



جامعة سيها

كلية العلوم الهندسية والتقنية / براك الشاطئ

قسم الهندسة المدنية

مشروع مقدم لاستكمال متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية

بعنوان:

**تأثير نعومة الركاب على صناعة الضرسانية**

إعداد الطالب: أحمد البصير محمد امحمد قندي.

الأستاذ المشرف: أ. د. عبد السلام المبروك عكاشة.

العام الجامعي خريف ( 2017 - 2018 ) ف

الصفحة	العنوان	البند
<b>الفصل الأول</b>		
2	المقدمة	.1.1
3	الهدف من البحث	.2.1
4	منهجية البحث	.3.1
<b>الفصل الثاني</b>		
6	مقدمة عامة عن الركام الناعم	.1.2
6	مصدر الركام الناعم	.2.2
7	التماسك	.1.3.2
7	الوزن النوعي	.2.3.2
8	وحدة الوزن والفراغات بين حبيبات الركام(الوزن الحجمي)	.3.3.2
8	الرطوبة وامتصاص الماء	.4.3.2
9	الزيادة الحجمية للركام الناعم	.5.3.2
10	المساحة السطحية للركام الناعم	.6.3.2
11	الطين والطفل بالركام الناعم	.7.3.2
12	التدرج الحبيبي	.8.3.2
13	معايير النعومة	.9.3.2
13	الخواص الكيميائية للركام الناعم	.4.2
15	تصنيف النسيج والشكل للركام الناعم	.5.2
16	فائدة الركام الناعم	.6.2
16	اشتراطات صلاحية الركام الناعم وفقا للمواصفات الليبية	.7.2
18	اشتراطات الركام (الرمل - الشرسور) وفقا للمواصفات العربية	.8.2
<b>الفصل الثالث</b>		
22	المواد المستعملة في البحث	.1.3

31	الاجهزة المستخدمة في البحث (التجارب المعملية)	.2.3
<b>الفصل الرابع</b>		
60	النتائج المتحصل عليها	.1.4
66	النتائج المتحصل عليها من البحث السابق (الذي أجري على منطقة زلاف)	.2.4
<b>الفصل الخامس</b>		
70	مناقشة النتائج المتحصل عليها	.1.5
72	مقارنة النتائج المتحصل عليها من نتائج البحث السابق	.2.5
<b>الفصل السادس</b>		
74	الخلاصة	.1.6
75	التوصيات	.2.6
<b>قائمة المراجع</b>		
77	المراجع	

الصفحة	الجدول	البند
22	يبين الاشتراطات القياسية للاسمنت	.1.3
26	حدود التدرج الحبيبي للركام الناعم	.2.3
26	حدود التدرج الحبيبي للركام الخشن	.3.3
31	يبين موقع العينات المختبرة في البحث	.4.3
33	يبين كمية الركام المحجوزة على المناخل القياسية لاختبار التدرج الحبيبي للركام	.5.3
34	يبين طريقة حساب النسبة المئوية المارة للركام لاختبار التدرج الحبيبي	.6.3
34	يبين التحليل المنخلي للعيينة القياسية (A)	.7.3
36	يبين التحليل المنخلي للعيينة القياسية (B)	.8.3
37	يبين التحليل المنخلي للعيينة القياسية (C)	.9.3
38	يبين حدود المواصفات اللببية للركام الناعم	.10.3
39	يبين نتائج درجة نعومة للركام الناعم	.11.3
41	يبين نسبة الطين والمواد الناعمة في الركام للعينات الثلاثة	.12.3
43	يبين الوزن النوعي للركام بالنسبة للعيينة A	.13.3
43	يبين الوزن النوعي للركام بالنسبة للعيينة B	.14.3
44	يبين الوزن النوعي للركام بالنسبة للعيينة C	.15.3
46	يبين وزن وحدة الحجم للعينات الثلاثة	.16.3
48	يبين المساحة السطحية للعيينة A	.17.3
49	يبين المساحة السطحية للعيينة B	.18.3
50	يبين المساحة السطحية للعيينة C	.19.3
51	يبين نسب مكونات الخلطة الخرسانية.	.20.3
60	يبين درجة التشغيل للعيينة A	.1.4
60	يبين درجة التشغيل للعيينة B	.2.4
60	يبين درجة التشغيل للعيينة C	.3.4

61	يبين معامل الدمك للخرسانة بالنسبة للموقع (A)	.4.4
61	يبين معامل الدمك للخرسانة بالنسبة للموقع (B)	.5.4
62	يبين معامل الدمك للخرسانة بالنسبة للموقع (C)	.6.4
63	يبين مقاومة الضغط للموقع (A)	.7.4
64	يبين مقاومة الضغط للموقع (B)	.8.4
65	يبين مقاومة الضغط للموقع (C).	.9.4
66	يبين نتيجة اختبار هبوط المخروط للبحث السابق	.10.4
67	يبين نتيجة اختبار معامل الدمك للبحث السابق	.11.4
68	يبين نتيجة اختبار مقاومة الضغط للبحث السابق	.12.4

الصفحة	الشكل	البند
23	تدرج حبيبات الركام	.1.3
28	علاقة نسبة الماء للاسمنت بالمقاومة	.2.3
35	يبين التحليل المنخلي للعينه القياسية(A)	.3.3
36	يبين التحليل المنخلي للعينه القياسية(B)	.4.3
37	يبين التحليل المنخلي للعينه(C)	.5.3
53	يبين الأدوات المستخدمة في اختبار تشغيلية الخرسانة	.6.3
55	يوضح جهاز معامل الدمك	.7.3

مجلس  
العلماء  
الاسلاميين  
بمصر

## 1.1 المقدمة:

تقاس نهضة الأمم بتطور مواد الإنشاء والتعمير فيها كما تقاس بقدر هذه المواد بحاجة شعوبها الحضارية من ضرورية وترفيهية...والخرسانة عماد مواد الإنشاء والتعمير..وتطورها صورة تعكس تطور التفكير الهندسي في خدمة الحياة ورفاهية الإنسان ولكي تصل الخرسانة إلى شكلها الحالي الذي يجعلها في المرتبة الأولى كمادة إنشائية ومعمارية مرت بعدة مراحل سواء في طرق الصناعة أو في التشكيل وتغيرت عدة مفاهيم تتعلق بصناعة الخرسانة ومكوناتها الرئيسية.

إن لكل من نوعية وخواص الركام الخشن والناعم لها أثر كبير على خواص الخرسانة سواء في الحالة اللدنة أو الصلبة ذلك ولأن الركام يشكل 75% من كتلة الخرسانة حيث تعتبر نوعية وخواص الركام من أهم العوامل التي تحدد خواص الخرسانة كالمقاومة والتشغيلية وغيرها.

هذا وإن لنوعية وخواص الركام الناعم (الرمل) تأثيراً كبيراً على خواص الخرسانة لكونه يشغل كمية معتبرة من حجم كتلة الخرسانة حيث أنه العنصر الضعيف في الخرسانة ويظهر أثره السلبي من خلال استقطابه للماء بكمية كبيرة ولكنه يعمل على تعبئة الفراغات بين الحصى والخشنة وعلى زيادة التشغيلية للخرسانة ليسهل ضخها لهذا نجد أن الركام الناعم يغير بشكل واضح من خواص الخرسانة أثناء خلطها وبعد تصلبها لذلك فإن نوعية الرمل المستخدم ودرجة نعومته يعتبر هاماً لتحديد خواص الخرسانة.



## 2.1 الهدف من البحث:

1. تأثير نعومة الركام الناعم على تشغيلية الخرسانة.
2. تأثير نعومة الركام الناعم على مقاومة الخرسانة.
3. توضيح علاقة نعومة الركام الناعم وتأثيره على الخواص السابقة.
4. تحديد أفضل أنواع الركام الناعم لصناعة الخرسانة.

## 3.1 منهجية البحث:

- يتكون البحث من ستة فصول:-

1. الفصل الأول:مقدمة البحث.
2. الفصل الثاني:الركام الناعم.
3. الفصل الثالث:الأجهزة والمواد المستعملة في البحث.
4. الفصل الرابع: النتائج.
5. الفصل الخامس:مناقشة النتائج.
6. الفصل السادس:الخلاصة والتوصيات.

مَجْمُوعَةُ  
الْحَدِيثِ  
الْمَعْرُوفِ

## 1.2 مقدمة عامة عن الركام الناعم:

يمثل الركام الناعم (35%-40%) من كتلة الخرسانة حيث يعتبر العنصر الضعيف في الخرسانة إلا إن لنوعيته وخواصه لها تأثير على خواص الخرسانة مثل (التشغيلية - المقاومة - المتانة) وغيرها.

الركام الناعم: وهو الركام الذي يمر أساساً من منخل مقاس (5مم) وتكون نسبة المار منه أكثر من 95% من منخل مقاس (5مم) وقد تشكل تفكيك الصخور الطبيعية أو ناتج من عمليات اصطناعية مثل طحن خبث الأفران.

## 2.2 مصدر الركام الناعم:

### • الرمل الطبيعي:-

وهو الرمل الناتج من تفتت وسحق الصخور والتي يكون تكوينها الأساسي السليكا. (8)

### • الرمل الناعم المجروش (الصناعي):

وهو الرمل الناتج عن تكسير الحصى والصخور (رمل المحاجر) أو يكون مصنع وفق عمليات

معينة كالمعالجة الحرارية لإنتاج مواد تتميز بخفة الوزن مثل الطين المحروق. (8)

### • الرمل الناعم المخلوط:-

وهو الرمل الناتج من خلط الرمل الطبيعي والرمل المجروش. (8)

## 2.3 الخواص الطبيعية للركام الناعم:

### 1.3.2 التماسك:

تعتبر خاصية التماسك بين الرمل و المونة الإسمنتية من أهم الخواص التي تؤثر في جودة الخرسانة وتتوقف قوة التماسك على شكل سطح حبيبات الركام واتزانها الكيميائي ،وتقل قوة التماسك هذه نتيجة لأي تفاعل كيميائي يعمل على تحلل أو ذوبان الركام حيث تساعد خشونة سطح الحبيبات على زيادة التصاق الركام والمونة الإسمنتية وبصفه خاصة إذا كان اتجاه الخشونة متعامداً مع السطح العام لحبيبات الركام.<sup>(3)</sup>

### 2.3.2 الوزن النوعي:

يعبر الوزن النوعي عن كثافة الحبيبات الفردية للركام وليس عن حبيبات الركام كمجموعة وتكون بعض الحبيبات كثيفة وغير منفذة للسوائل بينما البعض الآخر منها يكون مسامي وبذلك يكون الحجم الفعلي للحبيبات أقل من الحجم الظاهري لأن الأخير منها يحتوي على فراغات مملوءة بالهواء،وعلى هذا يمكن تقسيم الوزن النوعي طبقاً لطريقة تعيينه إلى ما يلي:<sup>(3)</sup>

#### • الوزن النوعي المطلق:

وهو وزن وحدة الحجم الفعلي للحبيبات ولايشمل الحجم في هذه الحالة الثقوب الهوائية.

#### • الوزن النوعي الظاهري على أساس عينة اختبار جافة:

وهو وزن وحدة حجم الحبيبات الجافة ويشمل ذلك أي فراغات هوائية موجودة في الحبيبات

ويعرف أيضاً بأنه النسبة بين وزن حجم معين من المادة في الهواء (بما في ذلك الفراغات

والثقوب) عند درجة الحرارة القياسية(تؤخذ عادة20درجة مئوية) ووزن حجم مساوٍ من ماء

مقتر عند درجة الحرارة القياسية.

• **الوزن النوعي الظاهري على أساس عينة اختبار مشبعة بالماء وسطحها جاف:**

وهو وزن وحدة حجم الركام المشع بالماء وسطحه جاف ويشمل الماء الممتص.

ويفيد معرفة الوزن النوعي في تحديد الرطوبة في الركام وفي تصميم الخلطات الخرسانية

وفي تصنيف الركام.

