ISSN: 2410-7727

صلاحية الرمال المستخدمة كركام ناعم لأعمال الخرسانة والتشييد في مدينة المكلا

The Validity of the Sand Used as a Fine Aggregate for Concrete and Construction Works in AL Mukalla City

وليد أحمد سالم بازار [1]
سالم خميس عوض بن شملة [2]
محمد حسين أبوبكر الجفري [3]

(1) أستاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية– كلية الهندسة والبترول– جامعة حضرموت– الجمهورية اليمنية
waleedbazar@gmail.com
(2) أستاذ مشارك بقسم الهندسة المدنية– كلية الهندسة والبترول– جامعة حضرموت– الجمهورية اليمنية
(3) أستاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية– كلية الهندسة والبترول– جامعة حضرموت– الجمهورية اليمنية

ISSN: 2410-7727

ISSN: 2410-7727

صلاحية الرمال المستخدمة كركام ناعم لأعمال الخرسانة والتشييد في مدينة المكلا

الملخص:

هدف البحث التحقق من صلاحية الرمال المستخدمة محلياً كركام ناعم في الأعمال الخرسانية والتشييد في عاصمة محافظة حضرموت (مدينة المكلا) والمناطق المجاورة، ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية العالمية. لهذا الغرض تم جمع سبع عينات من مصادر مختلفة من الرمال شائعة الاستخدام كركام ناعم لأعمال الخرسانة في منطقة الدراسة. تم دراسة أهم الخواص الهندسية الفيزيائية ومنها التحليل المنخلي (التدرج الحبيبي)، معايير النعومة، معامل الانتظام، الوزن النوعي، الكثافة الكلية، محتوى الرطوبة وكذلك المكافئ الرملي وذلك لغرض مطابقتها مع شروط المواصفات القياسية ومدى صلاحيتها للأعمال الإنشائية. أظهرت النتائج أن عينات الرمال المفحوصة لم تحقق شروط المواصفات القياسية في مجملها وهي لا تصلح للاستخدام في الأعمال الإنشائية والخرسانية إلا بعد معالجة بعض خواصها لكي تفي بالشروط اللازمة خاصة التدرج الحبيبي ونسبة المواد الناعمة والمواد الطينية الضارة. وقد استعرض الباحث بعض المعالجات التي من شأنها تحسين خواص الرمل قبل استخدامه في أعمال التشييد. من خلال نتائج البحث وبسبب عدم وجود مواصفات محلية خاصة لذلك تم وضع تصنيف للرمال المحلية المستخدمة في أعمال الخرسانة من قبل الباحث بحسب المجال الملائم للاستعمال لكل نوع من الرمال في الأعمال الإنشائية المحلية حسب خواصه وبالاعتماد على المواصفات الدولية.

الكلمات الدالة: صلاحية الرمال، المكلا، الخرسانة، التدرج الحبيبي، المكافئ الرملي.

The Validity of the Sand Used as a Fine Aggregate for Concrete and Construction Works in AL Mukalla City.

Waled Ahmed Salem Bazar[(1)]

Salem Khamis Awad BinShamla[(2)]

Mohammed Hussain Abu-bakr Al-gafry[(3)]

1)Civil Department, College of Engineering and Petroleum, Hadhramout University, Yemen.
waleedbazar@gmail.comYemen
2)Civil Department, College of Engineering and Petroleum, Hadhramout University, Yemen.

ISSN: 2410-7727

ABSTRACT

This practical research is checking whether Al-Mukalla city's fine aggregate (sand) meets international standards for concrete and construction works. Seven samples from different sources were collected from the sands commonly used in concrete works within the scope of the study area, including natural sands (valley sands and beach sands) and crushed sands created by aggregate crushers. For compliance with international standards specifications and suitability of local sands for construction work, this study examined the most important physical properties of sand (granular gradient), fineness modulus, uniformity coefficient, specific weight, total density, moisture content, and sand equivalent. As a result of the study, the sand samples didn't meet the standard specifications, so they can't be used for construction and concrete without being treated in some way to meet the necessary conditions like gradation, fine materials, and harmful clay materials. In order to improve the properties of sand before it is used for construction, the researcher reviewed some treatments. According to international standards, the researcher developed a classification of sand based on its properties and the appropriate field of use in local construction works.

Keywords: Sand, AL Mukalla city, Concrete, sieve analysis, Fineness modulus, sand equivalent

1- المقدمة

نظراً لتنوع مصادر الرمال في منطقة الدراسة من وديان وشواطئ رملية وكثبان رملية طبيعية ورمل كسارة (الناتج من تكسير الصخور) من مقالع مختلفة وبتدرجات وخواص تختلف من مصدر لأخر ولغرض التعرف على الخواص الهندسية للرمال المستخدمة في أعمال التشييد والبناء يجب دراسة الخصائص المختلفة لها ومجالات استخدامها في أعمال البناء عامة ومدى ملاءمتها لأعمال التشييد والأعمال الخرسانية بشكل خاص وذلك بمطابقتها للمواصفات العالمية.

يستخدم الرمل بشكل واسع في أعمال البناء والتشييد لوفرته في الطبيعة ورخصه نسبياً مقارنة بالمواد الاخرى حيث يدخل الرمل في الأعمال الإنشائية المختلفة مثل أعمال الخرسانة والإسفلت وغيرها، ويعد الرمل جزء رئيسي في تكوين الخرسانة وكذلك في أعمال المونة الأسمنتية المستخدمة لأعمال البلاط والتلبيس وكملاط للبناء، ويتصف الرمل الجيد بإنه يعطي خلطات خرسانية جيدة من حيث المقاومة والديمومة والثبات وقابلية التشغيل، ويعد مكون أساسي في الخلطة الخرسانية.

ISSN: 2410-7727

يتكون الرمل نتيجة تفتت بعض أنواع الصخور بالعوامل الطبيعية أو الصناعية وتتكون غالباً من خليط رسوبي من أصل مائي أو من أصل قاري من حبيبات صغيرة تتدرج أحجامها بين (4.75-0.075) ملم وتقسم من حيث تدرجها الحبيبي إلى رمل خشن يتراوح تدرجه الحبيبي بين (4.75- 2) ملم ورمل متوسط بتدرج حبيبي بين (2- 0.42) ملم ورمل ناعم ما بين (0.42-0.075) ملم.

[AASHTO M6-2017]

يقسم الرمل من حيث المصدر إلى رمل طبيعي (natural sand) يمكن الحصول عليه من الترسبات المائية كالأنهار والبحار والوديان كما تتكون الكثبان الرملية طبيعياً نتيجة عوامل التعرية والرياح والنوع الاخر هو الرمل المكسر (crushing sand) ويتم الحصول عليه من خلال تكسير الصخور الطبيعية بالمعدات الصناعية للحصول على أحجام مختلفة من الرمل والحصى. يستخدم الركام بشكل عام في حوالي ثلاثة أرباع (60-75٪) من حجم الخرسانة حيث تتكون الخرسانة العادية من خليط من الركام الخشن (الحصى أو الكري) والركام الناعم (الرمل) بالإضافة إلى الأسمنت والماء، ويقلل الركام أيضاً من التغيرات الحجمية كالانكماش والناتجة عن عملية الإماهة والتصلب ومن تغيرات الرطوبة أثناء المعالجة والتجفيف، وبالتالي فهو يمنح ثباتًا أكبر في الحجم ويعطي بعد التصلب متانة أفضل في مقاومة العوامل الخارجية. [ACI E1-16]

يساهم الرمل بشكل كبير في تحديد خواص الخلطات الخرسانية لأن خواصه الفيزيائية والكيميائية لها تأثير واضح على الخرسانة من حيث جودتها وخواصها قبل وأثناء عمليات الخلط وبعد الصب حيث يؤثر على خواص الخرسانة الطرية مثل قابلية التشغيل وكذلك على الخرسانة المتصلبة مثل المقاومة والمتانة إما سلباً أو أيجاباً حسب خواص الرمل المستخدم.

