نتائج اختبار الوزن النوعي والامتصاص للركام.

من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (11)، نجد أن الكثافة النوعية الظاهرية لركام الابيار محاجر هو 2.57 واجدابيا 2.67 ونسبة الامتصاص

لركام أجدابيا 2.4% والابيار 2.87% حيث نصت المواصفات القياسية البريطانية (BS 1975: 812 [11] أنه يجب أن تتراوح الكثافة النوعية الظاهرية بين 2.50 و 2.75، وألا تزيد نسبة الامتصاص عن 3%.



الشكل (11): مقارنة نتائج اختبار الوزن النوعي والامتصاص.

#### 4.2.3 نتائج اختبار مقاومة الصدمية (الصلابة).

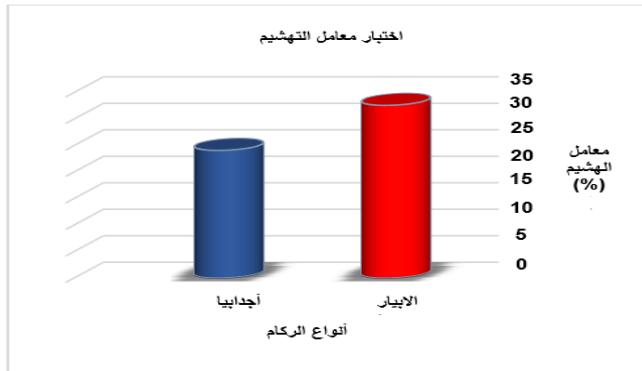
من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (12)، نجد أن معامل الصدمية لركام الابيار هو 28.5%، وأجدابيا هو 23.2%، حيث نصت المواصفات القياسية البريطانية (BS 882: 1992) [11] على أن الحد الاقصى لمعامل الصدمية 30%؛ فإن ذلك يعني أن الركام يمكن استعماله في خرسانة معرضة للتآكل، و45% عندما يكون الركام مستعمل في أنواع أخرى من الخرسانة الغير معرضة للتآكل، ومن خلال النتائج نلاحظ أن الركام اجدابيا أكثر مقاومة للصدمية وأعلي بنسبة 23% من ركام الابيار.



الشكل (12): مقارنة اختبار الصدمية.

### 5.2.3 نتائج اختبار مقاومة الركام الكبير للتهشيم.

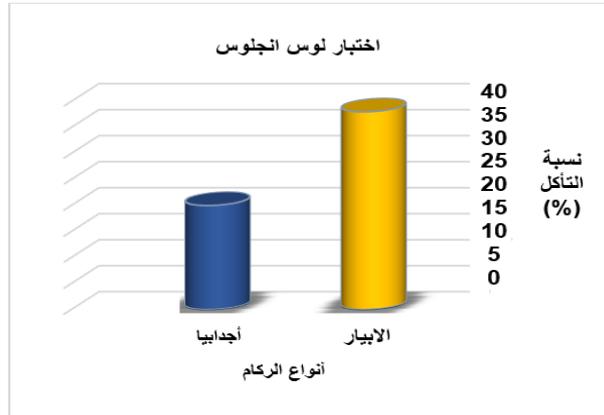
من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (13) نجد أن معامل التهشيم لركام محاجر الالبيار هو 32.6% وأجدابيا 24.1%، حيث نلاحظ أن مقاومة التهشيم لركام أجدابيا أعلى بنسبة 35% من ركام الالبيار ونصت المواصفات القياسية البريطانية (BS 882:1992) [11] على أن الحد الأقصى لمعامل التهشيم هو 30% حيث تشير النتائج إلى ان مقاومة التهشم لركام أجدابيا أعلى من ركام الالبيار.



الشكل (13): مقارنة نتائج اختبار التهشيم.

### 6.2.3 نتائج اختبار مقاومة الركام للتآكل (لوس انجلوس).

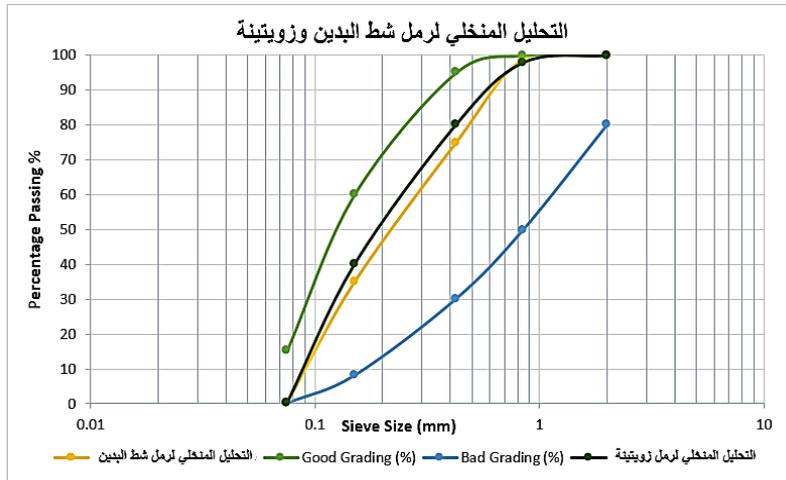
من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (14) نجد أن مقاومة التآكل لركام أجدابيا هو 20% أما ركام الالبيار فهو 38% وبالتالي تكون مقاومة التآكل لركام أجدابيا أعلى من ركام الالبيار حيث نصت المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين الأمريكية (ASTM-C131-180) [12] أنه إذا كانت مقاومة التآكل أقل من 30% فإن ذلك يعنى أن الركام يمكن استعماله في الاسطح المعرضة للاحتكاك وإذا كانت ما بين 30% و45% فإنه يمكن استعماله في المناطق القليلة الاحتكاك أما إذا ما تعدت ال 45% فإن هذا الركام يعتبر ضعيف جداً ولا يصلح استعماله في الخرسانات المعرضة للاحتكاك. ونلاحظ أن ركام محاجر اجدابيا أكثر مقاومة للتآكل بنسبة 90% من ركام الالبيار.



