المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

# دراسة خصائص الخرسانة عالية النفاذية باستخدام ركام الاودية الجافة

**الفضيل عبدالسلام**
كلية العلوم التقنية ، الهندسة المدنية ، ،
بني وليد ليبيا
Alfadeel1979@gmail.com

**عبد الدايم فرج**
كلية العلوم التقنية ، الهندسة المدنية ،
بني وليد ليبيا
Alfadeel1979@gmail.com

**علي البدال**
كلية العلوم التقنية ، الهندسة المدنية ،
بني وليد ليبيا
Alfadeel1979@gmail.com

الملخص **في هذه الدراسة تم العمل على ركام بدون زاويا ( املس ) ويمكن الحصول على هذا النوع من الركام في الوديان الجافة ( زلط الاودية الجافة ) كما تم العمل في هذا المشروع بركام من وادي ( غرغار و تينياي ) وتم ايضا دراسة خواص الركام كتدرج ونسبة امتصاص والوزن النوعي والتفلطح والكثافة ، وللحصول على خرسانة نافذة تم خلط المواد ( ركام– ماء– اسمنت) بنسبة خلط 2:1:4 وتم تحديد اوزان المواد المستخدمة في الخلط للمتر المكعب الواحد ومن الاختبارات المعملية حددت w/c35% وتم العمل على 4 تدرجات من الركام هي ، ( 20 الى 12.5 ) ، ( 12.5 الى10 ) ، ( 10 الى5 ) ، ( 20 الى 5 ) . وتم اجراء الاختبارات المعملية على الخرسانة النافذة الهدف من هذه الاختبارات هو تحديد خواص الخرسانة النافذة ومعرفة ما اذا كانت صالحة او غير صالحة والتي تتضمن ، مقاومة الضغط ، النفاذية ، نسبة الفرغات ، الكثافة .**

## 1. المقدمة

الخرسانة النافذة هي وسيلة فريدة وفعالة لمعالجة القضايا البيئية الهامة ودعم النمو الأخضر المستدام. من خلال التقاط مياه الأمطار والفيضانات والسماح لها بالتسرب إلى باطن الأرض ، والخرسانة النافذة لها دور أساسي في إعادة شحن المياه الجوفية ، والحد من جريان مياه الأمطار، واستخدام الخرسانة النافذة هو من بين أفضل الطرق التي تتبعها وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة .

ظهرت فكرة استخدام الخرسانة النافذة قديما واعتمدت عام ( 1985 ) وتم العمل بها في امريكا عام 2003 من قبل المهندس (دان براون) واستخدمها كأداة رصف صديقة للبيئة في مواقف السيارات ، واستخدم في تنفيذيها ركام النفايات الانشائية وتمثل في قطع السيراميك واجزاء الفخار المحطم والقرميد.

ما هي الخرسانة النفاذة ؟ هي مجموعة من المواد تم تصميمها لتكون منفذة للماء وعادة ما تكون الخرسانة النافذة بنسبة قليلة او معدومة من المواد الناعمة مثل الرمل وبالطبع هذا يؤدي الى خلق فرغات في الخرسانة والذي بدوره يؤدي انفاذ سريع للماء ويؤدي ايضا الى انخفاض مقاومة الضغط. والسبب الرئيسي لاستخدام الخرسانة النافذة هو الحد من جريان مياه الامطار وتراكم البرك المائية على الاسطح الانشائية ، الا ان الخرسانة تستخدم من اجل اغراض عدة ودالك بسبب كثرة مميزاتها التي تتمثل في الاتي : التقليل الى حد كبير من خطر التزحلق على الماء جراء ميـاه الأمطـار . خفـض الضـجيج النـاتج مـن التفاعـل بـين الاطـارات والرصيف.

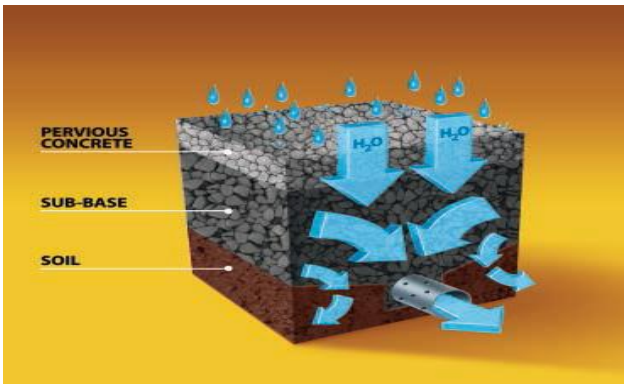
استلمت الورقة بالكامل في 30 اكتوبر 2021 وروجعت في 16 نوفمبر 2021
وقبلت للنشر في 16 نوفمبر 2021،

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 26 نوفمبر 2021.