[الخلف مؤيد و عبد يوسف هناء]

ولأن الركام يشغل ما لا يقل عن ثلاثة أرباع حجم الخرسانة، فليس من المستغرب أن تكون لجودته أهمية كبيرة ليس فقط من ناحية قوة الخرسانة، حيث أن الركام ذو الخصائص غير المرغوب فيه ولا يمكن أن ينتج خرسانة قوية، ولكن خصائص الركام تؤثر بشكل كبير على متانة الخرسانة وأداءها الإنشائي.[Neville, A.M, 2011]

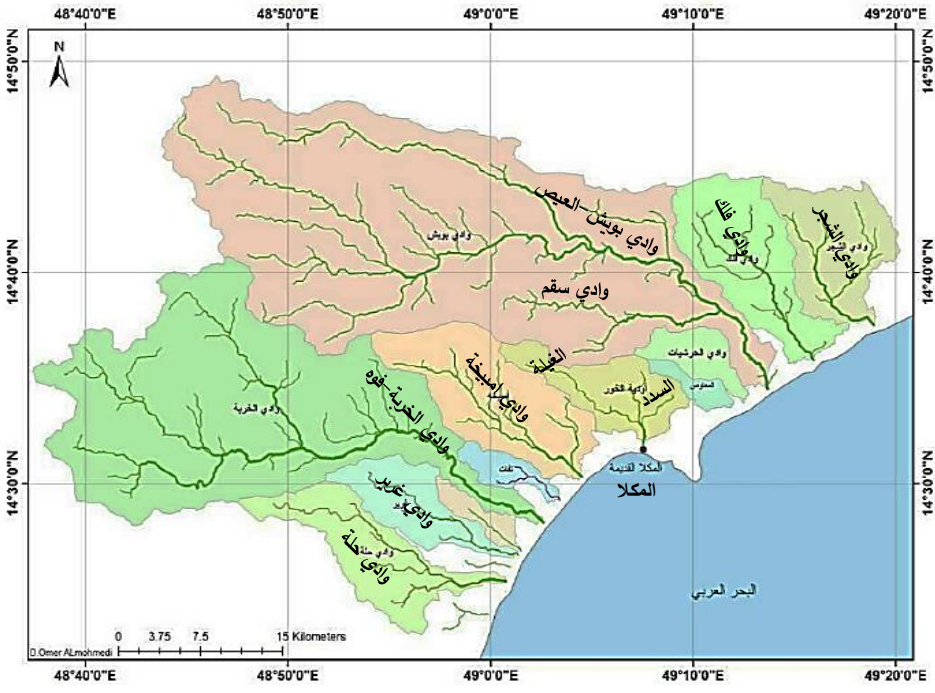
1-1 منطقة البحث

تركزت الدراسة على مدينة المكلا ومديرياتها الساحلية حسب الإحداثيات في الشكل (1) حيث تقع المدينة على ساحل البحر العربي وهي عاصمة محافظة حضرموت من أكبر محافظات الجمهورية اليمنية مساحة وتتمتع منطقة الدراسة بتنوع في التضاريس والجيولوجيا وتوجد بها العديد من الوديان والجبال والهضاب بالإضافة إلى الترسبات من الرمال والكثبان الرميلة المنتشرة على طول

ISSN: 2410-7727

السواحل ووديان منطقة الدراسة. تتميز منطقة الدراسة بوفرة الرمال الطبيعية الناتجة عن ترسبات الوديان حيث يحيط بمدينة المكلا وديان رئيسية منها وادي امبيخة وادي الخربة-فوة وكذلك وادي غرير ووادي حلة غرب المدينة أما شرقها فنجد وادي بويش-العيص ووادي فلك ووادي الشجر ووادي شحير كما تلتقي ثلاثة أودية وسط المدينة أهمها وادي الغليلة من الجهة الغربية ووادي المعاوص (السدد) من الجهة الشمالية الشرقية بالإضافة وادي سقم من الجهة الشمالية تصب في وادي الخور المار بوسط المدينة وكل هذه الأودية تصب في البحر العربي كما هو موضح في الشكل (1)، و توجد رمال الشواطئ الطبيعية الممتدة على طول سواحلها المطلة على البحر العربي.

انتشرت في السنوات الأخيرة كسارات الأحجار وهي مصانع لتكسير الحجر الطبيعية وتحويلها إلى ركام خشن وناعم بتدرجات مختلفة تستخدم في أعمال البناء والخرسانة ومعظم هذه الكسارات تقع على ضفاف الأودية لوفرة الأحجار في تلك الأودية ويعتبر الحجر الجيري الدولميتي الأكثر انتشاراً فيها.



شكل (1) يوضح إحداثيات منطقة الدراسة وأهم الأودية المحيطة بها

ISSN: 2410-7727

1-2 هدف البحث

يعتبر الرمل مكون رئيسي في أعمال التشييد ويستخدم في أعمال الخرسانة المختلفة والمونة الأسمنتية كركام ناعم وكذلك في أعمال الطرق، حيث يشكل حوالي ثلث حجم الخرسانة وثلثي حجم المونة الأسمنتية ويؤثر بشكل مباشر في خواص الخرسانة والمونة الأسمنتية بحسب خواصه وكميته ونوعه، لذلك نجد أن المواصفات العالمية وضعت حدود واشتراطات ومواصفات يجب أن تتوفر في الرمل المستخدم في الأعمال الإنشائية من خرسانة ومونة وغيرها، هدف هذا البحث العملي التحقق من مدى صلاحية الرمال المستخدمة محلياً كركام ناعم في الأعمال الخرسانية والتشييد في عاصمة محافظة حضرموت (مدينة المكلا) والمناطق المجاورة من خلال مقارنة خواصه و مطابقتها بمتطلبات المواصفات القياسية العالمية.

ونظرا للتنوع الجيولوجي لمنطقة الدراسة ولغرض تحديد الخواص الهندسية للرمال المستخدمة كركام ناعم في أعمال التشييد والبناء وذلك من خلال دراسة الخصائص المختلفة لها ومجالات استخدامها في أعمال البناء عامة ومدى ملاءمتها لأعمال التشييد والأعمال الخرسانية بشكل خاص وذلك بمطابقتها للمواصفات العالمية نظراً لعدم توفر كود بناء موحد خاص بالجمهورية اليمنية. هدف هذا البحث العملي لدراسة بعض الخواص الهامة للرمال المستخدمة محلياً وتسليط الضوء على الخواص الهندسية للرمال المستخدمة. لذلك تم أخذ عدة عينات من الرمال شائعة الاستخدام في أعمال الخرسانة والبناء في مدينة المكلا والمناطق المجاورة وذلك لدراسة خصائصها ومدى صلاحيتها لأعمال الخرسانة والمونة الأسمنتية وكذلك مدى مطابقتها للمواصفات القياسية مثل المواصفات الأمريكية والبريطانية.

1-3 إشكالية البحث

تختلف أنواع ومصادر الرمل المتوفرة في منطقة الدراسة والتي تستخدم في أعمال الخرسانة و البناء بشكل عام بمسميات مختلفة حسب المناطق وتدرجات مختلفة من مواقع ومقالع متباينة بدون ضوابط ولعدم وجود مراكز ابحاث ودراسات علمية محلية تهتم بدراسة خواص الرمال المستخدمة في أعمال البناء بمنطقة الدراسة وكون منطقة الدراسة تشهد توسع عمراني وفي أغلب الأعمال الإنشائية وخاصة المباني الخرسانية السكنية والعامة حيث يتم استخدام الرمال بدون عمل فحوصات معملية والاعتماد على الخبرة السابقة مع عدم وجود جهات رقابية مما يؤدي إلى ظهور مشاكل في جودة الأعمال الخرسانية والتقليل من العمر الافتراضي للمنشآت خاصة المنطقة ساحلية الأمر الذي يتطلب أن تكون الخرسانة ذات جودة عالية لمقاومة العوامل البيئية الخارجية القاسية من خلال اختيار المواد المناسبة والمطابقة للمواصفات وأهمها الركام.

ISSN: 2410-7727

2- منهجية البحث

اعتمد البحث المنهج التجريبي العملي من خلال الأعمال الحقلية والممثلة في النزولات الميدانية وجمع العينات ومن ثم الأعمال المختبرية وعمل الفحوصات داخل معمل مختبر الخرسانة والأسمنت في كلية الهندسة قسم الهندسة المدنية بجامعة حضرموت.

2-1 الأعمال الحقلية :(The field work)

هذه الدراسة شملت الزيارة الميدانية لعدد من المقالع الطبيعية والكسارات الصناعية في منطقة الدراسة وقد تم أخذ عينات من الرمال الشائع استخدامها في الأعمال الإنشائية في منطقة الدراسة، وكانت العينات ما بين رمل وادي ورمل كسارة ورمل شاطئ من سبعة مواقع مختلفة ضمن نطاق مدينة المكلا وهي (رمل وادي طبيعي (A) ، رمل كسارة المحضار(B)، رمل كسارة باشافعي (C)، رمل كسارة فلك (D)، رمل طبيعي وادي فوة (E)، رمل كسارة باصريم العيص (F)، رمل شاطئ البحر(G).