الشكل (14): مقارنة نتائج اختبار لوس انجلوس.

### 7.2.3 نتائج اختبار التدرج الحبيبي للرمل.

يوضح الشكلين (15) نتائج اختبار التحليل المنخلي لعينتي من ركام الناعم من شط البدين وزويتينة حيث يوضح المنحني باللون الازرق تدرج العينة والمنحني باللونين الأحمر والاخضر الحدود العليا والدنيا للتدرج المسموح به من قبل المواصفة (BS 812:1985).

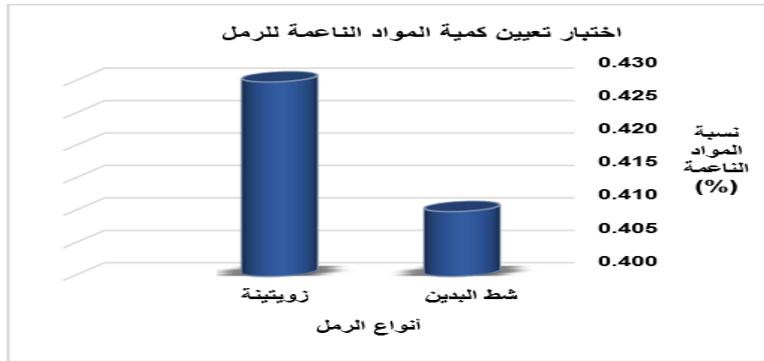


الشكل (15): المنحني اللوغاريتمي لرمل شط البدين وزويتينة.

### 8.2.3 نتائج اختبار تعيين كمية المواد الناعمة للرمل:

من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (16)، نجد ان كمية المواد الناعمة لركام شط البدين هو 0.41%، وزويتينة هو 0.43% من

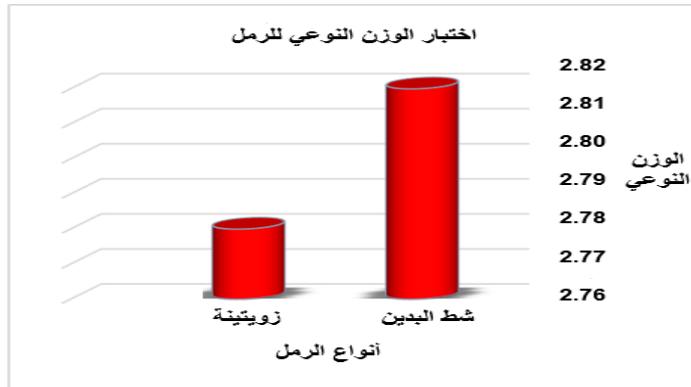
الوزن الكلي، حيث من خلال النتائج تبين أن رمل شط البدين يوجد بيه نسبة أقل من المواد الناعمة، وهذا يدل على أنه أفضل من رمل زويتينة من حيث التفاعل مع الاسمنت وعدم تسبب بضعف الخرسانة ولا يزيد من الانكماش عند التفاعل الذي يسبب شروخ عند تصلب الخرسانة، ونصت المواصفات القياسية البريطانية (BS 440:1975) [11] أن ألا تزيد نسبة المواد الناعمة عن 3% من وزن العينة.



الشكل (16): مقارنة نتائج اختبار المواد الناعمة.

### 9.2.3 نتائج اختبار الوزن النوعي للرمل.

من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الشكل (17) نجد أن الوزن النوعي لرمل شط البدين هو 2.82 وأزويتينة هو 2.785، حيث تُعتبر هذه النتائج غير مطابقة للمواصفات، ونصت المواصفات القياسية البريطانية (BS 812:1975) [11] أنه يجب أن تتراوح الكثافة النوعية الظاهرية بين 2.50 و2.75.



الشكل (17): مقارنة نتائج اختبار الوزن النوعي.

### 3.3 حديد التسليح.

#### 1.3.3 اختبار مقاومة الشد.

من خلال النتائج المتحصل عليها كما هي موضحة في الاشكال (18 إلى 29)، كانت مقاومة الخضوع ( $F_y$ ) لقضبان حديد التسليح مصنع طرابلس محلي الصنع قطر 12 ملم هي: 339 و 349 ميغا باسكال بمتوسط 344 ميغا باسكال، بينما بلغت الاستطالة النهائية لهما 28% و 30% بمتوسط 29%، ونسبة التصلب الانفعالي ( $F_u/F_y$ ) 1.5 للعينتين، بينما بلغت في القطر 14 ملم 340 و 340 ميغا باسكال بمتوسط 344 ميغا باسكال هي أيضاً، وبلغت الاستطالة النهائية لهما 24% و 27% بمتوسط 25.5% ونسبة التصلب الانفعالي 1.5 للقضبين هي أيضاً.