الخرسانة النافذة تلغي الحاجة الى وجود نضام صرف لمياه الامطار تقلل من وهيج الانارة المنعكس من السيارات ليلا . الخرسانة النافذة عامل مهم في التأثير ف الجو المحيط . و للخرسانة النافذة بعض العيوب وتتمثل في الاتي: انخفاض قوة تحمل الضغط مما لا يسمح للمركبات الثقيلة المرور عليها. اللزوجة المنخفضة تؤدي الى انخفاض قابلية التشغيل. ضعف الاداء في حالة الطقس المتجمد بسبب تجمد الماء في الفرغات. متحتاج الى صيانة دورية مرة كل عام على الاقل. يمكن تنفيذ اعمال الخرسانة النافذة في اماكن معينة مثل (مواقف السيارات – الشوارع وحواف الطريق – الساحات والممرات – المناطق الترفيهية ) ، ويمكن ايضا رصف الخرسانة النافذة بجانب الاشجار و المساحات الخضراء لأنها تعد من انظمة الري المتطورة الصديقة للبيئة بطريقة رصف معينة وسمك معين حيث ان هناك نوعان من العوامل لتحديد سمك الخرسانة هما: الخواص الهيدروليكية مثل النفاذية. الخواص الانشائية مثل مقاومة الشد. وهذه بعض الاشكال التي توضح الاماكن التي ترصف فيها الخرسانة النافذة

كيف تنفّذ الخرسانة النافذة ؟

يجب رصف الخرسانة فوق طبقات عدة للاستفادة من الماء المار من خلالها وتتكون الطبقات من طبقة الخرسانة النافذة تليها طبقة الاساس المساعد وهي عبارة عن ركام ذا اقطار كبيرة بالنسبة للأقطار المستخدمة في الخرسانة، وتليها طبقة سطح الارض كما موضح في الشكل التال

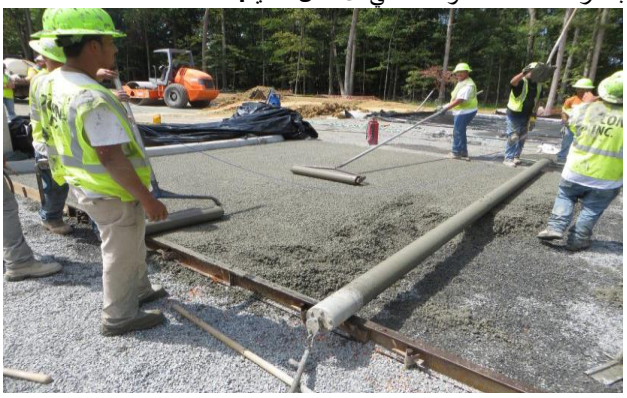



شكل (1) يوضح طبقات رصف الخرسانة النافذة

و يجب مراعاة وضع حاجز للمياه الجوفية من البلاستك أسفل جميع الطبقات للمحافظة على أداء الخرسانة كما موضح في الشكل التالي ولكي تتسرب المياه الى اماكن محددة كأحواض تخزين للاستفادة منها في ري الحدائق .

شكل (2) يوضح حاجز المياه الجوفية الموجود أسفل طبقات الرصف

وكما هو متعارف عليه أن الخرسانة المستخدمة في الرصف تدمك او تهز بينما الخرسانة النافذة غير قابلة للدمك والهز، لأنها تتسبب في غلق الفراغات المكونة لنفاذية الخرسانة، لذا تستخدم طرق رصف خاصة بالخرسانة النافذة الموضحة في الاشكال التالية.



شكل (3) يوضح رصف ودمك الخرسانة النافذة في الموقع

ولتحسين أداء خواص الخرسانة من حيث قوة تحمل الضغط والنفاذية يمكن استخدام المضافات لتحسين الخواص الأدائية والهيدروليكية للخرسانة.

لماذا كل هذا الاهتمام بالخرسانة النافذة ؟

الخرسانة النافذة هي اجابة جادة لمشكلة خطيرة والمشكلة تكمن في هبوط مستوى المياه الجوفية، وليس القلة هم من يعانون من هذه المشكلة ، بل هناك نسبة من 35 – 75% من مواقع البناء التي تغطيها الاسقف والمباني والطرق المعبدة تعاني من هذه المشكلة ، وكما ان الزحف العمراني لايزال يهيمن على المشهد ، والنتيجة هي تعرض طبقات الارض الى الجفاف والعطش، وسبب هذا الجاف هو عندما يهطل المطر على الاسطح الغير نافذة بشكل طبيعي توجه الماء الي غرف التفتيش الموجودة في الشوارع والتي بدورها تنقل المياه الى البحار والبحيرات في اغلب المدن ، ولاكن عندما يكون هذا الهطول بشكل غير طبيعي يكون مدمر وخطير بالنسبة للمتلكات والارواح، لذا اضطرت وكالة حماية البيئة (EPR) الى خلق اساليب رصف جديدة. وهذه الاساليب تتمثل في رصف الشوارع والأماكن التي تهطل فيها الامطار بغزارة بالخرسانة النافذة، وهذا الحل الذي جاءت به وكالة حماية البيئة هو تغير جذري لشكل الشوارع في المدن الحديثة التي تدعم المباني الخضراء