**3.3.2 وحدة الوزن والفراغات بين حبيبات الركام(الوزن الحجمي):**

يعرف الوزن الحجمي بأنه وزن وحدة الحجم من الركام وعادةً يقدر بالكيلوجرام للمتر المكعب أو هو وزن وحدة الحجم مع الفراغات الهوائية وهو غير ثابت ومختلف حسب شكل حبيبات الركام ودرجة الرص، ويجب معرفته عند تقدير كميات المواد عند إجراء حسابات الخلطات لعمل العبوات فمثلاً قد يكون الركام سائباً أو مدموكاً وقد يكون جافاً أو رطباً أو مبتلاً. وتتخذ حالة الجفاف مع الدمك الكامل للمقارنة بين أنواع الركام المختلفة ومن السهل معرفة الوزن لأي حالة من الحالات السابقة وذلك عن طريق معرفة وزن الركام الذي يملا إناء ذا سعة معلومة. حيث أن للوزن الحجمي علاقة مع نسبة الفراغات التي تعتبر مدلولاً عددياً للمسافات أو الفجوات بين حبيبات الركام وبالتالي كلما زاد الوزن الحجمي كلما قلت نسبة الفراغات التي يتطلب ملؤها الإسمنت لذلك يتم تحديد نسب الخلط الركام الكبير إلى الركام الصغير بحيث تعطي أكبر وزن لوحدة الحجم.

**4.3.2 الرطوبة وامتصاص الماء:**

تنقسم الحالات المختلفة للركام بالنسبة لدرجة الرطوبة إلى مايلي :-<sup>(3)</sup>

• **جاف بالفرن:** -وفيه يتخلص الركام من كل ما فيه من رطوبة خارجية كانت أم داخلية

وعادة يمكن الوصول لهذه الحالة بالتسخين عند (100-110) درجة مئوية.

- جاف بالهواء:- وفيه يتخلص الركام من الرطوبة السطحية ويوجد به بعض الرطوبة الداخلية ولكن الحبيبات غير مشبعة.
- مشبع بالماء والسطح جاف:- لا يوجد في هذه الحالة أي ماء حر أو رطوبة على سطح الحبيبات ولكن تكون جميع الفراغات الموجودة في الحبيبات مملوءة (مشبعة).
- رطب أو مبلل:- يتواجد في هذه الحالة الماء الحر والرطوبة على سطح الحبيبات كما تكون مشبعة بالماء.

ويمكن التعبير على المحتوى الكلي للرطوبة الداخلية في الركام في حالة التشبع بالماء والسطح جاف باصطلاح السعة الامتصاصية (الامتصاص). وإذا كانت حبيبات الركام غير كاملة التشبع عند خلط الخرسانة

فيمتص الركام جزء من ماء الخلط. أما إذا وجد الماء الحر على سطح الحبيبات فإنه يصبح في هذه الحالة جزء من ماء الخلط لذلك يجب أن يراعى في حسابات تصميم الخلطات الخرسانية نسبة الماء للاسمنت الفعالة الصافية. وتستخدم حالة حبيبات الركام عندما تكون مشبعة بالماء والسطح جاف في أكثر طرق تصميم الخلطات الخرسانية.

### 5.3.2 الزيادة الحجمية للركام الناعم:

الرمل إذا أضيف إليه الماء أو كان رطبا وتم تقلبيه فإن طبقة رقيقة من الماء تغلف حبيبات الرمل وتدفع الحبيبات بعيدا عن بعضها نتيجة لتأثير ظاهرة الشد السطحي وبذلك يزيد حجم الرمل. وتتوقف تلك الزيادة على كمية الرطوبة الموجودة بالرمل وعلى مقاس حبيبات الرمل حيث تزيد بزيادة الرطوبة إلى حد ما

(زيادة الشد السطحي) ثم تقل بعد ذلك إذا زادت الرطوبة حيث يقل تأثير الشد السطحي تدريجياً إلى أن يعود الرمل إلى حجمه الأصلي وترتفع قيمة الزيادة الحجمية كلما صغرت حبيبات الرمل لكبر المساحة السطحية أي كبر تأثير الشد السطحي وضرر الزيادة الحجمية للرمل هو الحصول على حجم من الرمل أقل من الواجب بالإضافة إلى الحصول على كمية من الماء غير مطلوبة بالرمل مما يسبب عنه تغيير في نسب مكونات الخلطة الخرسانية إذا استعمل رمل جاف عنها في حالة استعمال رمل حدثت له زيادة في الحجم. كما أن الزيادة الحجمية للرمل تعطي الحجم المعين كمية رمل أقل من اللازم فتزيد بذلك تكاليف الرمل.

### 6.3.2 المساحة السطحية للركام الناعم:

تعتبر المساحة السطحية من أهم العوامل التي تتحكم في جودة الخرسانة نظراً لأن مقاومة الخرسانة للأحمال مقاومة التماسك بين حبيبات الركام وتتأثر مقاومة التماسك بدورها بمونة الإسمنت والمساحة السطحية للركام حيث يتم التلاصق. فإذا استعمل الرمل وحده في الخلطة الخرسانية يكون الناتج خرسانة ضعيفة المقاومة لأن المساحة النوعية لسطح حبيبات الرمل كبيرة وهي عادة تتراوح من (60 إلى 100 سم<sup>2</sup>/جم) فلا تكفي مونة الاسمنت - الموجودة بقيمة محددة - للاتصاق التام لجميع الحبيبات وبالتالي تضعف المقاومة للأحمال.

وهذا الضعف للمقاومة يكون ناتج عن كثرة الماء اللازم للخلط لإعطاء خرسانة قابلة للتشغيل وينتج عن ذلك زيادة الماء الحر الذي يتبخر مسبباً وجود فراغات كثيرة داخل الخرسانة، وكذلك الأمر بالنسبة للشرشور إذا استعمل وحده في الخلطة الخرسانية تكون المقاومة للخرسانة المنتجة ضعيفة لأن المساحة

النوعية تكون صغيرة وهي تتراوح بين (2-5 سم<sup>2</sup>/جم) وهذا الضعف ناتج عن ضعف التماسك بين الشرشور والمونة الاسمنتية .

ومن هذا يتبين أنه إذا استخدم ركام الخليط في عمل الخرسانة فإنه بالإضافة إلى تقليل ماء الخلط وإمكان الدمك الكافي لجعل الفراغات أقل ما يمكن فإن المساحة السطحية للركام الخليط مناسبة لإحداث تماسك بين الحبيبات يحقق المقاومة المطلوبة لخرسانة الأعمال الإنشائية . وقد أثبتت الدراسات أن مقاومة الخرسانة للضغط تتأثر كثيرا بالمساحة النوعية لسطح الركام .

ويتضح من ذلك أهمية معرفة المساحة السطحية للركام في أنه يمكن باستخدام الركام المتوافر في موقع العمل أن نحصل على خرسانة جيدة إلى حد كبير عن طريق التحكم في النسبة بين الركام الكبير للصغير بحيث تكون المساحة السطحية للركام الخليط (25 سم<sup>2</sup>/جم)<sup>(3)</sup>.

### 7.3.2 الطين والطفل بالركام الناعم:

وجود هذه المواد بالرمل أو الركام بكميات كبيرة يجعله غير صالح للاستعمال في الخرسانة لأنه يسبب في ضعف شديد في مقاومة الخرسانة وتأخير لتفاعل الاسمنت مع الماء بالخرسانة وخصوصا إذا كانت مغلقة لحبيبات الركام فإنها تمنع أو تضعف تماسك الركام والاسمنت كما يتسبب عن وجودها زيادة الانكماش بالجفاف في الخرسانة الذي ينتج عنه الشروخ. ويجب أن لا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة بالركام المقادير الآتية:-

- 3% بالوزن من الرمل أو الشرشور المكسر.
- 10% بالوزن من الرمل الحجارة المكسرة.
- 1% بالوزن من الركام الكبير.



وفي حالة زيادة كمية الطين والمواد الناعمة عن النسب المذكورة يمكن استعمال الركام إذا دلت الإختبارات على عدم إضرارها بالخرسانة .وقد يفيد الطين والمواد الناعمة إذا كانت دقيقة وبكميات بسيطة جدا في ملء الفراغات الصغيرة في الخرسانة قليلة الاسمنت وذات المقاومة العالية.

### 8.3.2 التدرج الحبيبي:

يقصد بالتدرج الحبيبي هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض في أية كمية من الركام ،أي توزيع الحجم الطبيعي للركام ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بهز الركام في مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها بحيث يكون أكبرها مقاسا من أعلى وأصغرها من أسفل ثم يوزن المحجوز على كل منخل ومن ثم حساب النسبة المئوية المارة للركام ثم توقع العلاقة بين مقاس فتحة المنخل والنسبة المئوية للركام المار لمعرفة التوزيع الحجمي لحبيبات الركام أي مدى التدرج الحبيبي.

فمعرفة حدود التدرج الحبيبي للركام مهمة في تصميم الخلطة الخرسانية. وعند حدوث فجوة في التدرج الحبيبي فهذا معناه أن هناك حجم معين من الركام المتدرج قد تم إهماله من حجم الركام المستخدم وهذا يؤثر على خواص الخرسانة المنتجة وأحيانا يتم إحداث فجوة في الركام عمدا للحصول على قوام موحد في حالة الخرسانة ذات الركام المكشوف.

ويمكن تقسيم الركام من ناحية التدرج إلى ما يلي:-

- المتدرج:وهو ركام يحتوي على معظم مقاسات المناخل القياسية.

• الركام الجيد التدرج: وهو الركام الذي يحتوي على كميات مناسبة من المقاسات المختلفة من المناخل القياسية وعادة يؤدي الركام المتدرج تدرجا حسنا إلى درجة تشغيل مناسبة للخرسانة وإلى توفير كمية الاسمنت المستخدم في الخلطة الخرسانية.

• الركام الناقص التدرج: وهو الركام الذي يوجد فيه نقص لمقاس أكثر من مقاسات المناخل القياسية.

وتهدف معرفة التدرج الحبيبي إلى الحصول على تدرج مناسب لاستخدامه في الخلطات الخرسانية حتى نضمن بذلك سهولة التشغيل للخلطة وللخرسانة المقاومة المطلوبة بعد تصلبها مع مراعاة التكاليف. وكذلك ضمان خاصية عدم نفاذ الماء في الخرسانة في الاعمال التي تتطلب ذلك ،حيث أن الركام ذا التدرج المعين له فراغات معينة وقدرة على التداخل تحت تأثير الدمك وأن قلة الفراغات بين الحبيبات تعطي الخرسانة قوة تقاوم الأحمال المختلفة وتكون ذات مناعة كافية لنفاذ الماء.

### 9.3.2 معايير النعومة:

هو المعامل الذي يصف المقاس المتوسط للركام ويستعمل بكثرة في دراسة ركام الخرسانة ويستنتج من جداول التحليل المنخلي للركام وقد حدد إبرامز معايير النعومة بأنه مجموع النسب المئوية المحجوزة على المناخل القياسية مقسوما على 100 ويبدل هذا المعيار على متوسط الركام ويكون للرمال محصورا بين (2-3.7) ويستخدم هذا المعيار في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية وهو لا يدل على تدرج الركام ولكنه يدل على المنخلين اللذين يحصران بينهما متوسط مقاس حبيبات الركام.

### 4.2 الخواص الكيميائية للركام الناعم:-

#### 1.4.2 مدلول الخواص الكيميائية:

التعبير التقليدي عن الركام أنه مادة خاملة ومالئة ذات حصة سلبية للحصول على الوزن والحجم المطلوب ولكن هذا التعبير غير مطلق حيث لا تكون كل الحبيبات خاملة بعد تغليفها بالاسمنت ويسبب أي تفاعل كيميائي مشاكل خطيرة ومعقدة في الخرسانة ويمكن تلخيص التفاعل الكيميائي الذي يظهر بصفة عامة في الأعمال الخرسانية فيما يلي:-(3)

- إذا كان بالركام أملاح قابلة للذوبان فتسبب في تبقيع و تزهير السطح الخارجي للخرسانة.
- إذا كان بالركام مواد كيميائية تتفاعل مع الاسمنت و بعض الشوائب العضوية تمثل هذا النوع من التفاعل والذي يؤثر على قوة الخرسانة وتحملها على مرور الزمن ويسبب تأكسد بيريت الحديد تفتت وطفقة في الخرسانة.
- إذا كان الركام يتفاعل مع الاسمنت العالي القلوية (ظاهرة التفاعل القلوي للركام) ويسبب في شرخ الخرسانة ونقصا في المرونة والمقاومة.

#### 2.4.2 ثبات الحجم:

يعين ثبات الحجم للركام بغمر الحبيبات في محلول كبريتات الصوديوم أو الماغنيسيوم لمدة من 16 إلى 18 ساعة ثم يجفف الركام بعد ذلك في فرن وتكرر العملية الغمر والجفاف عدة مرات حسب عدد الدورات المطلوبة ويعتبر الركام ثابت الحجم إذا لم يحدث أي تشري خاو تفتت وفي هذه الحالة يتوقع مقاومة الركام للتفتت تحت ظروف العوامل الجوية.