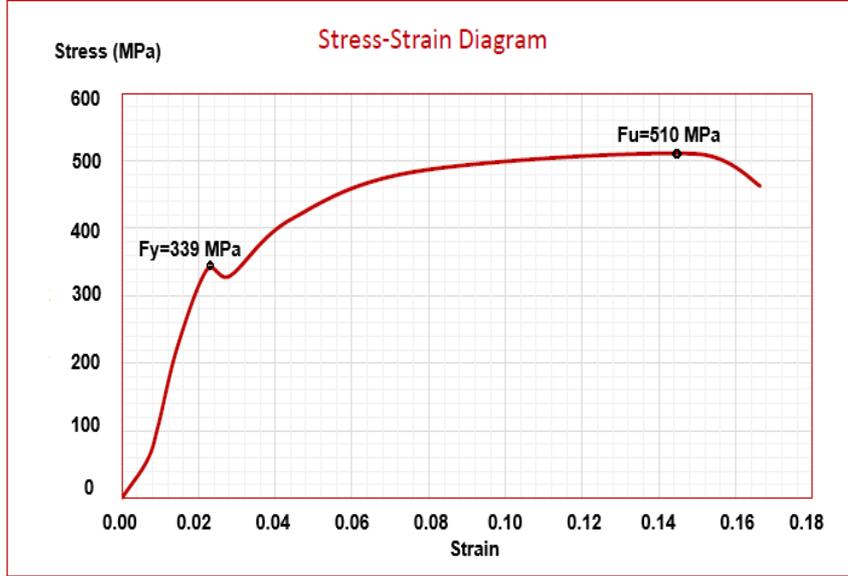
بينما في قضبان تسليح مصنع مصراته محلي الصنع كانت مقاومة الخضوع ( $F_y$ ) قطر 12 ملم هي: 328 و 337 ميغا باسكال بمتوسط 332 ميغا باسكال، بينما بلغت الاستطالة النهائية لهما 36% و 38% بمتوسط 37%، ونسبة التصلب الانفعالي ( $F_u/F_y$ ) 1.5 و 1.4 بمتوسط 1.45 للقضبيين، بينما بلغت في القطر 14 ملم 301 و 306 ميغا باسكال بمتوسط 303 ميغا باسكال، وبلغت الاستطالة النهائية لهما 34% و 31% بمتوسط 32% ونسبة التصلب الانفعالي 1.6 للقضبيين.

تحصل حديد تسليح عز المستورد من مصر علي مقاومة الخضوع ( $F_y$ ) قطر 12 ملم هي 551 و 564 ميغا باسكال بمتوسط 557 ميغا باسكال، بينما بلغت الاستطالة النهائية لهما 23% للقضبيين، ونسبة التصلب الانفعالي ( $F_u/F_y$ ) 1.3 للقضبيين، بينما بلغت في القطر 16 ملم 552 و 548 ميغا باسكال بمتوسط 550 ميغا باسكال، وبلغت الاستطالة النهائية لهما 40% و 38% بمتوسط 39% ونسبة التصلب الانفعالي 1.3 للقضبيين.

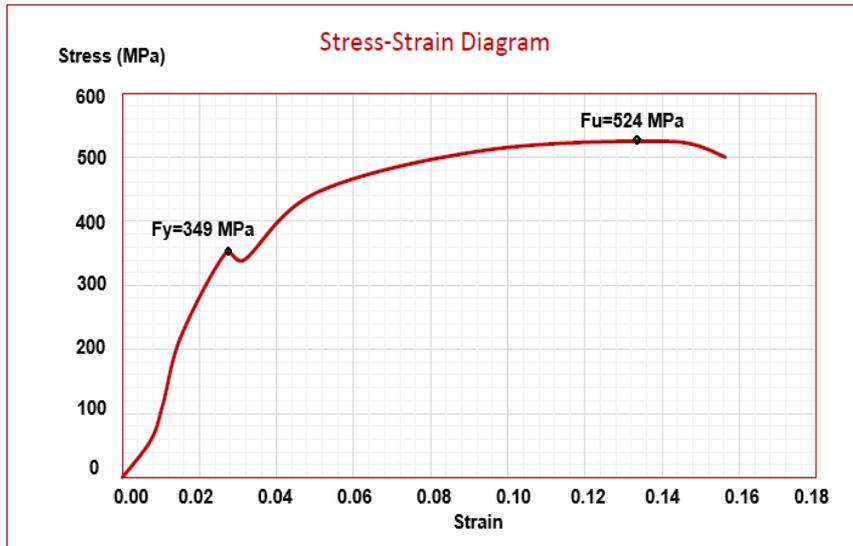
أشارت النتائج بحصول قضبان تسليح مصنع طرابلس علي مقاومة خضوع أعلى من مصراته، بينما أستطالت قضبان مصنع مصراته أعلى من مصنع طرابلس، ويترجح ذلك بوجود نسبة كربون في مكوناته أعلى من قضبان مصنع طرابلس التي هي مسؤولة بشكل مباشر علي الاستطالة، بينما تفوق حديد تسليح عز المستورد من مصر علي القضبان محلية الصنع بحصولها علي مقاومة خضوع اعلي بكثير من القضبان محلية الصنع.

أوصت للمواصفة (BS 4449) [11] أن نسبة الاستطالة النهائية في القضبان يجب أن تكون اعلي من الحد الأدنى وهي (12%)، وان معدل نسبة التصلب الانفعالي ( $F_u/F_y$ )