2-2 طريقة أخذ العينات:(The sampling method)

تمثل طريقة أخذ العينات البداية الأساسية والأهم حيث يجب أن تكون طريقة أخذ العينات صحيحة ويمثل مجتمع العينات تمثيلاً حقيقياً لتكون نتائج الفحوصات واقعية، لذلك يجب التأكد من أن أخذ العينات يغطي أكبر قدر ممكن من الرمل الكلي لتكون العينة ممثلة للواقع. تم أخذ العينات في هذا البحث بطريقة التقسيم الربعي كما حددته المواصفات القياسية البريطانية .B.S] [1992-2002-882 و مواصفات الجمعية الأمريكية لفحص المواد [ASTM C702/C702M-2018] ، على أن يتم أخذ العينة الواحدة مما لا يقل عن 10 أماكن مختلفة من نفس الموقع وأن يكون وزنها في حدود 13 كجم وتكون عينات الرمل المأخوذة من عدد من الأجزاء مختلفة من العينة السائبة، ولا تأخذ العينة من قمة أو قاعدة العينات السائبة لأن القمة تحتوي بشكل أساسي على حبيبات ركام صغيرة الحجم بينما القاعدة تحتوي كتلة كبيرة من الحبيبات كبيرة الحجم.

2-3 الفحوصات التي أجريت على العينات: (Test of Samples)

يخضع الرمل لمواصفات قياسية خاصة تحدد بالفحوصات المعملية الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية ومن أهم الخواص الفيزيائية التي تم دراستها في هذا البحث فحوصات التدرج الحبيبي ومن خلاله تم رسم منحنى التدرج الحبيبي لكل العينات مع تحديد معامل النعومة و معامل الانتظام، كما أجريت اختبارات الوزن النوعي و الكثافة الكلية و محتوى الرطوبة، وكذلك تم تعيين المكافئ الرملي وذلك لغرض مطابقة العينات مع الشروط والمواصفات القياسية العالمية ومدى صلاحيتها للأعمال

ISSN: 2410-7727

الإنشائية وخاصة الأعمال الخرسانية، أجريت الفحوصات المعملية في مختبر المواد والخرسانة بقسم الهندسة المدنية- كلية الهندسة-جامعة حضرموت.

1-3-2 التحليل المنخلي (التدرج الحبيبي): (Sieve Analysis Test)

هو نسبة وزن الأحجام المختلفة من عينة الركام إلى الوزن الكلى، ويتم تحديد ذلك معملياً عن طريق التحليل المنخلي لمجموعة من المناخل (Sieves) فتحاتها ذات مقاسات قياسية يعبر عادة عن نتائج التحليل المنخلي للركام بشكل بياني يوضح العلاقة بين مقاس فتحة المنخل والنسبة المئوية المجمعة المارة. وتستخدم هذه الأشكال البيانية أو ما يعرف بمنحنيات التدرج بصورة واسعة، حيث يمكن من خلالها معرفة فيما إذا كان التدرج لنموذج معين من الركام مطابق للمواصفات القياسية أو أن هناك نقص في مقاس معين.

تم إجراء التحليل المنخلي للعينات بحسب المواصفات الأمريكية [ASTM C136/CM136-2014] ومطابقة العينة بالمواصفات الأمريكية [ASTM C33/CM33-2018] والبريطانية [B.S.882 1992-2002] وتم استخدام الهزاز الميكانيكي وبعد ذلك تم حساب معايير النعومة ومعامل الانتظام للعينة من خلال نتائج التحليل المنخلي والشكل (2) يوضح الأدوات المستخدمة في عملية التحليل المنخلي:

الشكل (2) الأدوات المستخدمة في عملية التحليل المنخلي

ISSN: 2410-7727

2-3-2 الوزن النوعي (الكثافة النسبية)

يعتبر الوزن النوعي من أهم خصائص الرمل الواجب معرفتها وذلك لأهميته في تحديد وزن الرمل عند تصميم الخلطات الخرسانية وكذلك لتحويل كميات للركام من وحدة الحجوم إلى الوحدة الوزنية عند تصميم الخلطة الخرسانية، وقد تم إجراء الاختبار بحسب المواصفات الأمريكية [ASTM C128-2022] باستخدام البيكنومتر والشكل (3) يوضح الجهاز المستخدم:

الشكل (3) جهاز البيكنومتر

2-3-3 تحديد نسبة الشوائب باستخدام طريقة المكافئ الرملي

يحدد هذا الاختبار نسبة الطمي والمواد الطينية في الرمل ووجود مثل هذه المواد في الخرسانة يسبب ضعف خاصية التماسك بين مكونات الخرسانة وقد تم إجراء الفحص بحسب المواصفات الأمريكية [ASTM D2419-2022] والشكل (4) يوضح الجهاز المستخدم:

الشكل (4) جهاز فحص نسبة الشوائب (المكافئ الرملي)

ISSN: 2410-7727

ويتم تحديد قيمة المكافئ الرملي للرمل الناعم من خلال المعادلة التالية

المكافئ الرملي (SE) = (قراءة الرمل/ قراءة الطين) × 100 %

2-3-4 الكثافة الكلية Density Test

تعرف الكثافة بانها وزن الركام اللازم لملئ اسطوانة قياسية معلومة الحجم، وتعتبر مفيدة في تقدير نسب الخلط في الخلطة الخرسانية، ومن الضروري معرفة الكثافة الكلية للركام عند مقارنة خواص الانواع المختلفة منه، ويحدد هذا الاختبار الكثافة الكلية للرمل المفكك والمدموك ويعبر ذلك عن نسبة الفراغات في العينة وقد تم اجراء الاختبار بحسب المواصفات البريطانية [B.S 812-2-1992].

2-3-5 الامتصاص ومحتوى الرطوبة Absorption and Moisture Content

تم إجراء الاختبار عن طريق أخذ عينة من الرمل كما هي بدون تجفيف يتم وزنها ثم توضع في الفرن لمدة 24 ساعة حتى يثبت وزنها ويتم تحديد نسبة الامتصاص ومحتوى الرطوبة كنسبة مئوية عن طريق الفارق في الوزن وقد تم عمل الاختبار بحسب المواصفات الأمريكية [ASTM C566-2019].

3- النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSION

تجرى الفحوصات المعملية على عينات الرمل للتعرف على خصائصه الهندسية ومدى مطابقتها للمواصفات الفنية و ملائمتها للاستخدامات الإنشائية و يبين الجدول (1) حدود المواصفات المعتمدة لكل اختبار.

الجدول (1) حدود المواصفات المعتمدة لكل اختبار

نوع الفحص	المواصفة	حدود المواصفة
التدرج الحبيبي	ASTM C33, AASHTO M 6	حسب الجدول (3)
	BS 882	حسب الجدول (3)
معامل النعومة FM	ASTM C33, AASHTO M 6	2.3-3.1
	ACI E1-16	2.0-3.3

ISSN: 2410-7727

	المعايير الفرنسية انظر (DREUX,1998) NF P 18-54	1.8-3.2
معامل الانتظام Cu	ASTM C33	Cu > 4 للخرسانة
	AASHTO M6-2017	Cu > 6 للطرق
	المعايير الفرنسية انظر(DREUX,1998)	Cu > 4 للخرسانة و4> Cu > 1 أنظر
المكافئ الرملي	ASTM– D2419-14, AASHO-T176	أكبر من 70٪ للخرسانة وأكبر من 45٪ للطرق
	المعايير الفرنسية انظر (DREUX,1998) NF P 18-541 و NF P 18-592	أكبر من 60٪ للخرسانة بمقاومة أقل من 30 Mpa أكبر من 80٪ للخرسانة بمقاومة أكبر من 30 Mpa
المار من منخل No.200	ACI E1-16, ASTM C33	أقل من 3٪ للخرسانة غير المحمية وأقل من 5٪ للخرسانة المحمية
	BS 882	أقل من 3٪ للخرسانة بشكل عام
الوزن النوعي	ASTM C128, BS 812	أكبر من 2.4

1-3 النتائج العامة للفحوصات:

من خلال الفحوصات التي أجريت على عينات الرمل تم تلخيص وتقسيم النتائج في الجدول (2) بحسب مصدر العينة (طبيعي – مكسر صناعياً) ونوعها (وادي- ساحلي- مكسر(رمل كسارة)) والموقع الذي أخذت منه العينة كما تم توضيحها من حيث التدرج الحبيبي ومنطقة التدرج مع تصنيف الرمل حسب معاير النعومة المعبر عن درجة النعومة وكذلك تصنيفها حسب معامل الانتظام من حيث انتظام توزيع الحبيبات كما صنفت حسب معامل المكافئ الرملي من حيث نسبة الشوائب، وتم أدراج نتائج الكثافة والوزن النوعي ومحتوى الرطوبة لكل عينة.