### 3.4.2 التفاعل القلوي للركام الناعم:

إذا استعمل عند خلط ركام من شكل معين متبلور من السليكا يتواجد في بعض الصخور البركانية الحامضية مع اسمنت به نسبة عالية من القلويات فيحدث تفاعل بين الركام وبين القلويات ينتج عنه زيادة في الحجم تحدث أحيانا بعد سنتين أو أكثر من صب الخرسانة وينتج عن زيادة الحجم تشرخ وتفتت الخرسانة.<sup>(3)</sup>

### 4.4.2 المواد العضوية بالركام:

توجد المواد العضوية بكميات متفاوتة بالركام الطبيعي أو من المحجر أو من عمليات النقل ويفيد غسل الركام في إزالة المواد الذائبة منها ووجودها بكميات كبيرة في الركام يضر بالخرسانة حيث قد تتفاعل مع الاسمنت أو تغلف الحبيبات فتمنع التماسك أو تؤخر زمن الشك وتصلد الاسمنت وبالتالي تضعف الخرسانة.

### 5.4.2 العناصر والأملاح الغير مرغوبة بالركام:

الفحم ومخلفاته والميكا والأملاح الكيميائية الذائبة وخاصة أملاح الكبريتات وجميعها تسبب ضعفا للخرسانة إذا احتواها بعضها أو كلها الركام وذلك لتفاعلها مع الاسمنت أو نتيجة تكوين طبقات هشة بالخرسانة كالميكا أو لزيادة حجم الخرسانة متسببا في الشروخ.

### 5.2 تصنيف النسيج والشكل للركام الناعم:

يمكن التعرف على أنواع الحبيبات من خلال شكلها الظاهري كآلاتي:<sup>(1)</sup>

- الحبيبات الناعمة: وتنتج عن الرخام المكسر أو بعض الصخور النارية وتكون مصقولة الشكل بفعل المياه أو التكسير.

- الحبيبات الزجاجية: وهي عبارة عن نوع من الصوان الأسود صدفي الشكل.

- الحبيبات الخشنة: تتكون غالبا من البازلت أو الحجر الكلسي وتتميز بنيتها ببلورات ناعمة جدا تصعب رؤيتها بالعين المجردة.

- حبيبات الحجر الرملي: وهي حبيبات مستديرة ومنتظمة الشكل إلى حد ما تنتج عن المحاجر.

- حبيبات بلورية: حصويات تحتوي على بلورات واضحة منشؤها نواتج التكسير أنواع خاصة من الصخور كالغرانيت.

حيث يؤثر شكل الحبيبات على مقاومة الخرسانة المنتجة وجودتها إذ أن كمية المونة الاسمنتية تزيد بزيادة مجموع سطوح الحبيبات لذا نجد ان استخدام الحبيبات المكورة أفضل للاستخدام من هذه الناحية.

## 6.2 فائدة الركام الناعم:

الركام الناعم يمثل المادة الأساسية الداخلة في صناعة المونة والخرسانة. وإضافة إلى كون الركام الناعم يشكل الجزء الأكبر من هيكل المونة والذي يعطي لكتلة المونة استقرارها وقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والتجمد فإنه يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت أو تعرض المونة للرطوبة والجفاف. لذا فإن الرمل يعطي للمونة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت وحدها وأيضا الرمل يعمل على تعبئة الفراغات داخل الخرسانة حيث يعطي للخرسانة التشغيلية المناسبة ويسهل كذلك عملية ضخ الخرسانة.

## 7.2 اشتراطات صلاحية الركام الناعم وفقا للمواصفات الليبية:

### 1.7.2 الخواص العامة:

تتكون الرمال من رمل طبيعي ورمل حجارة مجروشة وحصى مجروش أو خليط منهم ويجب أن تكون الرمال نظيفة وصلدة وخالية من الأملاح القابلة للذوبان والمواد الضارة.

### 2.7.2 الأملاح الذائبة:

يجب أن لا تزيد نسبة الأملاح الذائبة عن القيم التالية:

#### 1- كلوريد الصوديوم:

- يجب أن لا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم في الرمل عن 0.4% على أساس الوزن الجاف.
- يجب أن لا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم في الرمل عن 0.12% على أساس الوزن الجاف عند استخدام الشبكات الحديدية في الأسقف المعلقة.

#### 2- الكبريتات:

- يجب أن لا تزيد نسبة الكبريتات الذائبة في الرمل عن 1% على أساس الوزن الجاف.
- عندما تكون نسبة الكبريتات الذائبة في الرمل بين 0.8% إلى 1% في الرمل الذي يستخدم لأغراض البناء تحت مستوى الأرض المعرض للرطوبة عندئذ يجب استعمال اسمنت مقاوم للكبريتات.

### 3.7.2 المواد الضارة:

يجب أن لا يحتوي الرمل على المواد الضارة الآتية:<sup>(9)</sup>

- الطين وخاصة إذا كان ملتصقا بالحببيات.
- الجسيمات المستطيلة أو القشرية.
- الميكا أو الازدوازاوية مواد صفحية.
- الفحم والشوائب العضوية الأخرى.
- بيراييت الحديد وأملاح الكبريتات و الكلوريد القابلة للذوبان مثل كبريتات الكالسيوم والماغنيسيوم والصوديوم أو كلوريد الصوديوم.

#### 4.7.2 الطين والمواد الغرينية:

يجب أن لا تزيد نسبة الطين والمواد الغرينية في الرمل عن النسب التالية:

- رمل مستخرج من المصادر الطبيعية أو حصى مجروش - الحد الأقصى 5% بالوزن.
- رمل مستخرج من الحجارة المجروشة - الحد الأقصى 10% بالوزن.

#### 8.2 اشتراطات الركام (الرمل - الشرشور)وفقا للمواصفات العربية:

1. يكون مصدر الركام إما الصحراء أو من مجاري الأنهار أو من كسر الصخور أو من مواد مصنعة مثل (الطين المحروق أو من خبث الحديد وغيرهما) ولا يجوز استعمال الرمل من شواطئ البحار إلا بعد إجراء التجارب عليه في مختبر معترف به.
2. أن يكون الركام الكبير(الشرشور) والركام الصغير (الرمل)في الخرسانة من الزلط والرمل أو كسر الحجر أو خليط منهما وفي جميع الأحوال يجب أن يفي الشرشور والرمل بحدود المواصفات

القياسية الوطنية الخاصة بركام الخرسانة من المصادر الطبيعية أو بركام الخرسانة المصنع في حالة سماح المواصفات الوطنية باستخدامه.

3. يجب أن يتكون ركام الخرسانة من حبيبات الركام الصغير والركام الكبير على أن تكون هذه

الحبيبات صلبة وقوية الاحتمال ونظيفة وخالية من المغلفات الملتصقة أو المواد الغرينية كأوراق الأشجار أو نفايات الأخشاب وتكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعاً منتظماً في الخليط الشامل.

4. يجب أن لا تحتوي حبيبات الركام على مواد ضارة بالخرسانة أو بحديد التسليح مثل الأملاح أو

بيريت الحديد أو الفحم أو الميكا أو الطين أو مشابهما من المواد ذات الرقائق الطبقيّة أو الحبيبات الرقيقة المفلّطة أو العصوية وان لا تحتوي على شوائب عضوية بكمية تؤثر تأثيراً ضاراً على شكل أو تصلد الخرسانة أو مدى تحملها مع مرور الزمن أو على حديد التسليح.

5. في حالة استخدام ركام من غير الموارد الطبيعية يجب التحقق من مدى مقاومته وتحمله مع

مرور الزمن وخلوه من المواد الضارة بالخرسانة أو بحديد التسليح.

6. يجب أن يكون الركام متدرجاً طبقاً للمواصفات القياسية الوطنية بمقاسات مختلفة للحبيبات موزعة

توزيعاً جيداً منتظماً في الخليط الشامل بما يحقق إنتاج خرسانة سهلة التشغيل بأقل كمية من ماء الخلط مع عدم حدوث فراغات فيها ويتم تحديد منحنيات التدرج النهائية للركام بناءً على تجارب تأكيدية تجرى لهذا الغرض.

7. في حالة عدم توافر الركام بالتدرجات الحبيبية الواردة بالمواصفات القياسية الوطنية يمكن تحديد

منحنيات تدرج حبيبي مناسبة بناءً على دراسات وتجارب مختبرة بحيث يكون تدرج الركام



المستخدم مناسباً للحصول على خرسانة سهلة التشغيل بأقل كمية من ماء الخلط وأعلى كثافة للكتل الخرسانية.

8. يجب أن يكون المقاس الأعظمي للركام الكبير في الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية الوطنية مع مراعاة أن يكون ذلك المقاس أقل من 0.2 البعد الأصغر بين جانبي شدة القطاع الخرساني وأقل من ثلث سمك البلاطة الخرسانية وأقل من 0.75 المسافة بين أسياخ الحديد.

9. يجب أن تكون الكمية القصوى الكلية لمحتوى الكلوريدات مقدرة في صورة كلوريد أيوني كنسبة مئوية من وزن الركام طبقاً لنوعية الخرسانة التي يستخدم بها الركام كما يلي:

• الخرسانة المسلحة:

لا تزيد النسبة على 0.04% للشرشور.

لا تزيد النسبة على 0.06% للرمل.

لا تزيد النسبة على 0.06% للركام الخليلط.

• الخرسانة سابقة الصب:

لا تزيد النسبة عن 0.015% للركام.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### 1.3 المواد المستعملة في البحث:

#### 1.1.3 الاسمنت:

الاسمنت البورتلاندي يعرف بأنه مادة ناتجة عن طحن وتنعيم ناتج حرق خليط يحتوي على الحجر الجيري ويمثل حوالي 75% ومواد أخرى طينية (السليكا - الألومنيا - الحديد) بنسبة 25% من المواد الداخلة في تصنيع الاسمنت البورتلاندي. والاسمنت البورتلاندي عبارة عن مسحوق لونه رمادي مركب أساساً من بلورات صناعية من سليكات الكالسيوم والألومنيوم. ويتمتع الاسمنت البورتلاندي بخاصية التماسك بعد فترة قليلة من إضافة الماء إليه ثم يتصلد نتيجة التفاعل الكيميائي مع الماء.<sup>(7)</sup>

#### • الاشتراطات القياسية لليبية للاسمنت :

الجدول ( 3- 1 ) يبين الاشتراطات القياسية للاسمنت.

البيان	الاشتراطات القياسية
ثالث أكسيد الكبريت	لا يزيد عن 3%
الكلوريدات	لا تزيد عن 0.10%
زمن الشك الابتدائي	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	لا يزيد عن 15 ساعة
ثبات الحجم (التمدد) بالمليمتر	لا يقل عن 10 مم
مقاومة الضغط بعد 7 أيام	لا تقل عن 13 ن/مم <sup>2</sup>
مقاومة الضغط بعد 28 يوم	لا تقل عن 25 ن/مم <sup>2</sup> ولا تزيد عن 50 ن/مم <sup>2</sup>
درجة النعومة (مساحة السطح النوعي)	لا تقل عن 2500 سم <sup>2</sup> /غم

### 2.1.3 الركام (الرمل - الشرشور):

يمثل الركام الجزء الأكبر في الخلطة الخرسانية حيث يمثل 75% من حجم الخرسانة ويقصد بالركام تلك الحبيبات التي تشكل الحجم الأكبر للكتلة الخرسانية بحيث تربط بينها العجينة الاسمنتية ويكون من مصدر الركام ذا المنشأ الطبيعي إما من الصخر الطبيعي أو من نواتج الترسيب الطبيعي في أحواض الأنهار وأسفل السهول أو نتيجة الرياح أو من نواتج تكسير كتل الحجارة والصخور الكبيرة.<sup>(1)</sup>

### 1.2.1.3 تصنيف الركام:

يقسم الركام من حيث حجم الحبيبات إلى ركام ناعم متوسط، قطر حبيباته لا يزيد عن 5mm، وركام خشن، قطر حبيباته يزيد عن 5mm والشكل التالي يوضح تدرج حبيبات الركام.



الشكل (1-3) تدرج حبيبات الركام.<sup>(1)</sup>

الفوائد الرئيسية لاستعمال الركام في الخلطات الخرسانية متعددة منها:

1. يعتبر الركام من أرخص المواد الداخلة في صناعة الخرسانة.
2. يخفف من التغيرات الحجمية الناجمة عن تصلب العجينة الاسمنتية وتغيرات نسبة الرطوبة.
3. يحقق الركام معظم خصائص المقاومة والمرونة والتغيرات الجوية .. وغيرها.