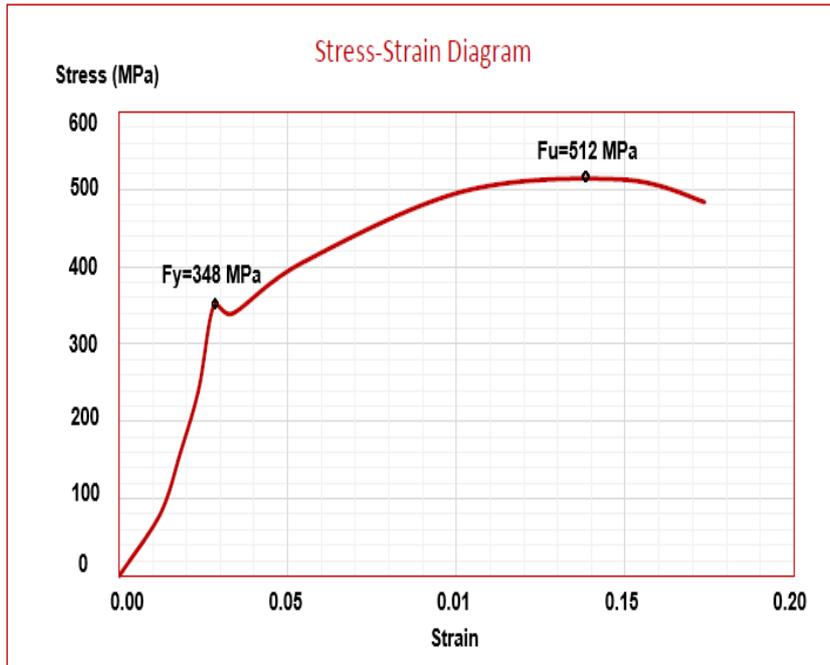
يجب أن تكون أيضاً اعلى من الحد الأدنى للمواصفة وهو (1.05)، وحيث أن جميع القضبان التي تم اختبارها لبت الحد الادني من الاستطالة ونجاح هذه العينات في الوصول الي الحد الادني من الاستطالة دليل علي انها تمتلك مرونة كافية وستعطي إشارات تحذير قبل الفشل.



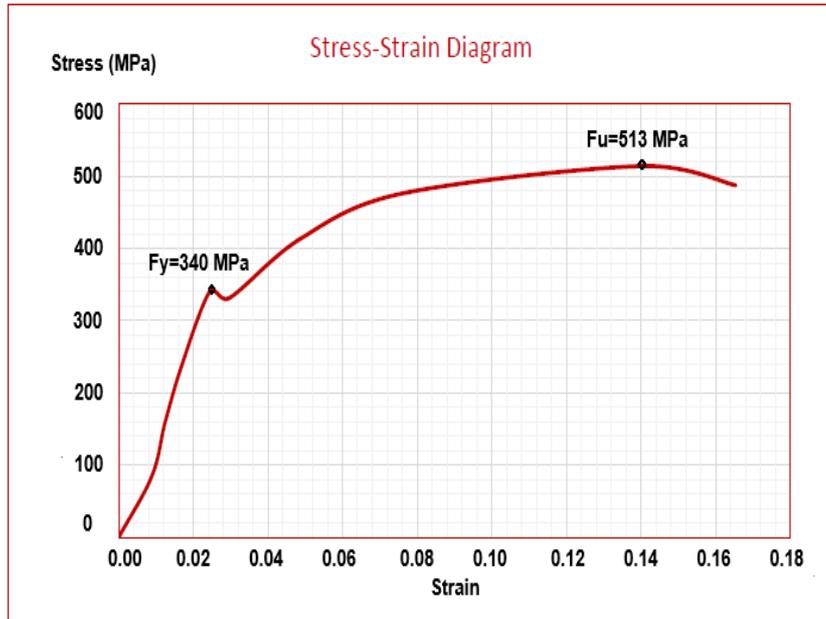
الشكل (18): منحنى الاجهاد والانفعال حديد طرابلس قطر 12 ملم للعيينة 1.



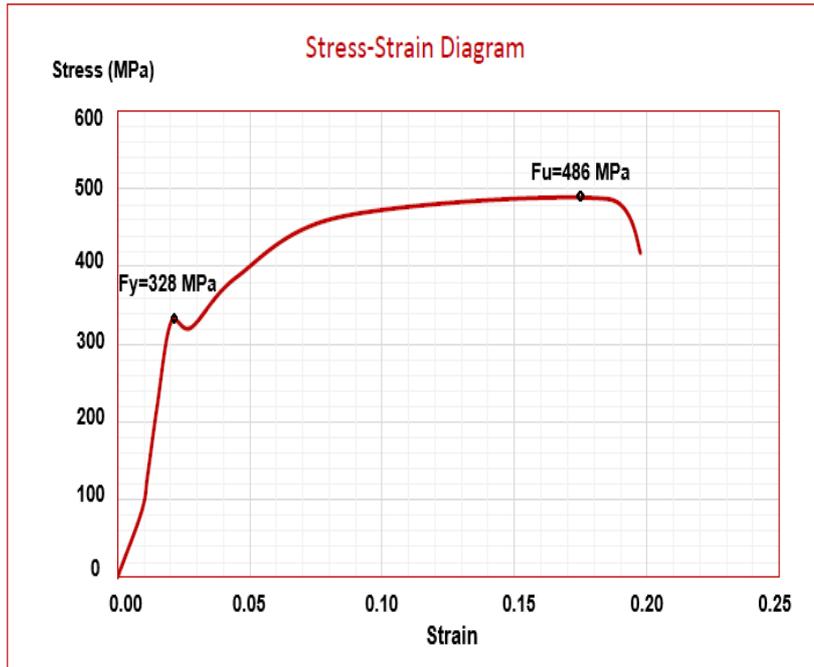
الشكل (19): منحنى الاجهاد والانفعال حديد طرابلس قطر 12 ملم للعيينة 2.