ISSN: 2410-7727

جدول (2) النتائج العامة للفحوصات على عينات الركام الناعم (الرمل)

التسلسل		1	2	3	4	5	6	7	8
رمز العينة		A	B	C	D	E	F	G	A+B
المصدر		طبيعي رمل وادي	رمل كسارة	رمل كسارة	رمل كسارة	طبيعي رمل وادي	رمل كسارة	طبيعي رمل ساحلي	خليط بين وادي وكسارة
الموقع		وادي حلة	العيص (المحضار)	الخربة (باشافعي)	فلك	وادي فوة	العيص (باصريم)	الشاطئ (خلف)	رمل وادي حلة + كسارة
التحليل المنخلي	منطقة التدرج بحسب المواصفات البريطانية B.S.882	الأولى	الثانية	الثالثة	الثالثة	الثالثة	الثالثة	الرابعة	الثانية
	مطابقة العينة للمواصفات الأمريكية ASTM-C33	غير مطابق	مطابق	غير مطابق	غير مطابق	غير مطابق	غير مطابق	غير مطابق	مطابق
معايير النعومة (FM)*	معايير النعومة (FM)*	3.77	2.48	2.16	2.09	2.08	2.17	1.225	2.89
	تصنيف الرمل	خشن جدا	متوسط	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم جدا	متوسط

ISSN: 2410-7727

وفقاً لمعايير النعومة									
الكثافة	الغير مرصوصة gm/cm^3	1.66	1.82	1.65	1.58	-	1.71	1.52	1.73
	المرصوصة gm/cm^3	1.79	1.94	1.76	1.73	-	1.89	1.66	1.83
الوزن النوعي		2.55	2.61	2.43	2.59	2.40	2.47	2.43	2.69
الامتصاص (٪)		0.32	0.22	0.44	0.17	0.54	0.26	0.87	0.2
معامل الانتظام للعينات (CU)**		5.83	6.18	3.00	2.99	3.13	2.58	1.63	6.12
تصنيف الرمل وفقاً لمعامل الانتظام		جيد التدرج	جيد التدرج	متوسط التدرج	متوسط التدرج	متوسط التدرج	متوسط التدرج	منقطع التدرج	جيد التدرج
معامل المكافئ الرملي (SE%)**		61	71	-	-	-	-	-	69
تصنيف الرمل وفقاً للمكافئ الرملي حسب المواصفة الفرنسية		مقبول	نظيف	-	-	-	-	-	مقبول الى نظيف

2-3 نتائج التدرج الحبيبي للعينات

يعد التدرج الحبيبي للرمل من أهم الفحوصات لتحديد مدى ملائمة الرمل المستخدم في أعمال الخرسانة وأعمال البناء بشكل عام، حيث يؤثر التدرج الحبيبي بشكل مباشر على قابلية التشغيل للخرسانة الطرية وكذلك على كثافة الخرسانة فكلما كان التدرج جيد يكون الخليط متجانس وقابلية تشغيل جيدة مع تحسين الكثافة وتقليل الفراغات والنفاذية للخرسانة مما يسهم بشكل ملحوظ في رفع مقاومة الضغط للخرسانة المتصلبة وتحسين متانتها ومقاومتها للعوامل الخارجية.

[ACI E1-16]

ISSN: 2410-7727

ان العوامل الرئيسية التي تحدد مدى ملائمة تدرج الركام هي: المساحة السطحية للركام والحجم النسبي الذي يشغله الركام في الخرسانة وكذلك قابلية التشغيل للخليط وميله للانعزال (Segregation) ولغرض الحصول على خرسانة مرضية يجب أن تكون ذات قابلية تشغيل مناسبة كما يكون من الضروري تجنب الانعزال وذلك بجعل الحبيبات ذات المقاسات المختلفة تتداخل بعضها بعض ومن الضروري أيضا أن تكون الفجوات بين الركام المختلط صغيرة لدرجة تمنع عجينة الأسمنت من المرور والانتشار وكل ذلك لا يتحقق إلا باستخدام رمل جيد التدرج، [الخلف مؤيد و عبد يوسف هناء] وهذا يشير إلى أن التدرج السيئ قد يؤدي إلى الانعزال (Segregation) والنضح (bleeding) للخرسانة الطرية مع زيادة الانكماش ونسبة الفراغات وبالتالي تنتج خرسانة ضعيفة.

من خلال نتائج التحليل المنخلي الموضحة في الجداول (1) و(2) والاشكال (5) و(6) أدناه تبين أن جميع العينات غير مطابقة من ناحية التدرج الحبيبي للمواصفة الأمريكية (ASTM-C33) ماعدا العينة (B) وهي رمل كسارة ناتج عن تكسير الركام الكبير ويقع تدرجها ضمن المنطقة الثانية للمواصفة البريطانية (BS 882) وهي المنطقة الموصى بها للأعمال الخرسانية المختلفة وهي المنطقة المقابلة والمقاربة لحدود المواصفات الأمريكية إلا أن كافة العينات من A إلى G غير مطابقة. لذلك تم عمل خليط بين العينة A و العينة B لغرض مطابقة الخليط للمواصفات.

العينة A هي رمل طبيعي من وادي حلة (غرب مدينة المكلا) وتصنف حسب التدرج الحبيبي ضمن المنطقة الأولى في المواصفة البريطانية (BS 882) ويوصف الرمل في هذه المنطقة بأنه رمل خشن جداً كما أنه خارج نطاق حدود التدرج للمواصفة الأمريكية (ASTM C33). ونظراً لخشونة هذا الرمل فإنه لا يفضل استخدمه في الأعمال الخرسانية فكلما كان الرمل خشن كان هناك صعوبة في الخلط وبالتالي صعوبة في قابلية التشغيل كما يميل الخليط الخرساني إلى الانعزال والنضح. وللتقليل من خشونة الرمل يمكن خلطه مع رمل ناعم.

وقد لوحظ أثناء جمع العينات من الموقع أن هذه العينة تحتوي على مقاسات أكبر من المقاس 5ملم وهو المنخل الفاصل بين الركام الناعم (الرمل) والركام الخشن (الكري) ولهذا السبب كانت خشونته عالية لذلك يجب أن ينخل هذا النوع من الرمل ويمرر من المنخل 5ملم قبل اجراء الفحص المنخلي [ACI E1-16] ، لا ينصح باستخدامه في أعمال البناء عامة إلا بعد نخله ومطابقته للمواصفات مع التأكد من نسبة المواد الطينية كونه رمل طبيعي وفي الغالب يحتوى على نسب مرتفعة من المواد الطينية والعضوية.

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام هذا النوع من الرمل الخشن في أعمال الخرسانة عالية المقاومة بشرط أن يكون معاير النعومة بين (2.8-3.2) كما تشير المواصفة الأمريكية [ACI 363R-10] وذلك كون الخرسانة عالية المقاومة تحتوي على مواد ناعمة كثيرة مثل غبار السيليكا

ISSN: 2410-7727

والرماد المتطاير كما أن نسبة الأسمنت فيها عالية وبالتالي يتطلب الخليط لرمل خشن ولا حاجة للرمل الناعم.

الرمل نوع (G) هو رمل طبيعي من قرب الشاطئ بمنطقة خلف (شرق مدينة المكلا) ويعد ضمن تدرج المنطقة الرابعة للمواصفات البريطانية (BS 882) وهي المنطقة التي تمثل الرمال الأكثر نعومة (ناعمة جداً) كما أنه خارج حدود المواصفة الأمريكية (ASTM C33) من حيث التدرج. ويعد هذا الرمل منتظم التدرج (Uniform grade) أي له مقاس واحد منتظم لمعظم حبيباته ويوصف بأنه سيئ التدرج وهناك انقطاع ونقص في المقاسات الخشنة. وبالتالي فإن هذا النوع لا يفضل للأعمال الخرسانية المختلفة عند استخدامه على طبيعته، حيث أنه كلما زادت نعومة الرمل زادت مساحته السطحية