### 2.2.1.3 متطلبات الركام:

1. تجانس الحبيبات، وخلوها من المواد العضوية والأثرية.
2. تحقيق المتانة والمرونة ضمن الحدود المطلوبة بشكل لا تقل معه مقاومته عن مقاومة العجينة الاسمنتية الرابطة.
3. أن يكون خالياً من الشوائب.
4. تركيبه الكيميائي لا يسمح له الانحلال بالماء.
5. أن يكون معامل التمدد الحراري له مقارباً لمعامل التمدد الحراري للعجينة الاسمنتية.
6. التدرج الحبيبي يكون ضمن حدود المواصفات.
7. مقاومته للصقيع والعوامل الخارجية جيدة.
8. يجب أن يكون شكل حبيبات الركام الخشن قريباً إلى الكروي ما أمكن، ويفضل خلوها من الحبيبات المسطحة والعضوية.
9. قابليته لامتصاص الماء منخفضة.

### 3.2.1.3 التدرج الحبيبي للركام:

لدراسة التدرج الحبيبي للركام الخشن والناعم هناك طريقة تعرف بالاختبار المنخلي وهي عبارة عن مجموعة من مناخل قياسية بأشكال وفتحات معينة تحدد طبقاً للبلد المصنع، وفي هذا الصدد تم اختيار مجموعة المناخل القياسية طبقاً للمواصفات البريطانية "BS812" ويمكن تصنيف هذه المناخل إلى نوعين:<sup>(1)</sup>

**1. مناخل قياسية، فتحاتها بالمليمتر وتستخدم لدراسة التدرج الحبيبي للركام الناعم وهي:**

5.0mm, 2.36mm, 1.18mm, 600µm, 300µm, 150µm

**2. مناخل قياسية، فتحاتها بالمليمتر وتستخدم لدراسة التدرج الحبيبي للركام الخشن وهي:**

75mm, 50mm, 37.5mm, 20mm, 14mm, 10mm

طبقاً للمواصفات البريطانية فإن مجالات أبعاد الحبيبات تقسم كالتالي:

**1. الركام الناعم:**

يقسم الركام الناعم إلى ناعم، ومتوسط، وخشن تبعاً للحدود الموضحة بالجدول التالي والناجمة عن التدرج الحبيبي الذي تم عمله على مجموعة من المناخل القياسية المعتمدة بالمواصفات البريطانية:

الجدول (2-3) حدود التدرج الحبيبي للركام الناعم.

المجالات العامة للرمل %	نسبة المار بالوزن %			فتحة المنخل ملم
	الرمل الناعم	الرمل المتوسط	الرمل الخشن	
100	-	-	-	10
89 - 100	-	-	-	5
60 - 100	80 - 100	65 - 100	60 - 100	2.36
30 - 100	70 - 100	45 - 100	30 - 90	1.18
15 - 100	55 - 100	25 - 80	15 - 54	0.60
5 - 70	5 - 70	5 - 48	5 - 40	0.30
0 - 15	-	-	-	0.15

## 2. الركام الخشن:

يعتبر الركام الخشن ذا تدرج مقبول إذا كانت نتائج التحليل الحبيبي للعينة بالمناخل القياسية المعتمدة ضمن حدود الجدول التالي طبقاً للمواصفات البريطانية:

الجدول (3-3) حدود التدرج الحبيبي للركام الخشن.

المقاس الاعتباري الأكبر (ملم)					فتحة المنخل ملم
5	10	14	20	40	
نسبة المار بالوزن %					
-	-	-	-	100	75
-	-	-	-	100	50
-	-	-	100	85 - 100	37.5
-	-	100	85 - 100	0 - 25	20
-	100	85 - 100	-	-	14
100	85 - 100	0 - 50	0 - 25	0 - 5	10
50 - 100	0 - 25	0 - 10	0 - 5	-	5
0 - 30	0 - 5	-	-	-	2.36

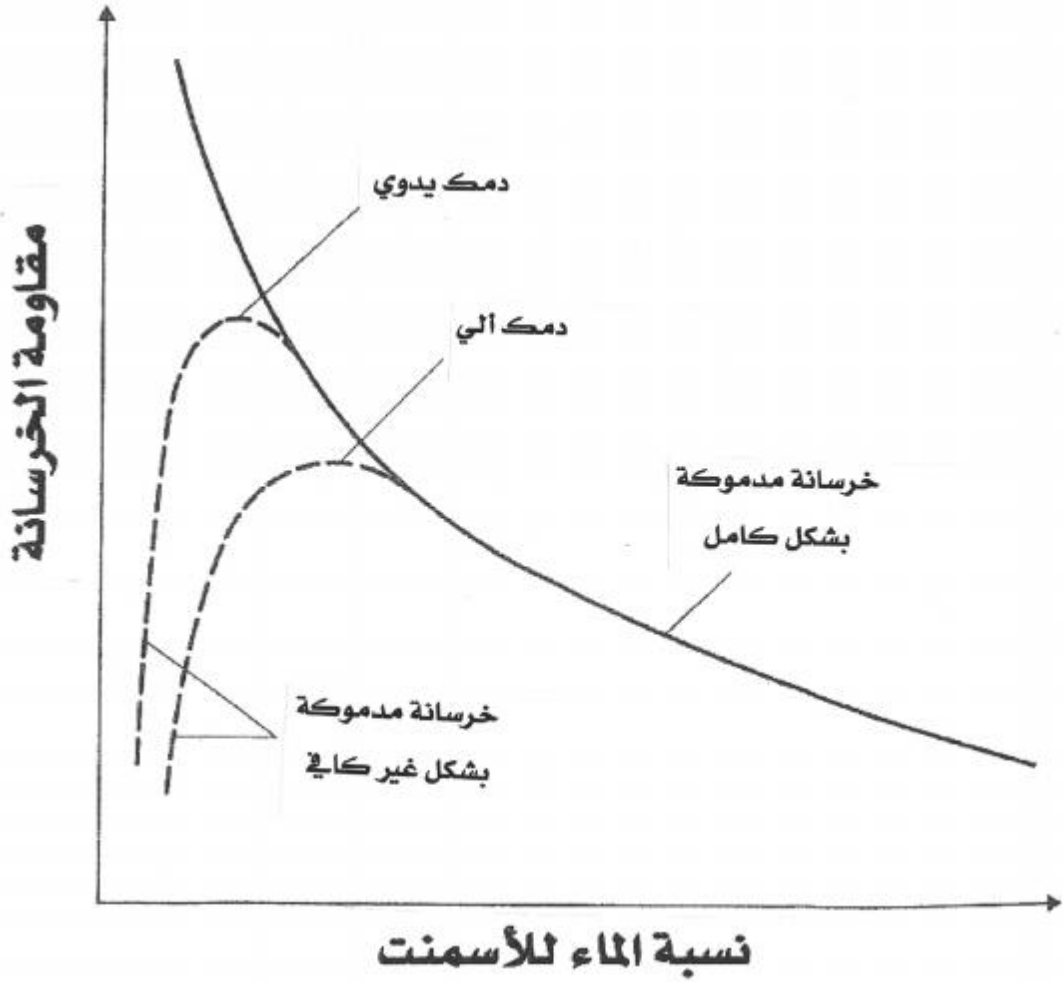
### 4.2.1.3 المقاس الاعتباري الأكبر للركام:

يعرف المقاس الاعتباري الأكبر للركام بأنه أصغر فتحة لمنخل من مجموعة المناخل القياسية المستخدمة، تمر منه نسبة تساوي أو تزيد عن 95% وزناً من العينة المختبرة. يحدد المقاس الاعتباري الأكبر للركام من خلال أكبر بعد لحبيباته، وعادة لا يتجاوز المقاس الاعتباري الأكبر للركام المستعمل في الخلطة الخرسانية عن ربع سماكة العنصر المصبوب، أو المسافة بين أي قضبي تسليح متجاورين. أيهما أقل<sup>(1)</sup>.

### 3.1.3 ماء الخلط:

الماء هو أحد المكونات الأساسية في الخلطة الخرسانية، بدونها لا يمكن تصنيع الكتلة الخرسانية، والماء الداخل في صناعة الخرسانة ينقسم إلى قسمين: الأول يعرف بالماء الكيميائي وهو كمية الماء اللازمة لإتمام التفاعلات الكيميائية بينه وبين مركبات الاسمنت، وتتراوح نسبته تقريباً من 0.20 - 0.25، والثاني يعرف بالماء التشغيلي وهو كمية الماء اللازمة لإعطاء الخرسانة درجة التشغيل لإمكانية نقلها وصبها في الأماكن المحددة لها وتحديد هذه النسبة يرجع للمهندس المصمم للخلطة الخرسانية، بحيث يتم حسابها بكل دقة لكي تحقق الغرض المطلوب بدون تأثير على جودة الخرسانة المنتجة، وكما هو معروف أن زيادة كمية الماء في الخلطة الخرسانية له تأثير سلبي على مقاومة الضغط للخرسانة، أنظر الشكل (2-3)، لذا فإن الأسباب الداعية لاستخدام الماء في الخلطات الخرسانية يمكن تحديدها في سببين، الأول إماهة الاسمنت والثاني إعطاء الخرسانة درجة التشغيل المطلوبة<sup>(1)</sup>.





الشكل (2-3) علاقة نسبة الماء للأسمنت بالمقاومة.<sup>(1)</sup>

### 1.3.1.3 اشتراطات استخدام مياه الخلط:

يشترط في استخدام ماء الخلط النقاط التالية:

1. أن يخلو من الزيوت والشحوم المواد الأخرى المشابهة.
2. أن يخلو من المواد الصلبة العالقة كالقش وبقايا الأخشاب.
3. أن يخلو من المركبات الكيميائية مثل الكبريت والفوسفات والرصاص والنحاس واليود.
4. أن يخلو من السكريات المنحلة أو الأملاح.

### 2.3.1.3 المواصفات العربية الموحدة:

1. أن يكون الماء المستعمل في الخلطة الخرسانية نظيفا وخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت و الأحماض و المواد العضوية و أي مواد تؤثر تأثيرا متلفا على مكونات الخرسانة أو حديد التسليح.

2. يشترط في ماء الخلط ألا يزيد محتوى الأملاح على:

- 2.00 جرام في اللتر من الأملاح الكلية الذائبة.
- 0.50 جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات.
- 0.60 جرام في اللتر من أملاح الكبريتات .
- 1.0 جرام في اللتر من أملاح الكربونات و البيكربونات.
- 0.10 جرام في اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.
- 0.20 جرام في اللتر من المواد العضوية.
- 3.00 جرام في اللتر من المواد غير العضوية وهي الطين والمواد العالقة غير الرسوبية.

3. يجب أن لا يقل بصفة عامة الأس الهيدروجيني لماء الخلط عن (6) للخرسانة عالية الجودة وعن (7) للخرسانة التقليدية وفي حالة عدم إجراء هذا الإختبار لمصدر الماء في أعمال سابقة يجب إجراء تحليل للماء لمعرفة الرقم الفعلي.

4. يعتبر الماء الصالح للشرب باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية مناسبة في جميع الأحوال لخلط الخرسانة، وفي حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلط الخرسانة ومعالجتها بشرط استقاء الشروط، وذلك بالإضافة إلى ما يلي:

• ألا يزيد زمن الشك الابتدائي لعينات الاسمنت المجهزة بهذا الماء على أكثر من 30 دقيقة على زمن الشك الابتدائي لعينات بنفس الاسمنت جهزت بالماء الصالح للشرب وعلى أن لا يقل زمن الشك الابتدائي بأي حال عن 45 دقيقة.

• لا تقل المقاومة الضغط لمكعبات المونة القياسية بعد 7 و 28 يوم والتي استعمل فيها هذا الماء عن 90% من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب عند نفس العمر مع استخدام القالب القياسي لاختبار المونة القياسية في كلا الحالتين.

• يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذي سيستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ.

5. لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر في خلط الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الصب.

6. يجوز استخدام ماء البحر عند الضرورة في خلط الخرسانة العادية بدون تسليح على أن لا يزداد محتوى الاسمنت في الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة بشرط توافر الخبرة السابقة في استعماله بنجاح.

7. يعتبر الماء الصالح في خلط الخرسانة المسلحة صالحا للاستعمال في معالجة هذه الخرسانة.

8. يجب ألا يحدث الماء المستخدم في المعالجة بقعا أو ترسبات غير مقبولة على سطح الخرسانة.

### 2.3 الأجهزة المستخدمة في البحث(التجارب المعملية):

#### 1.2.3 الاختبارات التي أجريت على الركام:

أجريت التجارب على ثلاث عينات من الركام الناعم من ثلاث مناطق كما في الجدول التالي:-

الجدول (3-4) يبين موقع العينات المختبرة في البحث.