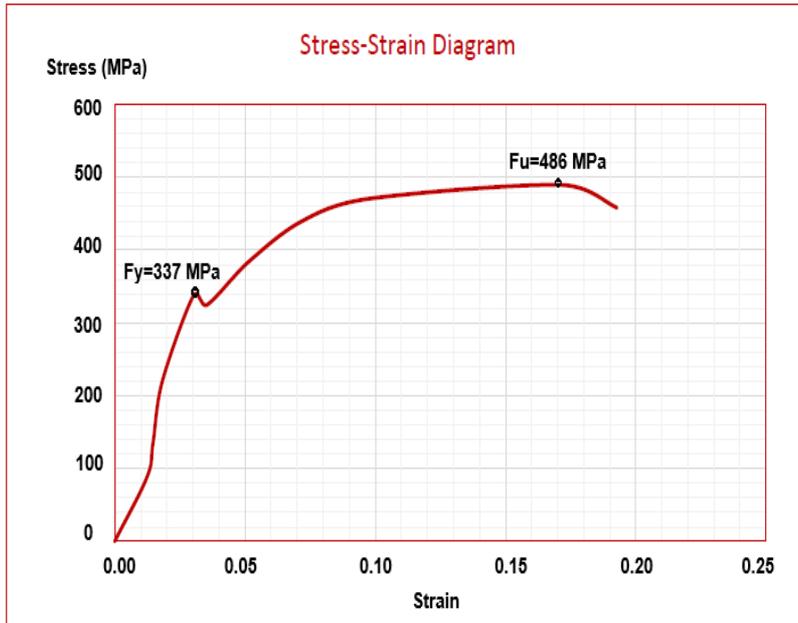
الشكل (20): منحنى الاجهاد والانفعال حديد طرابلس قطر 14 ملم للعينة 3.



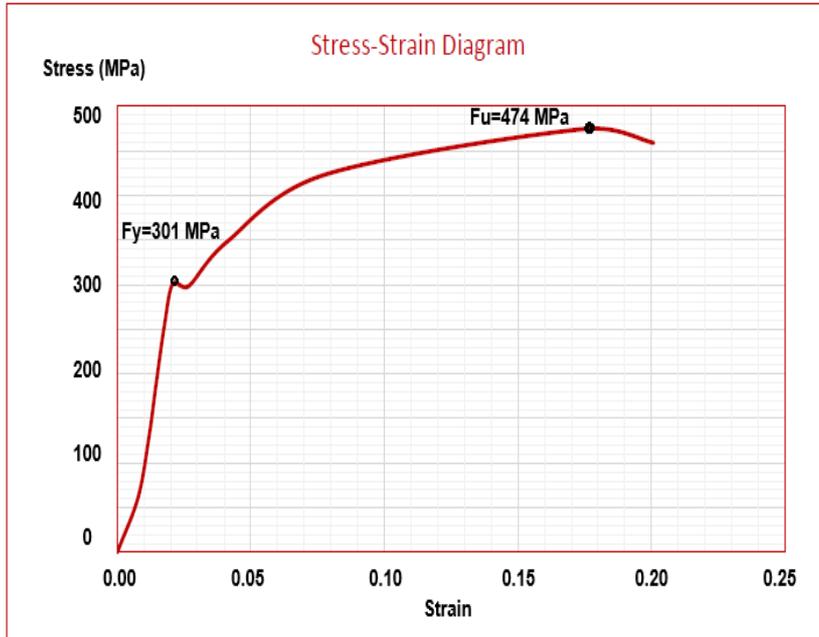
الشكل (21): منحنى الاجهاد والانفعال حديد طرابلس قطر 14 ملم للعينة 4.



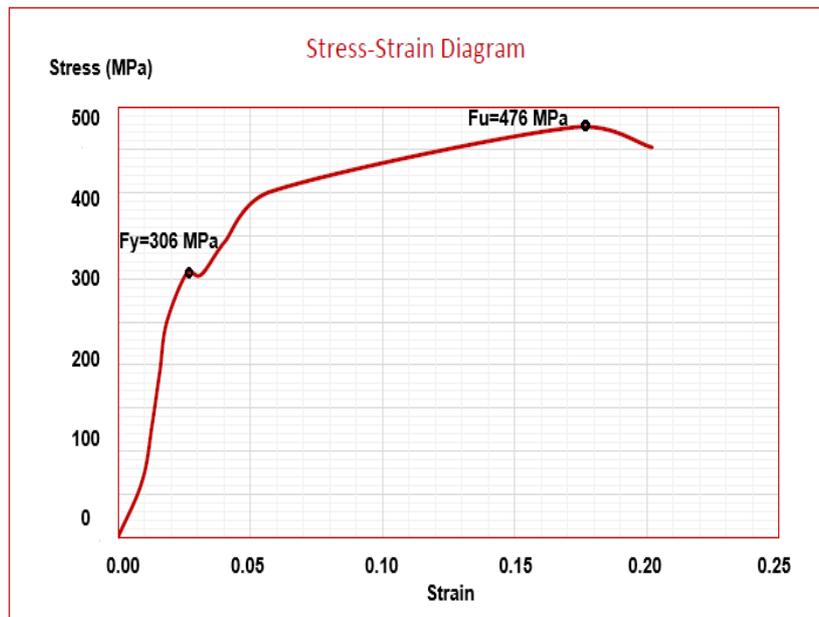
الشكل (22): منحنى الاجهاد والانفعال حديد مصرارة قطر 12 ملم للعيينة 1.