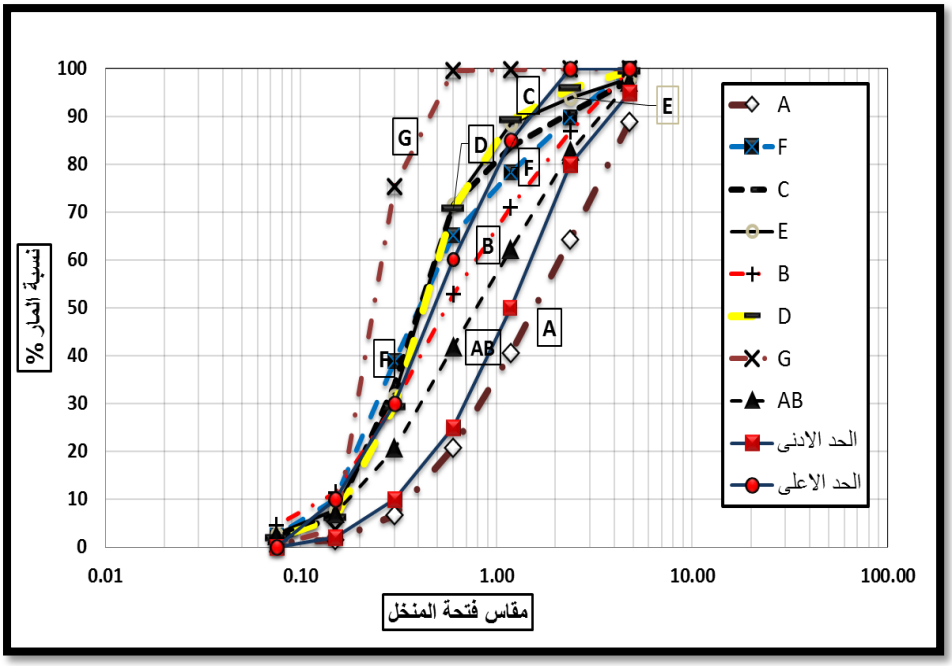
وبالتالي زيادة طلب الماء لترطيب الحبيبات وزيادة قابلية التشغيل وزيادة احتمالية النضح والانعزال للخرسانة الطرية وتقل مقاومة الضغط للخرسانة نتيجة زيادة نسبة الماء في الخليط مع زيادة الفراغات والنفاذية وزيادة الانكماش للخرسانة المتصلبة وكل ذلك سوف يؤثر سلبا على متانة الخرسانة ومقاومتها للعوامل الخارجية مع الزمن.[Neville, A.M, 2011] ، لذلك ينصح بعدم استخدام هذا النوع في أعمال الخرسانة إلا اذا تمت معالجته بخلطة مع رمل أكثر خشونة وبتدرج جيد بعد التحقق من مطابقته للمواصفات. ونشير هنا لإمكانية استخدامه في أعمال التلبيس والبناء بالبلك والحجر بعد زيادة خشونته وتعديل تدرجه الحبيبي قليلاً بإضافة رمل خشن مع الانتباه لضرورة التأكد من نسبة ونوع الاملاح كون مصدره قريب من الشاطئ.

الرمال (C, D, F) هي رمال كسارة (حجر مكسر) من كسارات مختلفة المصدر وتعتبر متوسطة التدرج يقع تدرجها ضمن المنطقة الثالثة من المواصفات البريطانية (BS 882) وجميعها غير مطابقة للمواصفة الأمريكية (ASTM C33) من حيث التدرج وذلك لوجود نقص في الحبيبات الخشنة ويمكن ملاحظة ذلك من خلال نسبة المار بالمنخل القياسي 600 ميكرون (NO. 300) في الجدول (3) حيث تجاوزت النسبة المارة منه حدود النسب القياسية العليا والمحددة ب 60٪ وهذا يعني أن نسبة الحبيبات الناعمة أكبر من الحبيبات الخشنة وبالتالي يلزم إضافة رمل خشن نسبياً لتعديل التدرج ليكون ضمن حدود المواصفات.

ISSN: 2410-7727

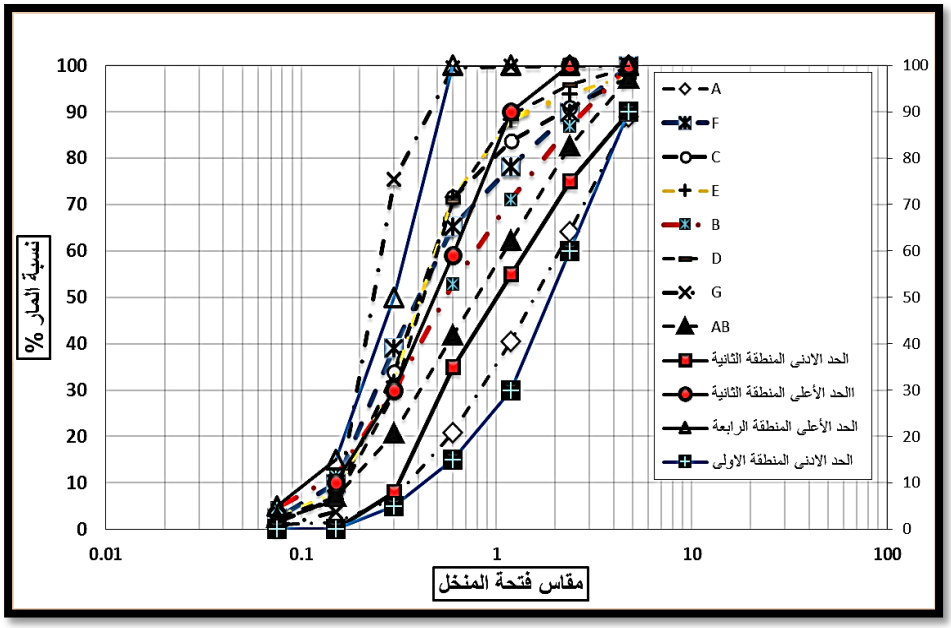
جدول (3) نتائج التدرج الحبيبي لعينات الركام الناعم (الرمل)

فتحة المنخل Alternate	فتحة المنخل Standard	نسبة المار %								المواصفات الأمريكية ASTM-C33		المواصفات البريطانية B.S.882	
		A	B	C	D	E	F	G	AB	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الحد الأدنى	الحد الأعلى
No.4	4.76	88.97	99.83	97.56	99.49	97.92	99.93	100	97.2	95	100	90	100
No.8	2.38	64.2	86.96	90.88	95.82	93.93	89.87	99.99	82.6	80	100	75	100
No.16	1.18	40.5	71.02	83.66	89.21	88.44	78.27	99.82	62.2	50	85	55	90
No.30	0.600	20.74	52.79	71.56	70.75	71.71	65.27	99.53	41.8	25	60	35	59
No.50	0.300	6.62	29.74	33.88	29.26	31.71	38.95	75.41	20.6	10	30	8	30
No.100	0.150	1.55	11.44	6.6	6.21	7.85	9.94	3.69	7	2	10	0	10
No.200	0.075	0.9	4.64	1.40	1.87	2.84	2.33	0.48	2.40	0	3	0	3



شكل (5) مدى مطابقة التدرج الحبيبي للعينات مع حدود المواصفة الأمريكية [ASTM-C33]

ISSN: 2410-7727



الشكل (6) مدى مطابقة التدرج الحبيبي للعينات مع حدود المواصفات البريطانية [BS.882]

إن أحد أهم خواص التدرج الحبيبي هي نسبة المار من المنخل 300 ميكرون (NO. 50) ونسبة المار من منخل 150 ميكرون (NO. 100) ، حيث أن وجود كميات غير كافية من المواد في نطاقات هذه المقاسات يمكن أن تسبب نزيفاً مفرطاً وصعوبات في ضخ الخرسانة كذلك صعوبات في الحصول على الأسطح الملساء. [Neville A.M. 2010, ACI E1-16]

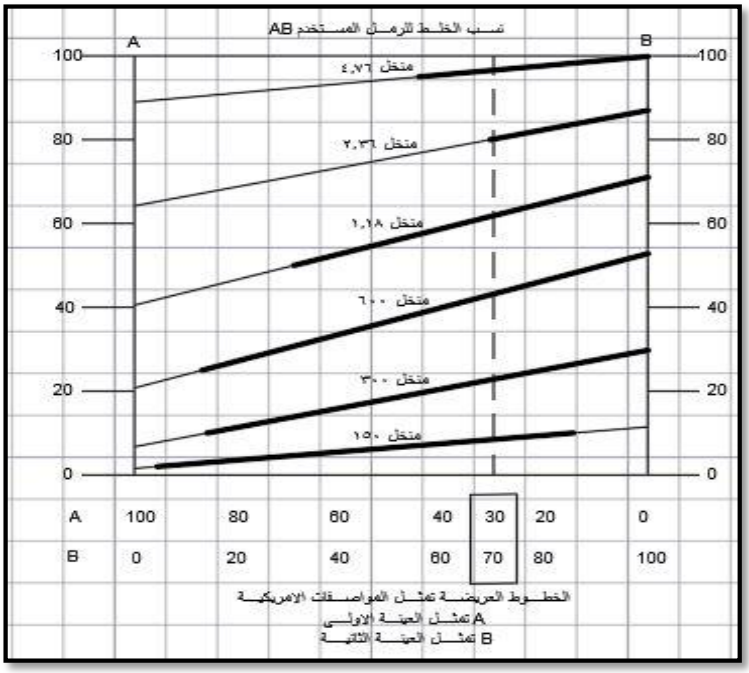
تسمح معظم المواصفات العالمية بنسبة المار من منخل 300 ميكرون (NO. 50) ب (10٪ إلى 30٪) ونسبة المار من منخل 150 ميكرون (NO. 100) ب (2٪-10٪) وبما أن مقاس حبيبات الأسمنت يقع ضمن مدى هذه المقاسات فإن الخليط الغني بالأسمنت يحتاج إلى كمية من الرمل الناعم أقل من الخليط الفقير بالأسمنت واذا كان تدرج الرمل يعاني من نقص الحبيبات الناعمة فإن زيادة نسبة الركام الناعم إلى الخشن لا يكون حلاً مناسباً وذلك لأن هذه العملية تؤدي إلى زيادة في المقاسات المتوسطة وتكوين خليط متباين المكونات وذو قابلية تشغيل واطئة [ACI E1-16] ولذلك فان الحل المناسب هو استعمال كمية مناسبة من المواد الناعمة ولهذا السبب يحدد الحد الأدنى من الحبيبات المارة من المنخل 300 ميكرون وكذلك منخل 150 ميكرون (NO. 100). إن الحدود الدنيا المسموح بها هي في حالة الخلط الميكانيكي وباستخدام الهزاز أما في حالة الخلط اليدوي وبدون هزاز فينصح أن لا تقل نسبة المار من المنخل 300 ميكرون عن 15 ٪ ونسبة المار من منخل 150 ميكرون عن 3٪ و في حالة استخدام

ISSN: 2410-7727

المضخات لضخ الخرسانة في أنابيب بقطر 150ملم (6 انش) أو أقل فان المعهد الامريكي للخرسانة [ACI E1-16] يوصي بأن تكون بنسبة (15٪-30٪) للمار من منخل 300 ميكرون وبنسبة (5%-10%) للمار من منخل 150 ميكرون.