موقع العينة	رمز العينة	ر.م
منطقة سبها محجر حي عبد الكافي	A	1
منطقة زلاف طريق سبها	B	2
منطقة الرويصات (تمنهنث)	C	3

ومن الاختبارات التي تم إجرائها هي:

1. اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم.
2. حساب درجة النعومة للركام الناعم.
3. اختبار الوزن النوعي للركام الناعم.
4. اختبار وزن وحدة الحجوم للركام الناعم.
5. اختبار حساب نسبة الطين والمواد الناعمة.
6. حساب المساحة السطحية للركام الناعم (الطريقة النظرية).

### 1.1.2.3 اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم:

الغرض من الاختبار:

1. تحديد التوزيع الحجمي لحبيبات الركام وذلك بطريقة التحليل بالمناخل القياسية.
2. تحديد معايير النعومة للركام.

3. تحديد مدى صلاحية الركام وملائمته للأعمال الخرسانية.

#### الأدوات المستخدمة:

1. مجموعة من المناخل القياسية.
2. ميزان حساس لا تقل دقته عن 0.1% من وزن عينة الاختبار.
3. هزاز ميكانيكي.

#### طريقة إجراء الاختبار:

1. توزن عينة الركام الجافة بدقة.
2. تتخل العينة بعد ذلك على المناخل القياسية بحيث يبدأ النخل على المنخل الأكبر وينتهي على المنخل الأصغر ويجب أن تكون المناخل سليمة ونظيفة تماما قبل استعمالها.
3. تتم عملية النخل بهز المناخل ميكانيكيا أو يدويا مدة كافية بحيث لا يمر من أي منخل بعدها إلا آثار بسيطة مع مراعاة ألا تقل مدة النخل في أي حالة عن دقيقتين.
4. تكون عملية النخل بتحريك المنخل رأسيا أو أفقيا وذلك بهزه أماما وخلفا يمينا وشمالا ودائريا في اتجاه عقارب الساعة وعكسه.
5. أثناء عملية النخل يجب فرك التكرورات المتجمعة إن وجدت وذلك بضغطها على جدار المنخل وكذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير.
6. توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس.
7. يراعى عند إجراء عملية النخل ألا تحمل أوجه المناخل بوزن كبير على أن لا تتعدى الكمية المحجوزة على المناخل بعد الانتهاء من الاختبار عن الأوزان التالية حسب الجدول (3-4).

8. تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز والنسبة المئوية المارة من كل منخل من الأوزان المحجوزة

على كل منخل كما هو موضح بالجدول (3-5).

9. توضيح التدرج الحبيبي للركام بيانياً بواسطة منحني إحدائياته الرأسية تمثل النسبة المئوية المارة

من المنخل وإحدائياته الأفقية تمثل فتحات المناخل موقعة بمقياس رسم حسابي أو لوغاريتمي .

الجدول (3-5) يبين كمية الركام المحجوزة على المناخل القياسية لاختبار التدرج الحبيبي للركام.<sup>(3)</sup>

0.177	0.354	0.707	1.41	2.83	4.76	المنخل (مم)
40	50	75	100	200	400	أكبر وزن للركام المحجوز (جم)

الجدول (3-6) يبين طريقة حساب النسبة المئوية المارة للركام لاختبار التدرج الحبيبي.

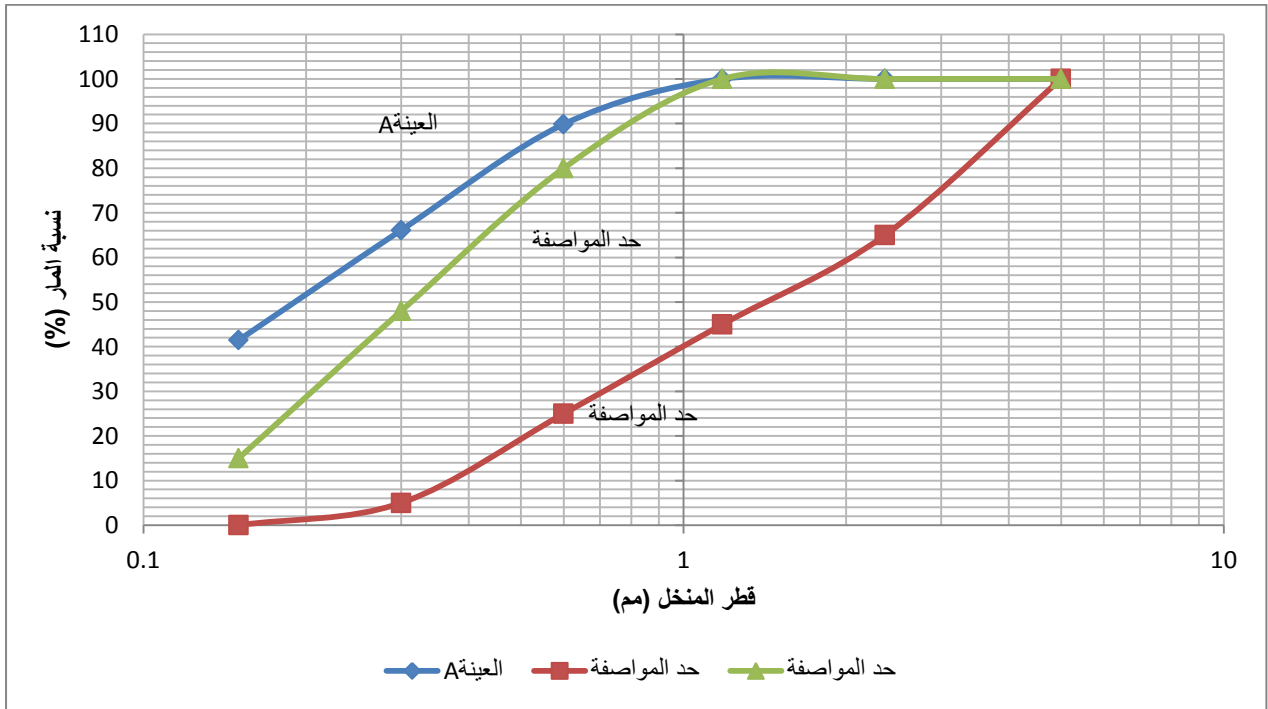
النسبة المئوية المارة من الركام (%)	النسبة المئوية المحجوزة من الركام (%)	الوزن الكلي المحجوز على كل منخل (جم)	المحجوز على كل منخل (جم)
$100 - \left(\frac{A}{F} * 100\right)$	$\frac{A}{F} * 100$	A	A
$100 - \left(\frac{A+B}{F} * 100\right)$	$\frac{A+B}{F} * 100$	A+B	B
$100 - \left(\frac{A+B+C}{F} * 100\right)$	$\frac{A+B+C}{F} * 100$	A+B+C	C
$100 - \left(\frac{A+B+C+D}{F} * 100\right)$	$\frac{A+B+C+D}{F} * 100$	A+B+C+D	D

ومن تم نقوم بعرض نتائج التحليل المنخلي للركام:

الجدول (3-7) يبين التحليل المنخلي للعينه القياسية (A).

النسبة المئوية المارة (%)	النسبة المئوية التراكمية للمحجوز (%)	النسبة المئوية للمحجوز (%)	المحجوز الجزئي (جم)	مقاس فتحة المنخل (مم)
100	0	0	0	2.36
99.99	0.01	0.01	0.1	1.18
89.96	10.14	10.13	101.3	0.600
66.11	33.89	23.75	237.5	0.300
41.46	58.54	24.65	246.5	0.15
0	100	41.46	414.6	الوعاء

الوزن الكلي للعينه 1000 جرام



الشكل (3-3) يبين التحليل المنخلي للعينه القياسية (A).

الجدول (3-8) يبين التحليل المنخلي للعينة القياسية (B).

النسبة المئوية المارة (%)	النسبة المئوية التراكمية للمحجوز (%)	النسبة المئوية للمحجوز (%)	المحجوز الجزئي (جم)	مقاس فتحة المنخل (مم)
100	0	0	0	2.36
99.73	0.27	0.27	2.7	1.18
65.61	34.39	34.12	341.2	0.600
41.39	58.61	24.22	242.2	0.300
24.51	75.49	16.88	168.8	0.15
0	100	24.51	245.1	الوعاء

الوزن الكلي للعينة (1000 جرام)



الشكل (3-4) يبين التحليل المنخلي للعينة القياسية (B).

جدول (3-9) يبين التحليل المنخلي للعينة القياسية (C).



النسبة المئوية المارة (%)	النسبة المئوية التراكمية للمحجوز (%)	النسبة المئوية للمحجوز (%)	المحجوز الجزئي (جم)	مقاس فتحة المنخل (مم)
100	0	0	0	2.36
99.9	0.1	0.1	1	1.18
71.13	28.87	28.77	287.7	0.600
39.69	60.31	31.44	314.4	0.300
31.26	68.74	8.43	84.3	0.15
0	100	31.26	312.6	الوعاء

الوزن الكلي للعينة (1000 جرام)



الشكل (3-5) يبين التحليل المنخلي للعينة (C).

مناقشة النتائج:

تبين لنا أنه من خلال اختبار التدرج الحبيبي للعينات القياسية الثلاثة العينة (A) لم تكن ضمن المواصفات القياسية للركام الناعم المتوسط الخشونة حيث أنها تعتبر ضمن المواصفات القياسية للركام الناعم (ناعم) أما بالنسبة للعينتين القياسيتين (B-C) فأنتهما ضمن المواصفات القياسية للركام الناعم (المتوسط الخشونة) عدا أنه الاختلاف البسيط في نسبة المار عبر المنخل (0.15) كما هو مبين في الجدول (10-3).

الجدول (10-3) يبين حدود المواصفات الليبية للركام الناعم.

النسبة المئوية المارة (%)	النسبة المئوية المارة (%)	النسبة المئوية المارة (%)	
حدود المواصفات الليبية (الخشن)	حدود المواصفات الليبية (متوسط الخشونة)	حدود المواصفات الليبية (الناعم)	مقاس فتحة المنخل (مم)
100-60	100-65	100-80	2.36
90-30	100-45	100-70	1.18
54-15	80-25	100-55	0.600
40-5	48-5	70-5	0.300
15-0	15-0	15-0	0.15
-	-	-	الوعاء

### 2.1.2.3 درجة النعومة:

تم حساب درجة النعومة لكل من العينات القياسية الثلاثة (A-B-C) وكانت النتائج كالتالي:

$$N = \frac{A2.36 + A1.18 + A0.6 + A0.3 + A0.15}{100}$$

حيث N: درجة النعومة.

A: النسبة المئوية التراكمية المحجوزة على المناخل القياسية.

الجدول (3-11) يبين نتائج درجة النعومة للركام الناعم.

وصف العينة	درجة النعومة	الوزن الكلي للعينة (جم)	العينة
ناعم	1.02	1000	A
متوسط الخشونة	2.4	1000	B
متوسط الخشونة	2.3	1000	C

مناقشة النتائج :

تبين لنا أنه من خلال حساب درجة النعومة للعينات الثلاثة أن العينة A ناعمة لان درجة نعومتها أقل

من (2) وان كل من العينتين B-C متوسطتي الخشونة لأن درجة النعومة لهما تجاوزت (2).

3.1.2.3 اختبار تعيين كمية الطين والمواد الناعمة في الركام الناعم:

الغرض من الاختبار:

تحديد كمية الطين والمواد الناعمة في الركام الناعم.

الأجهزة المستخدمة:

1. منخلان قياسيان أقطارهما (1.25 - 0.075).
2. وعاء ذو غطاء محكم تكفي سعته لأن توضع به عينة الاختبار وتغطي بالماء ويسمح بالتقليب دون فقد أي جزء من المادة أو أي قطرة من الماء.
3. فرن تجفيف.
4. ميزان حساس.

طريقة إجراء الاختبار:

1. تجفف عينة الاختبار عند درجة حرارة 100 - 110<sup>0</sup> م ثم نأخذ وزنها وليكن A.
2. توضع العينة في الوعاء المناسب وتغطي بالماء وتقلب بشدة.
3. يسكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين القياسيين بحيث يكون المنخل 1.25م من الأعلى.
4. تكرر هذه العملية إلى أن يصبح ما الغسيل رائقا وعد ذلك تجفف العينة في الفرن ثم نأخذ وزنها بعد أن تبرد وليكن وزنها B.