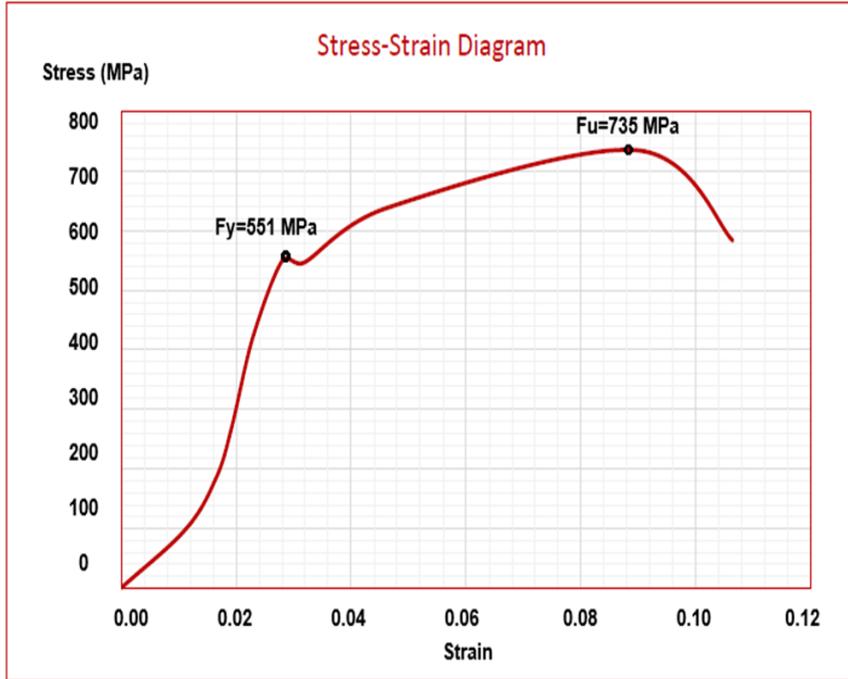
الشكل (23): منحنى الاجهاد والانفعال حديد مصرارة قطر 12 ملم للعيينة 2.



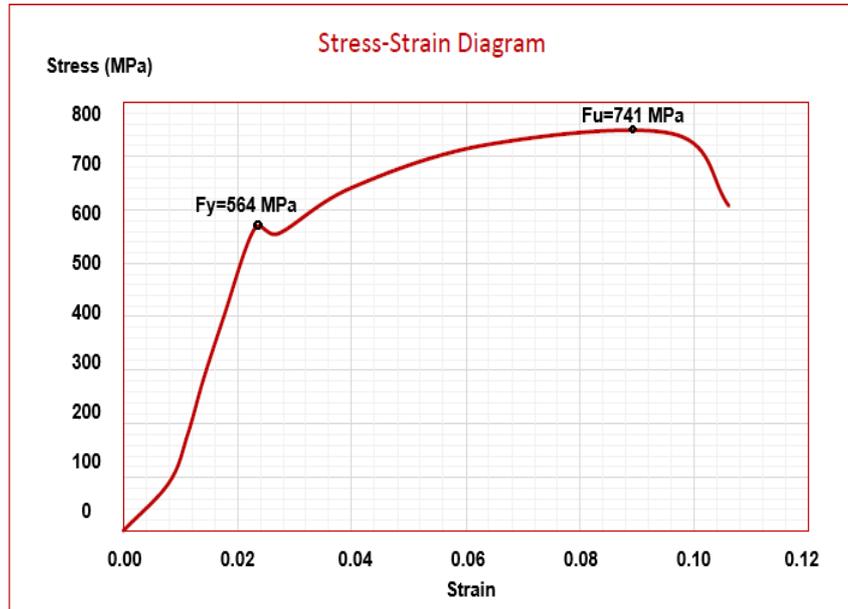
الشكل (24): منحنى الاجهاد والانفعال حديد مصراتة قطر 14 ملم للعيينة 3.



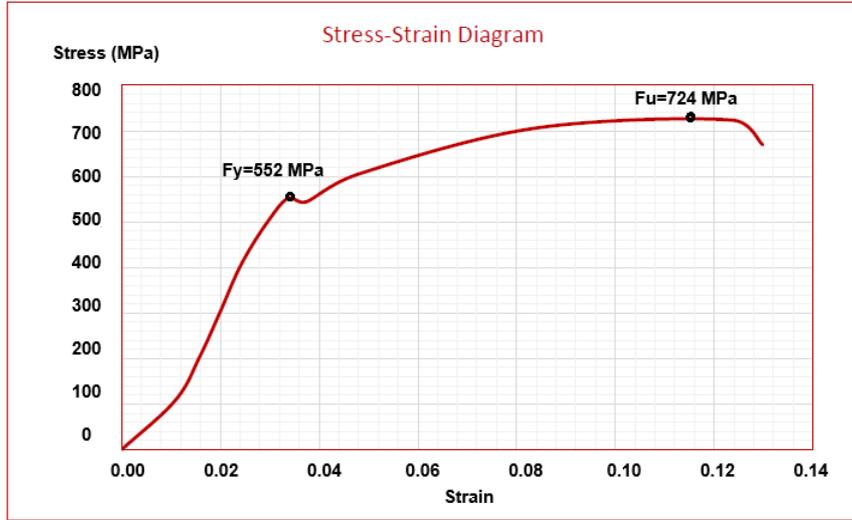
الشكل (25): منحنى الاجهاد والانفعال حديد مصراتة قطر 14 ملم للعيينة 4.



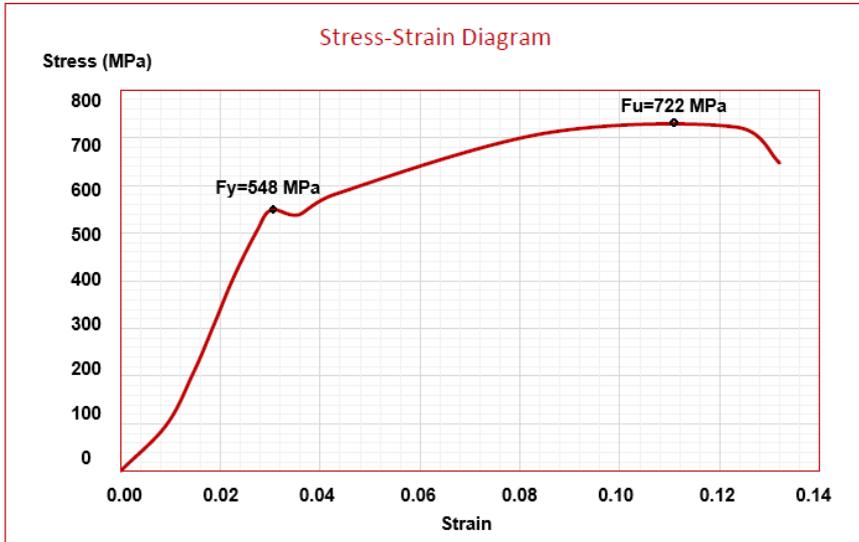
الشكل (26): منحنى الاجهاد والانفعال حديد عز قطر 12 ملم للعيينة 1.