ومن خلال نتائج التدرج الحبيبي في الجدول (3) يتضح أن جميع العينات إما أعلى من الحد الاعلى 30% أو تجاوزها حتى وصلت أعلى قيمة 75% للرمل (G) وهي نسبة عالية جداً وغير مقبولة كما ذكرنا سابقاً. أما العينة الوحيدة التي كانت أقل من الحد الأدنى للمواصفات فكانت للرمل (A) حيث قلت الى 6.62٪ للمنخل 300 ميكرون و 1.56 للمنخل 150 ميكرون وهي أقل من المسموح به (10٪ للمواصفة الأمريكية) وقد تواجه صعوبات في الضخ والتشغيل والنضح والانعزال كما ذكرنا سابقا، وللتغلب على هذه المشكلة في حالة نقص نسبة المواد الناعمة المارة من المنخلين 300 و150 تشير المواصفة (ACI E1-16) إلى إمكانية إضافة الأسمنت أو المواد البوزلانية الناعمة أو إضافة الهواء المقصود. لذلك في هذا البحث تم تجاوز هذه الاشكالية بخلط رمل (A) الخشن مع رمل (B) المتوسط النعومة وقد تم الحصول على خليط متطابق مع المواصفات. يتم تحديد نسب خلط نوعين مختلفين من الرمل إما من خلال طريقة المحاولة والخطأ حيث يتم عمل عدة محاولات وتجارب للوصول للنسب المطلوبة لكن هذه الطريقة تتطلب وقت وجهد وتوفير عينات كثيرة لذلك تم استخدام طريقة الرسم لتحديد النسب بشكل دقيق وسهل وعملي من خلال معرفة التحليل المنخلي لكل نوع من الرمل مع تسقيط حدود المواصفات على الرسم كما هو موضح في الشكل (7) حيث تم تحديد نسب هذا الخليط ب30٪ من النوع A و 70% من النوع B لتتطابق مع المواصفات وبنسبة مواد ناعمة أقل وبذلك تتيح هذه الطريقة مرونة في مواقع العمل.

ISSN: 2410-7727



الشكل (7) طريقة الرسم لاختيار نسب خلط نوعين من الرمل لهما تدرج مختلف ومطابقتها بالمواصفات

3-1-2 معاير النعومة ومعامل الانتظام:

هناك خاصيتان مهمتان في منحنى التدرج تم حسابها في هذا البحث من خلال نتائج التحليل المنخلي الخاصية الأولى هي متوسط حجم الجسيمات الذي يعبر عنها بمعامل النعومة **Fineness (FM) modulus** وهي خاصية بلا أبعاد تصف متوسط حجم الجسيمات ويمثل نعومة أو خشونة الحبيبات يتم الحصول عليها عن طريق إضافة النسبة المئوية الإجمالية للمادة من الكتلة الأصلية للمواد المحتفظ بها (المتبقي) في كل من المناخل القياسية باستثناء المنخل 75 ميكرون وقسمة المجموع على 100، كما يعبر معامل النعومة أيضا عن متوسط مقاس الحبيبات.

أما الخاصية الثانية هي معامل الانتظام **(Cu) Uniformity Coefficient** يتم استخدام معامل الانتظام لوصف تصنيف حبيبات التربة بإعطاء إشارة إلى ميل منحنى التدرج ويعبر عن انتظام حبيبات التربة كما يعبر عن نوع التدرج كونه موحدًا أو مستمرًا أو منقطع ويساوي النسبة بين القطر المكافئ لنسبة المارة ٪ 60 إلى القطر المكافئ لنسبة المارة ٪ 10.

$$Cu = D_{60} / D_{10}$$

ISSN: 2410-7727

3-1-2 معاير النعومة:

يستخدم معامل النعومة (FM) في معايير تصميم الخلطات الخرسانية حول العالم بما في ذلك المواصفات الأمريكية والمواصفة الفرنسية لتحديد نوعية الركام الواجب استخدامه في تصميم الخلطات الخرسانة ومدى ملائمته للأعمال الخرسانية حيث يجب معرفة معامل النعومة مسبقا قبل تصميم الخلطة ويعتبر عامل مهم في تحديد نسب الخلط.

يمكن تصنيف الرمل على أساس معامل النعومة كما موضح في الجدول (1). يتم وضع حدود على معامل النعومة FM بسبب علاقتها بقابلية التشغيل كما أن هذه المعلمات مفيدة في دراسة تأثير الركام وتوزيع حجم الجسيمات على خواص الخرسانة وخاصة المقاومة والنفاذية. حيث تحدد المواصفة الأمريكية [ACI E1-16] معامل النعومة للرمل بين (3.3-2.0) للأعمال الخرسانية المختلفة وحددت [ACI 363R-10] القيم (3.2-2.8) للخرسانة عالية المقاومة، كما وضعت المواصفة الفرنسية قيم أكثر تحديداً لمعامل النعومة للرمل والجدول (4) يوضح تصنيف الباحث لمجال استعمال الرمل المناسبة للأعمال الإنشائية بالاعتماد على تصنيف المواصفة الفرنسية لنعومة الرمل. مع ملاحظة أنه يمكن استخدام أي نوع بعد إجراء التعديلات اللازمة عليه من حيث التدرج ومعامل النعومة حيث يمكن خلط نوعين أو أكثر اما لزيادة معامل النعومة أو خفضه مع مراعاة التدرج والخواص الاخرى بحيث تكون مطابقة للحدود الدنيا للمواصفات.

جدول (4) تصنيف مجال الاستخدام للرمل بحسب معامل النعومة

تصنيف المواصفة الفرنسية للرمل بحسب معامل النعومة FM		تصنيف الباحث لمجال الاستخدام للرمل حسب معامل النعومة
1.5 < FM < 2	ناعم جداً	غير مناسب للأعمال الخرسانية الا بعد معالجته بركام أخشن
2 < FM < 2.6	ناعم	مناسب لأعمال الخرسانة العادية (فرشة النظافة) وأعمال المونة
2.6 < FM < 2.8	متوسط النعومة	مناسب لأعمال الخرسانة المسلحة ذات المقاومة العادية والمتوسطة
2.8 < FM < 3.2	خشن	مناسب لأعمال الخرسانة المسلحة ذات المقاومة العالية
FM > 3.2	خشن جداً	غير مناسب للأعمال الخرسانية

ومن خلال نتائج البحث تم تصنيف العينات من حيث الخشونة والنعومة بحسب معامل النعومة كما هو موضح في الجدول (1) ويمكن ملاحظة أن هناك تباين في قيمة معامل النعومة لعينات الرمل حيث كانت خشنة جداً للعينة (A) وهي رمل وادي طبيعي حيث وصل معامل النعومة إلى 3.77 وهي

ISSN: 2410-7727

قيمة عالية مقارنة بالحد الأعلى لمعاير النعومة حسب المواصفات الأمريكية والفرنسية المحدد ب 3.2 وترجع خشونته كونه يحتوي على حبيبات ذات مقاس أكبر من مقاس المنخل 4.75 ملم لذا فهذا الرمل بحاجة إلى حبيبات ناعمة سواء من إضافة رمل ناعم أو إضافة الأسمنت أو مواد بوزلانية ناعمة لكن الأقل كلفة هو إضافة رمل ناعم لتغطية النقص في المقاسات الناعمة.

أما العينة (G) وهي رمل شاطئ فتعاني من النعومة العالية بمعامل نعومة 1.225 وهو بذلك يكون ناعم جداً و خارج نطاق حدود المواصفات الأمريكية وأقل من الحد الأدنى 2.3 وكذلك أقل من الحد الأدنى للمواصفة الفرنسية التي تحدد أقل قيمة لمعامل النعومة ب 1.5 وعليه لا يستخدم هذا النوع منفرد كركام ناعم بصورته الطبيعية في أعمال الخرسانة والأعمال الإنشائية بشكل عام الا بعد معالجته، ويمكن الاستفادة منه في المرشحات المائية كمرشح لمياه الصرف كونه ناعم ومنتظم التدرج والتالي يسمح بمرور الماء من خلاله.