النتيجة:

$$\text{نسبة الطين والمواد الناعمة المارة من المنخل } 0.075\text{م} = \frac{A-B}{A} * 100$$

حيث أن A وزن العينة جافة

B وزن العينة بعد الغسيل والتجفيف

وفيما يلي نقوم بعرض النتائج في الجدول (3-12).

الجدول (3-12) يبين نسبة الطين والمواد الناعمة في الركام للعينات الثلاثة.

العينة	الوزن قبل الغسل (جم)	الوزن بعد الغسل (جم)	نسبة الطين (%)
A	500	480	4
B	500	492	1.6
C	500	498	0.4

#### مناقشة النتائج:

نجد أن من خلال اختبار العينات الثلاث أن العينة (A) نسبة الطين والمواد الناعمة بها وصلت للحد الأقصى للمواصفات الليبية التي حددت بها نسبة الطين لا تتجاوز عن 4% وهذه النسبة غير جيدة بما لها من تأثير سلبي على خواص الخرسانة عدا أنه تميزت العينة (C) بقلّة الطين والمواد الناعمة فيها حيث وصلت نسبة الطين فيها إلى 0.4% وكذلك الأمر بالنسبة للعينة (B) حيث تساوي نسبة الطين فيها 1.6% حيث تعتبر هذه النسبة إلى حد ما معقولة.

### 4.1.2.3 اختبار الوزن النوعي للركام:

الغرض من الاختبار:

تحديد الوزن النوعي للركام الناعم.

الأدوات المستخدمة:

1. مخبار مدرج.

2. ميزان حساس.

طريقة إجراء الاختبار:

1. تغسل العينة الاختبار وتجفف في الفرن عند درجة حرارة تتراوح من (100 – 110) م<sup>0</sup> لازالة

الأتربة منها ثم تبرد ومن ثم نقوم بوزنها وليكن وزنها (W).

2. يسكب الماء في المخبار المدرج ثم نضع العينة في المخبار لمدة بسيطة ويلاحظ حجم انزياح

الماء بعد إضافة العينة وليكن (V).

النتيجة:

يحسب الوزن النوعي من العلاقة التالية:

$$\frac{W}{V} = \text{الوزن النوعي للركام}$$

V: الزيادة في حجم الماء (مل)

حيث أن W:وزن العينة (جم)

الجدول(3-13) يبين الوزن النوعي للركام بالنسبة للعينة A.

الوزن النوعي (جم/سم <sup>3</sup> )	الحجم (سم <sup>3</sup> )	الوزن (جم)	القراءات
2.3	43	100	1
2.5	40	100	2
2.2	45	100	3
2.34	42.7	100	المتوسط

الجدول (3-14) يبين الوزن النوعي للركام بالنسبة للعينة B.

الوزن النوعي (جم/سم <sup>3</sup> )	الحجم (سم <sup>3</sup> )	الوزن (جم)	القراءات
2.7	37	100	1
2.5	40	100	2
2.56	39	100	3
2.58	38.7	100	المتوسط

الجدول (3-15) يبين الوزن النوعي للركام بالنسبة للعينة C.

الوزن النوعي (جم/سم <sup>3</sup> )	الحجم (سم <sup>3</sup> )	الوزن (جم)	القراءات
2.8	35	100	1
2.27	44	100	2
2.5	40	100	3
2.52	39.7	100	المتوسط

مناقشة النتائج:

من خلال الجداول السابقة نجد أن كل من العينتين B - C أن وزنيهما النوعي متقارب على عكس العينة A حيث كان الوزن النوعي لها أقل من وزن العينتين الأخرين والسبب في ذلك أن نسبة الطين والمواد الناعمة في العينة A أعلى من العينتين B - C.

### 5.1.2.3 اختبار الوزن الحجمي للركام الناعم:

الغرض من الاختبار:

معرفة وزن المتر المكعب من الركام الناعم المستخدم في الخلطة الخرسانية.

الأدوات المستخدمة:

1. وعاء اسطواني من الحجم الصغير بسعة 3 لتر.
2. قضيب الدمك.
3. ميزان.

خطوات إجراء الاختبار:

1. يتم وزن الوعاء الاسطواني ذا الحجم 3 لتر وهو فارغ وليكن  $W_1$ .
2. يملأ ثلث الوعاء بالعينة وتدمك بواسطة قضيب الدمك (25 دمكة) ثم يملأ الثلث الثاني للوعاء ويدمك (25 دمكة) وكذلك الثلث الأخير.
3. يسوى سطح الركام بواسطة القضيب ومن ثم نزن الوعاء وهو مملوء بالركام.
4. يتم ملء الوعاء مرة أخرى بالركام ومن ثم نقوم بوزن الوعاء والركام الغير مدموك وليكن  $W_2$ .



## النتيجة:

$$\frac{W}{V} = \text{الوزن الحجمي للركام}$$

حيث  $W$ : وزن الركام  $(W_2 - W_1)$ .

$V$ : حجم الوعاء.

وفيما يلي نقوم بعرض النتائج في الجدول (3-16).

الجدول (3-16) يبين وزن وحدة الحجم للعينات الثلاثة.

الوزن الحجمي (طن/م <sup>3</sup> )	وزن العينة (كجم)	حجم الوعاء (لتر)	حالة العينة	العينة
1.680	5.04	3	بدون دمك	A
1.793	5.38	3	مدموكة	
1.833	5.5	3	بدون دمك	B
1.866	5.6	3	مدموكة	
1.753	5.26	3	بدون دمك	C
1.820	5.46	3	مدموكة	

## مناقشة النتائج:

من خلال ما ورد في الجدول (3-16) نجد أن العينة A كانت ضمن حدود الوزن الحجمي للركام الناعم الطبيعي الذي يتراوح من 1.4 طن/م<sup>3</sup> إلى 1.8 طن/م<sup>3</sup> والعكس تماما بالنسبة للعينة B حيث كانت خارج

حدود الوزن الحجمي للركام الناعم الطبيعي أما بالنسبة للعينة C في حالة الدمك تجاوزت الحدود المسموح بها أما وهي غير مدموكة فأنها لم تتجاوز الحدود المسموح بها.

### 6.1.2.3 المساحة السطحية للركام الناعم:

تم تعيين المساحة السطحية للركام الناعم باستخدام الطريقة النظرية التي تعتمد على الأساس على معامل الزاوية (يعتمد على شكل حبيبات الركام حيث أعتبر الركام بأن حبيباته كروية الشكل) وتم حساب المساحة السطحية من خلال العلاقة التالية:

$$\frac{W*6}{R*Gs} = \text{المساحة السطحية}$$

حيث W: المحجوز الجزئي على المنخل.

R: قطر الحبيبات.

Gs: الوزن النوعي للحبيبات.

الجدول (3-17) يبين المساحة السطحية للعينة A

المساحة السطحية بأعتماد عامل الزاوية	عامل الزاوية	المساحة السطحية	الاقطار الحسابية	الوزن النوعي	المحجوز الفعلي على المنخل	المار عبر المنخل %	المحجوز %		القطر
2سم	-	سم	سم	غ/سم <sup>3</sup>	غ	%	%	غ	مم
0.0	1	0.00	0.5	2.34	0	100	0	0	5
0.0	1	0.00	0.368	2.34	0	100	0	0	2.36
1.4	1	1.45	0.177	2.34	0.1	99.99	0.01	0.1	1.18
2918.5	1	2918.47	0.089	2.34	101.3	89.86	10.13	101.3	0.6
13532.8	1	13532.76	0.045	2.34	237.5	66.11	23.75	237.5	0.3
28091.2	1	28091.17	0.023	2.34	246.5		24.65	246.5	0.15
							41.46	414.6	0
44543.8	مساحة سطح الركام 2سم								
1000	الوزن الكلي لعينة الركام غ								
44.5	السطح النوعي للركام سم / 2 غ								

الجدول (3-18) يبين المساحة السطحية للعينة B.

المساحة السطحية بأعتماد عامل الزاوية	عامل الزاوية	المساحة السطحية	الاقطار الحسابية	الوزن النوعي	المحجوز الفعلي على المنخل	المار عبر المنخل %	المحجوز %		القطر
2سم	-	سم	سم	غ/سم <sup>3</sup>	غ	%	%	غ	مم
0.0	1	0.00	0.5	2.58	0	100	0	0	5
0.0	1	0.00	0.368	2.58	0	100	0	0	2.36
35.5	1	35.47	0.177	2.58	2.7	99.73	0.27	2.7	1.18
8915.6	1	8915.60	0.089	2.58	341.2	65.61	34.12	341.2	0.6
12516.8	1	12516.80	0.045	2.58	242.2	41.39	24.22	242.2	0.3
17447.0	1	17447.03	0.023	2.58	168.8		16.88	168.8	0.15
							24.51	245.1	0
38914.9	مساحة سطح الركام سم <sup>2</sup>								
1000	الوزن الكلي لعينة الركام غ								
38.9	السطح النوعي للركام سم <sup>2</sup> / غ								

الجدول (3-19) يبين المساحة السطحية للعينه C.

المساحة السطحية بأعتماد عامل الزاوية	عامل الزاوية	المساحة السطحية	الاقطار الحسابية	الوزن النوعي	المحجوز الفعلي على المنخل	المار عبر المنخل %	المحجوز %		القطر
2سم	-	سم	سم	3غ/سم	غ	%	%	غ	مم
0.0	1	0.00	0.5	2.52	0	100	0	0	5
0.0	1	0.00	0.368	2.52	0	100	0	0	2.36
13.5	1	13.45	0.177	2.52	1	99.9	0.1	1	1.18
7696.6	1	7696.63	0.089	2.52	287.7	71.13	28.77	287.7	0.6
16634.9	1	16634.92	0.045	2.52	314.4	39.69	31.44	314.4	0.3
8920.6	1	8920.63	0.023	2.52	84.3		8.43	84.3	0.15
							31.26	312.6	0
33265.6	مساحة سطح الركام سم <sup>2</sup>								
1000	الوزن الكلي لعينة الركام غ								
33.3	السطح النوعي للركام سم / 2 غ								

مناقشة النتائج:

من خلال الجداول الخاصة لحساب المساحة السطحية نجد أن العينة القياسية C لها أقل مساحة سطحية وهذا ما يميزها عن العينات الأخرى A - B حيث أن المساحة السطحية كلما كانت كبيرة كما حدث في العينة A قلت المقاومة للضغط لذا نجد أن العينة C أعطت أفضل نتائج مقاومة الضغط وهذا ما سنجده في الفصل الرابع.

### 3.3 الاختبارات التي تم إجرائها على الخرسانة:

تم إجراء ثلاثة اختبارات على الخرسانة وهي:

1. اختبار هبوط المخروط (اختبار تشغيلية الخرسانة).

2. اختبار معامل الدمك (القابلية للتشغيل).

3. اختبار مقاومة الضغط للخرسانة.

وفيما يلي الجدول (3-20) يبين نسب مكونات الخلطة الخرسانية للمتر المكعب الواحد .

الجدول (3-20) يبين نسب مكونات الخلطة الخرسانية.

المقاومة (Mpa)	التشغيلية (mm)	نسبة الماء للاسمنت $w/c$	الاسمنت (كجم)	الماء (كجم)	الركام الناعم (كجم)	الركام الخشن (كجم)
25	60-30	0.62	306	109	601	1334

حيث أن جميع هذه المكونات ثابتة للعينات الثلاثة ما عدا الركام الناعم الذي تم تبديل نوعيته (ناعم جدا

- خشن جدا - متوسط الخشونة )

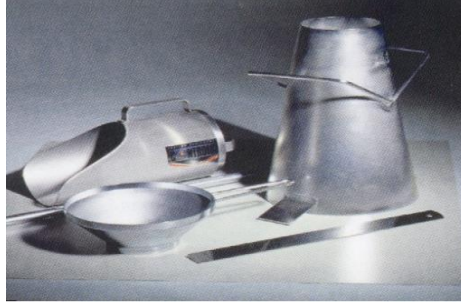
### 1.3.3 اختبار تشغيلية الخرسانة:

#### الغرض من الاختبار:

تعيين قوام الخرسانة الطازجة ويعبر عنه بدرجة بلل الخرسانة الطازجة وهي النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة.

#### الأدوات المستعملة:

1. مخروط الهبوط.
2. قضيب الدمك القياسي.
3. أدوات الخلط (جاروف - وعاء)
4. مسطرة قياس



الشكل (3-6) يبين الأدوات المستخدمة في اختبار تشغيلية الخرسانة.

#### طريقة إجراء الاختبار:

1. تثبيت المخروط على قاعدته بواسطة مسامير الربط على سطح مستو أفقي.
2. رش حواف المخروط الداخلية بالماء لكي لا تلتصق الخرسانة بالمخروط أثناء إجراء الاختبار.