الشكل (27): منحنى الاجهاد والانفعال حديد عز قطر 12 ملم للعيينة 2.



الشكل (28): منحنى الاجهاد والانفعال حديد عز قطر 16 ملم للعينة 3.



الشكل (29): منحنى الاجهاد والانفعال حديد عز قطر 16 ملم للعينة 4.

### 2.3.3 اختبار الثني.

يوضح الشكل (30) القضبان بعد اختبار الثني وإعادة الثني، حيث تم وضع القضبان أفقياً على الدعامات، وتم تطبيق القوة من خلال مكبس يوضع في منتصف المسافة بين الدعامات حتى يتم ثني القضيب بزاوية  $180^0$  درجة، وينتج تشوه انحناء

مستمر وموحد علي القضيب، يجب ألا تظهر علي العينات التي تم اختبارها أي علامة كسر أو تشوه غير منتظم، وإذا ظهرت أي شقوق؛ فإن العينة تفشل في الاختبار وأشارت جميع نتائج الاختبار إلى أن جميع القضبان قد نجحت في الاختبار ولم تظهر عليها أي شقوق، وتم إجراء هذا الاختبار وفق المواصفات القياسية الأمريكية [12].



الشكل (32): حديد عز

الشكل (31): حديد مصراتة

الشكل (30): حديد  
طرابلس

#### 4. الاستنتاجات.

- من خلال نتائج الاختبارات المعملية التي تم إجرائها على عينات مختلفة من الاسمنت تبين الاتي:

- 1- أن اسمنت البرج محلي الصنع يحتاج إلى كمية ماء أكثر من الأنواع الأخرى للوصول إلى القوام القياسي، ووصل نسبة المياه التي يحتاجها للوصول الي القوام القياسي 31% من وزن العينة أكثر من الأنواع الأخرى المُختبرة.
- 2- أبدى أسمنت البرج محلي الصنع زمن شك ابتدائي مقداره 200 دقيقة وزمن شك نهائي 243 دقيقة، وهي أكثر من الأنواع الأخرى.
- 3- جميع العينات كانت مطابقة للمواصفات في اختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي، وأن أقل متوسطا زمنيا لاختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي كان إسمنت الصلابة، حيث أنه اقل في زمن الشك الابتدائي من أسمنت البرج

بنسبة %82، وبنسبة %68، وحلوان بنسبة %32. أما زمن الشك النهائي فكان أقل من البرج بنسبة %87، وبنسبة %73، وحلوان بنسبة %54.

4- أظهر أسمنت البرج محلي الصنع وبنسبة %32، وحلوان المستوردان من مصر نتائج مقارنة من حيث مقاومة الضغط بعد 28 يوم بالحصول على متوسط مقاومات الضغط (34.77 و 33.9 و 33.3) ميغا باسكال على التوالي بمتوسط 34 ميغا باسكال في حين أبدى أسمنت الصلابة متوسط مقاومة ضغط مقدارها 23.85 ميغاباسكال التي هي أقل ب 27 % من الأنواع الأخرى تقريباً.

5- جميع العينات مطابقة للمواصفات في اختبار ثبات الحجم وفي الحد المسموح به لتمدد العينة.

• من خلال نتائج الاختبارات المعملية التي تم إجرائها على عينات مخلقة من الركام تبين الاتي:

1- طابقا الركام المتحصل عليه من محاجر الابيار وأجدايا المواصفات، وخرجت العينات المختبرة في منحى التدرج الحبيبي عن الحدود الدنيا والعليا بقليل.

2- بلغ أقصى مقياس اعتيادي للحبيبات في جميع العينات 20 ملم.

3- طابقت العينات من محاجر اجدايا والابيار المواصفات من حيث نسبة المواد الناعمة.

4- الكثافة النوعية الظاهرية ونسبة الامتصاص أظهرت جميع عينات الركام قيماً مقبولة لكلا الخاصيتين، وفقاً للمواصفات القياسية.

5- مقاومة الصدمية لركام محاجر الابيار كانت اعلى من ركام اجدايا، وهي من ضمن حدود المواصفات.

6- لم يتحصل ركام محاجر الابيار على مقاومة التهشيم المطلوبة في المواصفات، وهي عدم تجاوز معامل التهشيم نسبة 30% للخرسانة الغير معرضة للتآكل، و 25% للخرسانة المعرضة للتآكل، في حين كانت مقاومة التهشيم ركام أجدايا اعلى وهي من ضمن حدود المواصفات.

- 7- أظهرت مقاومة التآكل لركام اجدايبا اعلى من ركام محاجر الالبيار؛ لأنه تحصل على نسبة تآكل اقل.
- 8- طابقا رمل شط البدين وزويتينة من حيث التدرج الحبيبي.
- 9- نسبة المواد الناعمة لرمل شط البدين وأزويتينه كانت ضمن الحدود المسموح بيها، وهي أقل من 3% في حين لم تحقق قيم الوزن النوعي اشتراطات المواصفات.
- 10- لم تطابق العينات المُختبرة المواصفات لرمل شط البدين وزويتينة المواصفات من حيث الوزن النوعي.