العينات C, D, E, F كلها ناعمة بمعامل نعومة أقل من الحد الأدنى للمواصفة الأمريكية (أقل من 2.3) لذلك لا يفضل استخدامها مفردة في الأعمال الخرسانية إلا بعد المعالجة، فيما يمكن استخدامه في أعمال المونة الأسمنتية في التليس والبناء باللك والحجر بعد مطابقته لمواصفات المونة الأسمنتية الخاصة البناء والتي تختلف عن مواصفات الرمل المستخدم للخرسانة.

2-1-3 معامل الانتظام

حددت المواصفة الفرنسية نوع التدرج حسب قيم معامل الانتظام (Cu) والجدول (5) يوضح تصنيف الباحث لمجال استخدام الرمل المناسبة للأعمال الإنشائية بالاعتماد على تصنيف المواصفة الفرنسية للرمل حسب معامل الانتظام (Cu).

جدول (5) مجال الاستخدام للرمل بحسب معامل الانتظام (Cu)

تصنيف المواصفة الفرنسية للرمل بحسب معامل الانتظام (Cu)		تصنيف الباحث لمجال الاستخدام للرمل حسب معامل الانتظام (Cu)
Cu > 4	جيد التدرج	مناسب للأعمال الخرسانية والإنشائية بشكل عام
1 < Cu < 4	متوسط التدرج	2 <Cu < 4 يمكن استخدامه لأعمال الخرسانة العادية (فرشة النظافة) وأعمال المونة بعد المعالجة
Cu = 1	وحيد التدرج	غير مناسب لكافة الأعمال الإنشائية الا بعد تحسين تدرجه
Cu < 1	منقطع التدرج	غير مناسب لكافة الأعمال الإنشائية الا بعد تحسين خواصه

وقد تم تصنيف عينات الرمل من حيث التدرج حسب معامل الانتظام (Cu) كما موضح في الجدول (1) ويلاحظ أن جميع العينات معامل الانتظام لها أقل من 4 ماعدا العينتين (A) و(B) التي تجاوزت ال 4 ووصلت إلى 5.83 و 6.18 على التوالي وبذلك يمكن استخدام هاتين العينتين في أعمال

ISSN: 2410-7727

الخرسانة والأعمال الإنشائية المختلفة ويمكن استخدام العينة (B) في أعمال الطرق كما أشارت AASHTO. أما بقية العينات يمكن استخدامها في أعمال البناء والتلبيس فقط باستثناء العينة (G) التي أعطت أقل قيمة لمعامل الانتظام وتعد قريبة الى التدرج الوحيد (المنتظم) والذي يعني وجود مقاس واحد تقريبا لأغلب حبيباته كما يمكن تصنيفه بالمنقطع التدرج كونه لا يحتوي على الحبيبات الخشنة ويظهر ذلك واضح في منحنى التدرج ولذلك لا ينصح باستخدامه في أعمال الإنشاء بصفة عامة ويمكن استخدامه بكميات بسيطة لتحسين تدرج أنواع أخرى خشنة جداً لتعويض النقص في المقاسات الناعمة، وكما أشرنا سابقاً يمكن استخدامه في مرشحات المياه.

3-3 نسبة الشوائب والمكافئ الرملي

بالإضافة إلى دراسة التدرج الحبيبي بشكل واسع يجب الإشارة هنا إلى ضرورة عمل الفحوصات الأخرى للرمل فقد تبين من خلال التجارب أنه يمكن للرمل أن يكون جيد التدرج إلا أنه يعاني من وجود نسب عالية من المواد الناعمة أو احتواءه على نسب عالية من المواد العضوية والطينية التي تعد مواد ضارة على الخرسانة وتعمل على تفتتها وعدم تماسك مكوناتها لذلك تم إجراء فحص إضافي للتأكد من نسب المواد الطينية والضارة عن طريق فحص معامل المكافئ الرملي (SE).

حددت المواصفات العالمية نسبة المواد الناعمة المارة من منخل No.200 حيث حددت المواصفة الأمريكية ASTM C33 نسبة المار من المنخل رقم 200 بحيث لا تتجاوز 3٪ للأعمال الخرسانية المعرضة للتأكل (غير محمية) وبنسبة 5٪ للأعمال غير المعرضة للتأكل (المحمية) وفي حالة عدم وجود معلومات كافية تحدد النسبة 3٪ كحد أقصى للمواد الناعمة. ومن خلال نتائج التحليل المنخلي في هذا البحث الموضحة في الجدول (3) تبين أن جميع العينات كانت مقبولة حيث كانت نسبة المواد الناعمة أقل من 3٪ باستثناء العينة B التي زادت عن النسبة المسموحة ووصلت إلى (4.64%) رغم أن العينة B تجاوزت فحوصات التدرج بنجاح وكانت جيدة التدرج وضمن المواصفات إلا أنها تحوى نسب أكبر من المواد الناعمة ولهذا نؤكد على ضرورة عمل فحوصات المختلفة للرمل للتأكد من صلاحيته ولا يتم الاكتفاء فقط بالتدرج الحبيبي كما يتم في بعض المشاريع، وللتغلب على كثرة المواد الناعمة وتحقيق أقل نسبة من المواد الناعمة في الرمل يمكن غسل الرمل جيداً قبل الاستخدام أو يتم خلط الرمل مع رمل أخر نظيف وبه نسبة أقل من المواد الناعمة وهو الأسهل عملياً والأكثر اقتصادياً كما أشارت معظم المراجع في هذا البحث، ولذلك تم خلط العينة B كونها تحتوي على أقل نسبة للمواد الناعمة من بين كل العينات (0.9%) مع الرمل نوع A الأكثر خشونة بالإضافة إلى ما تم الاشارة إليه سابقاً من ناحية معامل النعومة والتدرج.

نظراً لاحتواء العينة B على مواد ناعمة أكثر من المسموح به تم اللجوء إلى فحص المكافئ الرملي لهذه العينة للتأكد من ملائمة العينة ونقاوتها بتحديد نسبة المواد الطينية والمواد الناعمة بشكل

ISSN: 2410-7727

أدق مع تحديد صلاحيتها للأعمال الإنشائية. وقد حددت المواصفات الأمريكية [ASTM –D2419] المكافئ الرملي للرمل المستخدم في أعمال الخرسانة على أن يكون أكبر من 70% كما أشارت الجمعية الأمريكية للطرق [AASHTO-T176-08] إلى إمكانية استخدام الرمل في أعمال الطرق بمكافئ رملي أكبر من 45%. كما سمحت المواصفة الفرنسية بأن يكون المكافئ الرملي المستخدم للأعمال الخرسانية أكبر من 60% أي سمحت بنسبة أقل من المواصفة الأمريكية ب 10 %. والجدول (6) يوضح تصنيف المواصفة الفرنسية للرمل بحسب المكافئ الرملي بالإضافة لتصنيف الباحث لمجال استعمال الرمل في الأعمال الإنشائية المختلفة بالاعتماد على المواصفة الفرنسية.

جدول (6) مجال الاستعمال للرمل حسب المكافئ الرملي بالاعتماد على المواصفة الفرنسية

تصنيف المواصفة الفرنسية للرمل بحسب المكافئ الرملي (SE)		تصنيف الباحث لمجال الاستعمال للرمل حسب المكافئ الرملي (SE)
ES < 60	غير مقبول	غير مناسب للأعمال الخرسانية والإنشائية بشكل عام ويمكن استخدامه في أعمال الطرق على أن يكون المكافئ الرملي أكبر من 45%
60 < ES < 70	مقبول	يمكن استخدامه لأعمال الخرسانة العادية (فرشة النظافة) وأعمال المونة
70 < ES < 80	نظيف	مناسب لكافة الأعمال الإنشائية والخرسانة المتوسطة إلى العالية المقاومة نسبياً
ES > 80	نظيف جداً	مناسب لكافة الأعمال الإنشائية والخرسانة عالية المقاومة

ملاحظة: يقصد بالخرسانة العادية ذات مقاومة مميزة للمكعب الخرساني القياسي أقل من 20Mpa ، والمتوسطة من 20 إلى 30Mpa ، والعالية نسبياً من 30 إلى 40Mpa أما العالية أكبر من 41Mpa.