3. تعبئة المخروط بالخرسانة على ثلاثة طبقات مستوية السمك (ثلث الحجم تقريبا) ثم تدمك كل طبقة دمكا قياسيا (25 ضربة بالقضيب القياسي).

4. تسوية سطح المخروط بقضيب الدمك.

5. فك مسامير الربط ثم يرفع المخروط رأسيا للسماح للخرسانة بالهبوط الحر.

6. تقاس المسافة بين سطح المخروط وبين سطح الخرسانة الهابطة وهذه المسافة تعبر عن قوام الخرسانة.

### 2.3.3 اختبار قابلية التشغيل للخرسانة:

الغرض من الاختبار:

تحديد الخاصية التي تعطي خلطة متجانسة سهلة المناولة قليلة الفراغات ومقاومة للانفصال الحبيبي ويجرى هذا الاختبار لتحديد درجة قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة لتحديد الجهد اللازم لعملية الدمك.

الأدوات المستخدمة:

1. جهاز عامل الدمك ويتكون من:

- مخروط علوي قطر قاعدته الكبرى 10 أنش وقاعدته الصغرى 5 أنش وارتفاعه 11 أنش.
- مخروط سفلي قطر قاعدته الكبرى 9 أنش وقاعدته الصغرى 5 أنش وارتفاعه 9 أنش.
- اسطوانة قياسية بقطر 6 أنش وارتفاع 12 أنش.

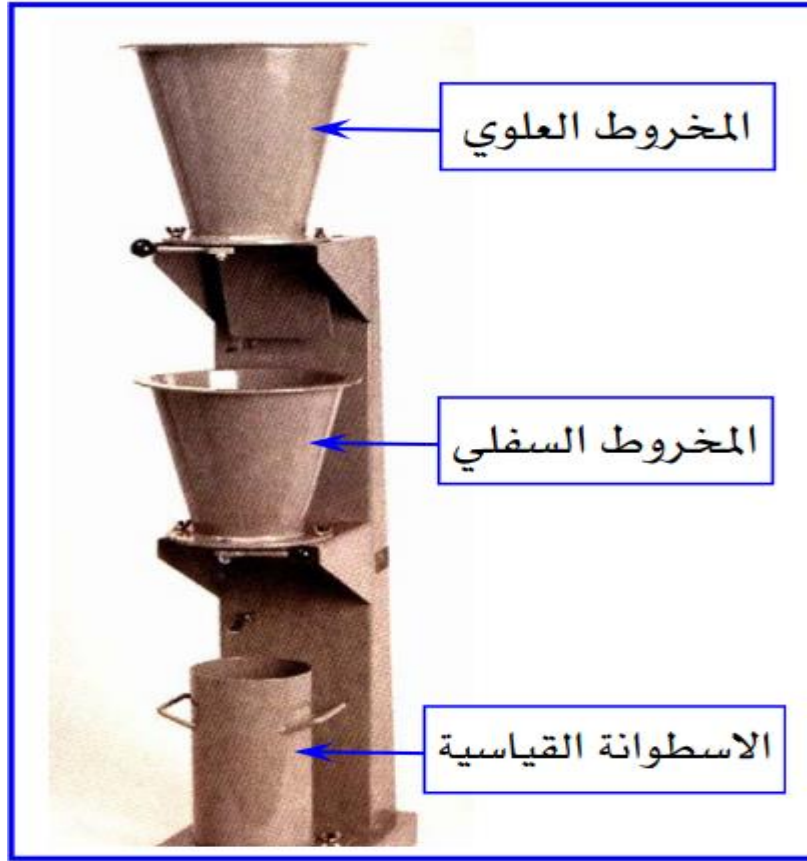
2. قضيب الدمك القياسي.

3. ميزان.



## طريقة إجراء الاختبار:

1. يملأ المخروط العلوي بالخرسانة بدون دمك ويحرص ثم يسوى سطح الخرسانة مع حافة المخروط.
2. يفتح باب المخروط من أسفل بحيث تنزل الخرسانة منه إلى المخروط السفلي تحت تأثير وزنها فقط وبدون أي اهتزازات.
3. يفتح باب المخروط السفلي لتنزل الخرسانة وتملأ الاسطوانة القياسية.
4. تسوية السطح للاسطوانة وتنظيف جوانبها وحوافها الخارجية من الخرسانة العالقة ثم توزن لتحديد وزن الخرسانة المدموكة جزئياً.
5. تفرغ الاسطوانة وتنظف من الخرسانة ثم يعاد ملؤها مرة أخرى من نفس العينة على 6 طبقات تدمك كل طبقة دمكا قياسيا (25 ضربة) بقضيب الدمك القياسي.
6. تسوية سطح الاسطوانة وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية من الخرسانة العالقة ثم توزن لتحديد وزن الخرسانة المدموكة كلياً.
7. يحسب عامل الدمك ثم يحدد درجة قابلية التشغيل.



شكل (3-7) يوضح جهاز معامل الدمك.

**النتيجة:**

يحسب معامل الدمك للخرسانة من خلال العلاقة التالية:

$$\text{عامل الدمك} = \frac{\text{وزن الخرسانة المدموكة جزئياً}}{\text{وزن الخرسانة المدموكة كلياً}}$$

**3.3.3 اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة:**

## الغرض من الاختبار:

تعين مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة. وتعتبر مقاومة الضغط أهم خاصية للخرسانة المتصلدة ويعطي الاختبار فكرة عن جودة الخرسانة للاطمئنان بأن الخرسانة وصلت الخرسانة إلى المقاومة المطلوبة منها ويجرى الاختبار بعد مرور 7 أيام وبعد مرور 28 يوم من تاريخ الصب لان الخرسانة في هذه المرحلة تكتسب قدرا كبيرا من مقاومتها الفعلية.

## الأجهزة المستعملة:

1. آلة الضغط.
2. قوالب من الحديد المقاوم للصدأ بأبعاد (10سم \* 10سم \* 10سم).
3. أدوات الخلط.
4. جهاز دمك (هزاز).

## طريقة إجراء الاختبار:

1. تجمع أجزاء القالب ويتم ربطها بإحكام وتنظف أسطحها الداخلية من الشوائب ثم تدهن بطبقة رقيقة من الزيت.
2. تجهيز كمية من الخرسانة تكفي لعمل ثلاث عينات على الأقل.
3. صب الخرسانة في القالب على ثلاث طبقات تدمك كل طبقة (25 ضربة) دون حدوث انفصال حبيبي للعينة.
4. تحفظ العينة في جو رطب خال من الاهتزازات مع تغطيتها إن أمكن لتقليل عملية تبخر الماء من العينة لمدة 24 ساعة.

5. بعد مضي 24 ساعة تفك القوالب وتستخرج العينات وتوضع في حوض المعالجة لحين إجراء الاختبار عليها.

6. تخرج العينات من الحوض ثم تجفف من قطرات الماء العالقة وتوضع في آلة الاختبار لإجراء الاختبار عليها.

7. عند الاختبار يراعى أن يكون محور العينة منطبقا على المحور الرأسي للآلة وأن يكون سطحها العينة المعرضين للضغط أملسين وناعمين.  
8. يتم التحميل على العينة تدريجيا حتى الكسر.

### النتيجة:

بعد الانتهاء من الاختبار يتم حساب مقاومة الضغط من المعادلة التالية:

$$\frac{P}{A} = \text{مقاومة الضغط للخرسانة}$$

حيث P: حمل الكسر (KN).

A: مساحة مقطع العينة (mm).

مكتبة  
الشيخ  
عبدالله  
بن  
عبدالمطلب  
بن  
عبدالمطلب  
بن  
عبدالمطلب

## 1.4 النتائج المتحصل عليها:

### 1.1.4 نتيجة اختبار هبوط المخروط للخرسانة (درجة التشغيل):

الجدول (1-4) يبين درجة التشغيل للعيينة A.

نوع العينة	العينة	الهبوط(سم)	تشغيلية الخلطة
متوسط الخشونة	A	1.6	جافة
الخشن جدا	A <sub>1</sub>	1.7	جافة
الناعم جدا	A <sub>2</sub>	0	جامدة

الجدول (2-4) يبين درجة التشغيل للعيينة B.

نوع العينة	العينة	الهبوط(سم)	تشغيلية الخلطة
متوسط الخشونة	B	4	لدنة
الخشن جدا	B <sub>1</sub>	2	جافة
الناعم جدا	B <sub>2</sub>	0.2	جامدة

الجدول (3-4) يبين درجة التشغيل للعيينة C.

نوع العينة	العينة	الهبوط(سم)	تشغيلية الخلطة
متوسط الخشونة	C	5.8	لدنة
الخشن جدا	C <sub>1</sub>	3	جافة
الناعم جدا	C <sub>2</sub>	0.5	جامدة

#### 2.1.4 نتيجة اختبار القابلية للتشغيل (معامل الدمك للخرسانة):

الجدول (4-4) يبين معامل الدمك للخرسانة بالنسبة للموقع (A).

القابلية للتشغيل	معامل الدمك	الدمموكة كلياً (كجم)	الدمموكة جزئياً (كجم)	العينة	نوع العينة
عالية	0.974	17.8	17.4	A	متوسط الخشونة
عالية	0.953	17.740	17.18	A <sub>1</sub>	الخشن جدا
منخفضة جدا	0.787	17.480	15	A <sub>2</sub>	الناعم جدا

الجدول (5-4) يبين معامل الدمك للخرسانة بالنسبة للموقع (B).

القابلية للتشغيل	معامل الدمك	الدمموكة كلياً (كجم)	الدمموكة جزئياً (كجم)	العينة	نوع العينة
عالية	0.955	17.8	17	B	متوسط الخشونة
عالية	0.947	17.940	17.3	B <sub>1</sub>	الخشن جدا
منخفضة	0.891	17.8	16.5	B <sub>2</sub>	الناعم جدا

الجدول (4-6) يبين معامل الدمك للخرسانة بالنسبة للموقع (C).

نوع العينة	العينة	الدمموكة جزئيا (كجم)	الدمموكة كليا (كجم)	معامل الدمك	القابلية للتشغيل
متوسط الخشونة	C	17.620	17.920	0.975	عالية
الخشن جدا	C <sub>1</sub>	17.200	17.700	0.957	عالية
الناعم جدا	C <sub>2</sub>	15.150	17.240	0.816	منخفضة جدا

### 3.1.4 نتيجة اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المنتجة:

الجدول (4-7) يبين مقاومة الضغط للموقع (A).

نوع العينة	العينة	فترة المعالجة (الأيام)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	المقاومة (MPa)
متوسط الخشونة	A	3	128	164	142	144.76	14.476
		7	146	184	160	163.33	16.333
		14	314	304	282	300	30
الخشن جدا	A <sub>1</sub>	3	124	104	140	122.67	12.267
		7	172	174	164	170	17
		14	264	290	276	276.67	27.667
الناعم جدا	A <sub>2</sub>	3	58	60	60	59.33	5.933
		7	100	92	101	98.33	9.833



13.3	133	145	110	144	14		
------	-----	-----	-----	-----	----	--	--

الجدول (4-8) يبين مقاومة الضغط للموقع (B).

المقاومة (MPa)	متوسط حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	فترة المعالجة (الأيام)	العينة	نوع العينة
15.9	159	154	146	177	3	B	متوسط الخشونة
19.867	198.67	200	190	206	7		
30.6	306	320	340	258	14		
15.167	151.67	157	166	132	3	B <sub>1</sub>	الخشنة جدا
18.633	186.33	170	200	189	7		
29.467	294.67	255	295	334	14		
9.867	98.67	98	84	114	3	B <sub>2</sub>	الناعمة جدا
12.4	124	112	132	128	7		
19.033	190.33	200	191	180	14		

الجدول (4-9) يبين مقاومة الضغط للموقع (C).