• من خلال نتائج الاختبارات المعملية التي تم إجرائها على عينات مخلقة من الحديد نستنتج التالي:

- 1- كانت مقاومة الخضوع ( $F_y$ ) لقضبان حديد التسليح مصنعي طرابلس ومصراته متقاربة (محلية الصنع)، ومتوسط مقاومتهم حوالي 340 ميغا باسكال، في حين بلغت متوسط مقاومة حديد مصنع مصراته قطر 14 مل حوالي 300 ميغا باسكال التي هي أقل ب 12% عن باقي الأقطار.
- 2- أبدت قضبان حديد التسليح المستوردة من مصر مقاومة اعلى ب 38% من القضبان من باقي العينات محلية الصنع، حيث وصلت متوسط مقاومة الخضوع الى حوالي 550 ميغا باسكال.
- 3- أظهرت جميع عينات قضبان حديد التسليح المحلية والمستوردة مطابقتها للمواصفات للحد الأدنى للنسبة الاستطالة وهي 12% في المواصفات البريطانية، نجاح هذه القضبان في الوصول إلى الحد الأدنى من المواصفات دليل علي أنها تمتلك المرونة وستعطي إشارات تحذير قبل الفشل.
- 4- طبقت جميع العينات نسبة التصلب الانفعالي ( $F_u/F_y$ )؛ ولم تقل أي عينة عن نسبة 1.05 حسب المواصفات البريطانية.
- 5- في اختبار الثني وإعادة الثني جميع العينات نجحت جميع القضبان في الاختبار لم يحدث فيها أي شقوق، وكانت مطابقة للمواصفات.

## 5. الخلاصة.

بناءً على ما تم دراسته في هذا البحث، من خلال الاختبارات والتجارب والنتائج المتحصل عليها، نوصي بالحصول على عينات أكثر وإجراء اختبارات أوسع لجميع أنواع الإسمنت المتوفرة في السوق الليبي، واستخدام إسمنت البرج محلي الصنع وبني سويف وحلوان المستوردة من مصر في أعمال الإنشاءات الخرسانية المسلحة، بالإضافة الي إجراء دراسات أكثر وتحليل مكونات اسمنت الصلابة محلي الصنع ومعرفة سبب حصوله على مقاومة أقل من الأنواع الأخرى، وكذلك إجراء اختبار التحليل الكيميائي لتحديد الأكاسيد المكونة لإسمنت وفقاً للمعادلات بوجيو ووفق المواصفة (ASTM (C-150 [11] وذلك للتأكد من تطابق التركيبة الكيميائية للمواد الخام لمتطلبات الإنتاج مع التركيبة النهائية للكنكر.

أماً بخصوص المحاجر فيفضل استخدام ركام محاجر أجدابيا في الإنشاءات الخرسانية المسلحة، وإجراء دراسات أكثر وأوسع على رمل شط البدين وزويتينة، أماً بالنسبة للحديد التسليح فيجب إجراء اختبار تحليل كيميائي لحديد التسليح محلي الصنع من مصنعي مصراته وطرابلس لمعرفة نسبة الكربون التي هي مسؤولة عن تدني مقاومة الخضوع مقارنة بالحديد المستورد من مصر، واستخدام حديد التسليح عز المستورد من مصر في العناصر الإنشائية التي يتم تسليط أحمال كبيرة عليها كالأعمدة والأساسات بسبب مقاومته العالية.

وأخيراً يجب إجراء دراسة جدوى اقتصادية لمقارنة تكلفة الاستيراد والإنتاج للإسمنت وحديد التسليح، ويجب على مراكز مراقبة الجودة التابعة للدولة ليبيا إجراء اختبارات دورية لإسمنت وحديد التسليح المنتجات محلياً وتقييم المستورد منه للتأكد من تطابقه للمواصفات في سوق العمل.

## المراجع:

- [1] ايمن محمود ،محمود خطاب ،أشرف الفضيل. (2021)، ” دراسة مقارنة للخصائص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية للأسمنت المتوفر في السوق الليبي“، المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات، [www.ijeit.misuratau.edu.ly](http://www.ijeit.misuratau.edu.ly).
- [2] محمود الإمام ،محمد أمين. (2007)، ”خواص المواد واختباراتها“، دار الكتب الوطنية، القاهرة، مصر.

- [3] Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B. and William, C. P. (2003). "Design and Control of Concrete Mixtures", Portland Cement Association.
- [4] أسماء صالح، ندي فرج. (2023)، "دراسة مقارنة لأنواع الركام المستخدم في أعمال صناعة الخرسانة"، ليبيا بنغازي: جامعة بنغازي، كلية الهندسة، قسم الهندسة المدنية.
- [5] خالد الحداد. (2012)، "التقييم النوعي للركام الخشن (الحصى) من مقالع مختارة في محافظة صلاح الدين وسط العراق"، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد 18، العدد 5، ص ص (272-282).
- [6] المواصفات القياسية الليبية.
- [7] مصباح الفلاق، حاتم الفصير. (2016)، "تقييم محاجر الركام الناعم (الرمال) بمدينة مصراتة"، المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات، المجلد 3، العدد 1.
- [8] Nawy, E. G. (2005). "Reinforced Concrete a Fundamental Approach", Fifth Edition.
- [9] Ede, A.N. (2015). "Assessment of Quality of Steel Reinforcing Bars Used in Lagos, Nigeria". International Research Journal of Innovative Engineering, Vol. 1, Issue 3.
- [10] Abdel-Magid, T. (2017) "Quality Evaluation of Steel Reinforcement Bars in Khartoum State". Red Sea University Journal of Basic and Applied Science Vol. 2 Special Issue (1), PP. 169-180.
- [11] BS, British Standard Institution.
- [12] ASTM, American Society for Testing of Materials.
- [13] Hibbeler, R. C. (2011). "Mechanics of Material", Eighth Edition.