بينت نتائج فحص المكافئ الرملي أن العينة A أقل نظافة ويحوي على نسبة عالية من الطين والمواد الطينية مقارنة بالعينة B التي كانت أنظف وأقل نسب من المواد الطينية وتعد العينتين مقبولة على حسب المواصفة الفرنسية في الأعمال الخرسانية من حيث المكافئ الرملي لكن العينة A تعتبر غير مقبولة بالنسبة للمواصفة الأمريكية التي لا تسمح بأقل من 70٪ للمكافئ الرملي للأعمال الخرسانية. ومما يثير الانتباه هنا أن العينة A أعطت أفضل وأقل نسبة بين العينات من حيث المواد الناعمة المارة من المنخل رقم 200 غير أن نسبة المواد الطينية الضارة بها كانت أكثر ويرجع ذلك كون العينة A هي عينة طبيعية من الوادي لذلك كانت نسبة المواد الطينية عالية فيها نتيجة طريقة ترسيبها واختلاطها مع المواد الطينية بشكل طبيعي أثناء عملية النقل والترسيب في الوديان نتيجة جريان مياه الامطار والسيول. ومن جهة أخرى نلاحظ العكس تماما حيث كانت العينة B وهي رمل كسارة تحتوي

ISSN: 2410-7727

على أعلى نسب من المواد الناعمة المارة من المنخل رقم 200 في حين أعطت أفضل نسبة نقاوة ونظافة من المواد الطينية والضارة مما يشير إلى أهمية فحص المكافئ الرملي، وعلى الارجح يرجع نظافة الرمل للعينة B كون مصدرها هو الكسارة وهي ناتج تكسير الحصى المدور الكبير عن طريق الكسارات الصناعية مع نخله حسب المقاسات المطلوبة وهذا يفسر وجود كمية مواد ناعمة عالية وفي المقابل مواد طينية أقل مقارنة بعينة الوادي A.

ويجب الاشارة هنا أنه في حالة الحصول على نسبة مكافئ رملي أقل من المواصفات يفضل غسل الرمل أو نخله أو الاثنين معا وفي حالة تعذر ذلك يجب زيادة كمية الأسمنت في الخليط الخرساني للتقليل من ضرر المواد الطينية والعضوية وتجنب النقصان في المقاومة للخرسانة وللتشققات الداخلية نتيجة وجود مواد طينية لها قابلية للانتفاخ. [Neville, A.M, 2011, ACI E116]

4- الاستنتاجات والتوصيات

أظهرت النتائج أن عينات الرمال المفحوصة لم تحقق شروط المواصفات القياسية العالمية في مجملها وهي لا تصلح للاستخدام بشكل مباشر على هيئتها الطبيعية في الأعمال الإنشائية والخرسانية إلا بعد معالجة بعض خواصها لكي تفي بالشروط اللازمة كالتدرج الحبيبي ونسبة المواد الناعمة والمواد الطينية الضارة ومعاير النعومة وغيرها.

ومن خلال النتائج يمكن ملاحظة أن الرمال الطبيعية مثل رمال الوادي والشاطئ تتباين بشكل ملحوظ في خواصها تبعاً لمصدرها وذلك نتيجة لطبيعة تكوينها واختلاف البيئة الترسيبية وتباين التكوين الجيولوجي متأثر بالعوامل الجيولوجية المختلفة حيث تتفتت من الصخرة الأم وتمر بعوامل التعرية المختلفة من الأمطار والرياح وغيرها لذلك بوجود تباين في خواصها وهذا يلزمه إجراء فحوصات دورية للرمال قبل استخدامها في الأعمال الإنشائية. أما عينات رمال الكسارات الناتجة عن تكسير الركام الكبير في الغالب هو من الحجر الدوليت المدور الشكل وذو اللون الرمادي الغامق إلى الرمادي الفاتح والأبيض، ويلاحظ من خلال النتائج أن رمل الكسارات هو الأفضل نسبياً من الرمال الطبيعية من حيث التدرج والنعومة لكن يعيبه كثرة المواد الناعمة والتي يمكن التقليل منها عن طريق غسل الرمل أو نخله أو الاثنين معاً. كما أن أفضلية رمال الكسارة تكمن في إمكانية السيطرة على نسبها وتدرجها والمواد الناعمة من خلال اختيار الأحجار الأساسية النظيفة مع التحكم في النخل للمقاسات المختلفة داخل موقع الكسارات، كما أنه سوف يكون الرمل المنتج من الكسارة أكثر تجانس مع الركام الخشن (الكري) المنتج من نفس النوع لتكوين خليط خرساني متجانس.

ISSN: 2410-7727

وقد أظهرت النتائج أن رمال الكسارة (B,C,D,F) كانت أفضل من ناحية التدرج الحبيبي ومعامل النعومة من الرمال الطبيعية (A,E,G) لكن يعيبها نسبة المواد الناعمة المارة من منخل رقم 200، والجدير بالذكر هناك مواصفات تتيح استخدام رمال الكسارات بنسب تتجاوز 5٪ للمواد الناعمة المارة من المنخل رقم 200، مع امكانية معالجة نسبة المواد الناعمة.

يوصي الباحث بتفعيل الدور الرقابي والتفتيش على مقالع الرمال سواء الطبيعية أو رمال الكسارات من خلال إجراء فحوصات دورية منتظمة من قبل الجهات الرقابية وكذلك الشركات العاملة في مجال البناء والتعمير ونقابة المهندسين ودورها في التوعية لأهمية وضرورة استخدام مواد ذات صلاحية تتوافق مع المواصفات العالمية مع وضع معايير وتصنيفات للرمال المستخدمة محلياً وفق الضوابط الفنية و الاهتمام بالجانب البحثي وتكثيف الدراسات وجمع قاعدة بيانات عن أنواع الركام بشكل عام الخشن والناعم المستخدم محلياً ومصادرها وعمل الفحوصات الفيزيائية والكيميائية وتحديد مدى صلاحيتها للاستخدام في أعمال البناء والتشييد حفاظاً على المنشآت العامة والخاصة من التدهور السريع في الخرسانة والبناء بشكل عام نتيجة استخدام مواد غير مناسبة مما يتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة ويقل العمر الافتراضي للمباني والأهم من ذلك هو الحفاظ على الأرواح التي قد تزهق نتيجة استخدام مواد غير ملائمة في أعمال البناء والتشييد.

يوصي الباحث بعمل دراسات مماثلة تركز على الخواص الكيميائية ونسب الكبريتات والكلوريدات ونسبة الأملاح بشكل عام ودراسة التركيب الكيميائي الرمال المستخدمة في أعمال الخرسانة ومدى صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات من الناحية الكيميائية والتي لها أثر كبير في ديمومة الخرسانة وحماية حديد التسليح. ودراسة خواص الخرسانة المنتجة من كل نوع من هذه الرمال بشكل منفصل ومدى تأثير خواص الرمل على خواص الخرسانة في الوقت القصير من قابلية التشغيل والمقاومة وغيرها وعلى المدى الطويل مدى تأثيرها على ديمومة الخرسانة.

ISSN: 2410-7727

قائمة المراجع

أولا : المراجع العربية:

1- الخلف، مؤيد نوري و عبد يوسف هناء، (1984م)، تكنولوجيا الخرسانة، الطبعة الأولى، مطبعة الجامعة التكنولوجية الجمهورية العراقية.

ثانيا : رومنة المراجع العربية:

1- Al-Khalaf and Yousif, (1984), Concrete Technology, First edition, University of Technology, Iraq.

ثالثا : قائمة المراجع الأجنبية:

1- AASHTO T 176-08 (2013), "Standard Method of Test for Plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of Sand Equivalent Test". American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C
2- AASHTO T 27 (2014): “Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates”, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C
3- AASHTO M 6 (2017): “Standard Specification for Fine Aggregate for Portland Cement Concrete Standard”, American Association of State and Highway Transportation Officials, Washington, D.C
4- ACI E1-16 (2016) Education Bulletin , "Aggregate for Concrete", American Concrete Institute, prepared under the direction and supervision o ACI Committee E-701 Materials for concrete Construction. U.S
5- ACI 363R-10 (2010), "State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete", American Concrete Institute
6- ASTM C136/C136M (2014), "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate". American Society for Testing Materials,
7- ASTM C33 / C33M (2018): “Standard Specification for Concrete Aggregates”, American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, United States.
8- ASTM C128-(2022), "Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption for Fine Aggregate". American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, United States.
9- ASTM C566 / (2019): “Standard Test Method for total Evaporable Moisture Contant of Aggregate by Dring”, American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, United States.

ISSN: 2410-7727

10- ASTM C702 / C702 (2018): “Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size”, American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, United States.
11- ASTM D2419-(2022), "Standard Test Method for Sand Equivalent of Soil and Fine Aggregate". American Society for Testing and Materials,
12- B.S 882-(1992-2002), "Specification for Concrete Aggregate from natural sources for concrete", British Standards Institution, London, UK.
13- DREUX, G.; FESTA J., (1998), Nouveau guide du béton et de ses constituants, Eyrolles, Paris.
14- Neville, A.M., (2011), "Properties of Concrete". 5th Edition, Pearson, London, England, UK .