المقاومة (MPa)	متوسط حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	فترة المعالجة (الأيام)	العينة	نوع العينة
17.333	173.33	168	172	180	3	C	متوسط الخشونة
20.6	206	182		204	7		
34.533	345.33	300	348	388	14		
14.133	141.33	152	124	148	3	C <sub>1</sub>	الخشن جدا
18.733	187.33	186	185	191	7		
28.3	283	272	284	281	14		
6.733	67.33	62	66	74	3	C <sub>2</sub>	الناعم جدا
11.833	118.33	120	120	115	7		
19.433	194.33	191	202	190	14		

## 2.4 النتائج المتحصل عليها من البحث السابق (الذي أجرى على منطقة زلاف):

### 1.2.4 نتيجة اختبار هبوط المخروط:

الجدول (4-10) يبين نتيجة اختبار هبوط المخروط للبحث السابق.<sup>(10)</sup>

توصيف العينة (التشغيلية)	الهبوط (سم)	w/c	نوع الركام
عالية	14.5	0.64	خشن
عالية	12.5	0.64	متوسط الخشونة
منخفضة جدا	0.2	0.64	ناعم

#### 2.2.4 نتيجة اختبار معامل الدمك (القابلية للتشغيل):

الجدول (4-11) يبين نتيجة اختبار معامل الدمك للبحث السابق.<sup>(10)</sup>

معامل الدمك	الدمموكة كلياً (كجم)	الدمموكة جزئياً (كجم)	نوع الركام
0.958	17.139	16.439	خشن
	17.161	16.327	
	16.911	16.342	
0.972	17.608	17.147	متوسط الخشونة
	17.680	17.264	
	17.671	17.125	
0.857	16.538	14.256	ناعم
	16.504	14.261	
	16.797	14.221	

### 3.2.4 نتيجة اختبار مقاومة الضغط:

الجدول (4-13) يبين نتيجة اختبار مقاومة الضغط للبحث السابق.<sup>(10)</sup>

متوسط المقاومة (Mpa)	متوسط حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	حمل الكسر (KN)	العمر (الأيام)	نوع الركام
10.6	106	110	100.5	107.5	3	الخشنة
13.063	130.63	115.7	131.2	145	7	
21.717	217.17	204.3	225.8	221.4	14	
14.54	145.4	147.6	143.9	144.7	3	متوسط الخشونة
21.156	211.56	210.2	212.9	211.6	7	
24.5	245	246.3	241.2	247.5	14	
10.053	100.53	98	101.2	102.4	3	ناعم
19.036	190.36	204.3	180.5	186.3	7	
22.5	225	235.3	220.6	218.8	14	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## 1.5 مناقشة النتائج المتحصل عليها:

### 1.1.5 مناقشة نتيجة اختبار هبوط المخروط:

من خلال الجداول الخاصة باختبار هبوط المخروط نجد الهبوط يتأثر بشكل كبير باستخدام تدرجات مختلفة من الركام الناعم فعند استخدام الركام الناعم (المتوسط الخشونة) أعطى درجة تشغيل عالية وهذا ما توضحه العينة القياسية C-B أما بالنسبة للركام الخشن جدا أعطى درجة تشغيل متوسطة  $C_1$  ومنخفضة  $B_1-A_1$  أما بالنسبة للعينة A القياسية أعطت درجة تشغيل منخفضة والسبب لأنها ناعمة وتحتاج إلى زيادة لماء الخلط وكذلك الأمر بالنسبة للركام الناعم جدا  $A_2 - B_2 - C_2$  درجة التشغيل لها منخفضة جدا وتكون معدومة كما حدث عند اختبار العينة  $A_2$  والسبب في ذلك درجة النعومة الكبيرة مما يؤدي إلى زيادة معتبرة للماء للخلطة الخرسانية.

### 2.1.5 مناقشة نتيجة اختبار معامل الدمك:

من خلال الجدول الخاص باختبار معامل الدمك أن العينات القياسية C-B-A لها قابلية تشغيل عالية والسبب في انها ذات تدرج حبيبي منتظم وبالتالي نجد أنها متجانسة كذلك الأمر بالنسبة للعينات الخشنة جدا ( $C_1 - B_1 - A_1$ ) لها قابلية للتشغيل عالية ولكن ليست ذات تدرج منتظم ولكنها متجانسة نوعا ما (تحتوي على فراغات) على عكس العينات الناعمة جدا فإنها غير متجانسة وجافة وتحتاج إلى زيادة في كمية الماء اللازم للخلط وذات تدرج غير جيد وقابلية التشغيل لها منخفضة جدا.

### 3.1.5 مناقشة نتيجة مقاومة الضغط للخرسانة:

من خلال الجدول (4-7) الخاص بالموقع (A) نجد أن مقاومة الضغط للخرسانة بالنسبة للركام الناعم (المتوسط للخشونة) قد زادت بسبة 20% عن المقومة المصمم عليها عند 28 يوم وذلك بعد فترة معالج 14 يوم وكذلك الأمر بالنسبة لمقاومة الضغط للخرسانة المستخدم فيها ركام ناعم (خشن جدا) فقد زادت المقاومة للضغط بنسبة 10.68% عن المقاومة التصميمية بعد فترة معالجة 14 يوم أما بالنسبة لمقاومة الضغط للخرسانة المستخدم فيها ركام ناعم جدا فقد قلت المقاومة بنسبة 46.8% عن المقاومة التصميمية بعد فترة معالجة 14 يوم.

أما بالنسبة للجدول (4-8) الخاص بالموقع (B) نجد أن مقاومة الضغط للخرسانة المستخدم فيها ركام ناعم (متوسط للخشونة) قد زادت بنسبة 22.4% عن المقاومة التصميمية بعد فترة معالجة 14 يوم كذلك الأمر بالنسبة لمقاومة الضغط للخرسانة المستخدم فيها ركام ناعم (خشن جدا) فقد زادت المقاومة بنسبة 17.868% عن المقاومة التصميمية أما بالنسبة لمقاومة الضغط للخرسانة المصنعة من الركام الناعم جدا فقد قلت المقاومة بنسبة 23.868% عن المقاومة التصميمية بعد فترة معالجة 14 يوم.

ومن خلال الجدول (4-9) الخاص بالموقع (C) نجد أن مقاومة الخرسانة المصنعة من الركام الناعم (المتوسط للخشونة) قد زادت بنسبة 38.132% عن المقاومة التصميمية بعد فترة معالجة 14 يوم والأمر نفسه بالنسبة لمقاومة الضغط للخرسانة المصنعة من الركام الناعم (الخشن جدا) فقد زادت المقاومة بنسبة 13.2% عن المقاومة التصميمية وذلك بعد فترة معالجة 14 يوم أما بالنسبة لمقاومة الضغط للخرسانة المصنعة من الركام الناعم جدا فقد قلت المقاومة بنسبة 22.268% عن المقاومة التصميمية وذلك بعد فترة معالجة 14 يوم.



ومن خلال ذلك يتضح لنا أن مقاومة الضغط للخرسانة تتأثر بشكل كبير بدرجة نعومة الركام الناعم وبنسبة الطين والمواد الناعمة.

## 2.5 مقارنة النتائج المتحصل عليها مع نتائج البحث السابق:

من خلال ما تم عمله في البحث السابق وفي هذا البحث نجد أن عينة زلاف ذات تدرج منتظم أي أنها تحتوي على ركام ناعم(خشن- متوسط الخشونة- ناعم)وهي عينة عشوائية أما الاختلاف الذي لوحظ في نتيجة اختبار هبوط المخروط لهذا البحث بالنسبة للعينة الخشنة جدا (درجة التشغيل لها منخفضة) أنه لم يتم فصلها بالشكل المطلوب لذا نجد أنها تحتوي على نسبة من الركام الناعم(ناعم)أي أنه الركام الناعم (الخشن)المستخدم في هذا البحث هو الركام المحجوز على المنخل(0.600مم) لذا أنه لم تمر منه باقي الأحجام الأخرى وهذا نتيجة للفصل الغير مطلوب للعينة أما في باقي الاختبارات فيمكن القول أن النتائج قريبة من بعضها من ناحية النسب المئوية للمقاومة المطلوبة على سبيل المثال وبالنسبة لاختبار عامل الدمك فيمكن القول نفس النتيجة تقريبا.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

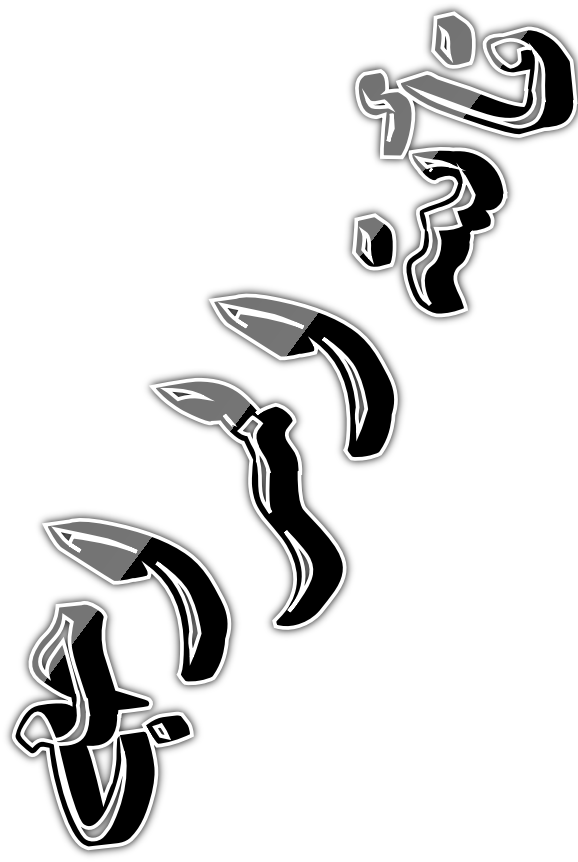
## 1.6 الخلاصة:

من خلال نتائج الاختبارات المتحصل عليها في هذا البحث نستنتج الآتي:

1. تبين من خلال تجارب التحليل المنخلي للركام الناعم أن محجر سبها يحتوي على كميات عالية من الركام الناعم جدا الذي يمر من المنخل (0.14) والذي يعتبر طين وذات مواصفات سيئة جدا في حالة استخدامه في الخرسانة بينما كان الركام الناعم لمنطقة تمنهنت أفضل ركام استخدم في هذا البحث لأنه ذا تدرج حبيبي منتظم.
2. إن عدم فرز الركام الناعم بالشكل المطلوب يؤدي إلى تغيير في مواصفات الخرسانة المنتجة.
3. باعتماد الخرسانة الحاوية على ركام ناعم جدا تبين أن مقاومة الضغط قد هبطت بشكل واضح كذلك فإن المواصفات الأخرى تأثرت بزيادة النعومة.
4. تبين من خلال العينات المصنعة من الركام الناعم جدا أن كمية الاسمنت غير كافية لتغليف حبيبات الركام.
5. في حالة استخدام الركام الناعم جدا يضعف هبوط المخروط للخرسانة وقد يكون معدوم في حالة تبات كمية الماء.
6. في حالة استخدام الركام الناعم جدا في الخلطة الخرسانية أن الخرسانة المنتجة تكون غير متجانسة وذات قوام ضعيف جدا وقد يكون معدوم.

## 2.6 التوصيات:

1. نوصي بعدم استخدام الركام الناعم جدا والأخص الذي يحتوي على كميات كبيرة من الطين والمواد الناعمة فإنه يفشل الخلطة الخرسانية.
2. نوصي باستخدام كميات بسيطة من الركام الناعم في حالة الوقوع في الانفصال الحبيبي أو النزيف للخرسانة مقرونة بكميات مثيلة من الاسمنت.
3. نوصي باستخدام الركام الناعم (المتوسط الخشونة - الخشن) في الصبات الخرسانية.
4. نوصي عند استخدام ركام ناعم يحتوي على نسبة كبيرة من الطين والمواد الناعمة التخلص من هذه المواد.
5. عمل أبحاث ودراسة في حالة استخدام الركام الناعم جدا في الخلطة الخرسانية مع تغيير كمية الماء اللازمة للخلط.
6. عمل أبحاث ودراسة على مقاومة الشد للمونة الاسمنتية في حال استخدام الركام الناعم جدا لأنه قد يمكن استخدامه في اللياسة.



## المراجع:

1. تكنولوجيا الخرسانة - تأليف أ. د. عبد السلان عكاشة - أستاذ الخرسانة ومواد البناء بكلية العلوم الهندسية التقنية - جامعة سبها - الطبعة الأولى 2013.
2. اختبارات الخرسانة الطازجة - د. حسام الدين سليم.
3. تكنولوجيا الخرسانة (مواد الخرسانة المسلحة وصناعتها) - تأليف أ. د. أحمد العريان، و أ. د. عبد الكريم عطا - الجزء الأول عالم الكتاب، القاهرة.
4. تكنولوجيا الخرسانة ومواد البناء - تأليف المهندس أحمد عصام.
5. خواص مواد البناء واختباراتها - تأليف أ. د. محمد راتب سطاس، و د. أندوراس مسعود - دار الرتب الجامعية (بيروت - لبنان).
6. المواصفة القياسية الليبية رقم (49) ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية 2002.
7. المواصفة القياسية الليبية رقم (249) رمل مون المباني.