شكل (4) يوضح التشطيب النهائي للخرسانة النافذة

## 2.الدراسات العملية

كما متعارف عليه ان الجسم الخرساني يتكون من عدة مواد منفصلة تم خلطها بنسب معينه فنتج عن خلطها خرسانة نافذة وخواص هذه المواد هي:-

*ا. خواص الاسمنت المستخدم في الخلط*

تم استخدام اسمنت بورتلاندي عادي نوع (42.5N) في عملية الخلط حسب المواصفة الليبية ( 2009/340م) وكانت خصائصه كالاتي :

جدول (21) يوضح خواص الاسمنت المستخدم في الخلط

| | |
|---|---|
| الكثافة | 1400kg/m$^3$ |
| الوزن النوعي | 3.15 |
| القوة التصميمية | 42.5MPA |

ب. خواص الركام المستخدم في الخلط

جدول (1) يوضح خواص ركام الاودية الجافة والتي تم استخدام 4 تدرجات من ركام الاودية الجافة في عملية الخلط وتمت دراسة خواصه معمليا وكانت النتائج كالتالي :

جدول (2) يوضح خواص ركام الوديان الجافة

| قطر الركام mm () | نسبة الامتصاص (%) | الوزن النوعي م(%) | الكثافة (Kg/m$^3$) | التفلطح (%) |
|---|---|---|---|---|
| - 20 12.5 | 1.28 | 2.53 | 1651 | 23.5 |
| 12.5 10 – | 1.22 | 2.54 | 1634 | 18.4 |
| 10 5 - | 1.37 | 2.53 | 1692 | 15.3 |
| - 20 5 | 1.29 | 2.54 | 1678 | 17.17 |

*ج. خواص الماء المستخدم في الخلط*

تم استخدام ماء صالح للشرب في عملية الخلط طبقا للمواصفة ( BS_5328)

*د. طريقة الخلط*

في هذا الجزء تم تجهيز المواد المستخدمة في الخلط حسب المواصفة ( BS 5328) بعد دراسة خواصها وتم استخدام طريقة الخلط الميكانيكي باستخدام خلاط معملي حيث كانت نسبة الخلط للمواد 1:4 ونسبة الماء للإسمنت W/C%35 وكان وزن المواد بالنسبة للمتر المكعب الواحد كما موضح في الجدول التالي :

جدول (3) يوضح اوزان المواد الداخلة في تصميم الخرسانة النافذة للمتر المكب الواحد

| تدرج الركام mm | الاسمنت $Kg/m^3$ | الركام $Kg/m^3$ | الماء $L/m^3$ |
|---|---|---|---|
| 12.5 – 20 | 412 | 1651 | 144 |
| 10 – 12.5 | 408 | 1634 | 142 |
| 5 – 10 | 423 | 1692 | 148 |
| 5 – 20 | 419 | 1678 | 146 |

اختلفت هنا قليلا كمية الاسمنت بسبب وجود تناسب طردي بين المساحة السطحية للركام و الاسمنت كمادة لاصقة
وايضا كمية الاسمنت كمادة لاصقة تؤثر عليها المساحة السطحية للركام.

*ه. تجانس الخرسانة*

هو انطباع يؤخذ اثناء اختبار الهبوط وشكل الانهيار يدل على اذا ما كان يوجد انفصال لحبيبات الخرسانة الطازجة ام لا يوجد وبالتالي يتضح لنا مدى تجانس الخرسانة والاشكال التالية توضح نوع الانهيار :

*اختبار النضح*

وفي هذا الاختبار تم استخدام معدات اختبار الهبوط ولاكن تم قلب المخروط حسب المواصفة ( ACI-522R) ويتم صب الخرسانة بنفس الطريقة وكذألك الدمك والانتظار لمدة 30 ثانية لملاحظة اذا ما كان هناك ماء نضح اسفل المخروط ام لا يوجد والنضح يدل على زيادة w/c عن الحاجة

شكل (25) يوضح اختبار النضح للتدرج 12.5 – 10

شكل (6) يوضح اختبار النضح للتدرج 10 – 5

*و. صب الخرسانة*

وتم خلط اربع تدرجات من الركام في الخرسانة كل تدرج على حدى وتم صب الخرسانة في قوالب ذات اشاكل مختلفة منها على شكل قوالب ذات ابعاد 150mm*150mm*150mm ، ومنها على شكل اسطوانة ذات قطر 150mm وارتفاع 300mm ، وايضا اسطوانية بارتفاع لا يقل عن 150mmولا يزيد عن170mm وبقطر 10mm لإجراء الاختبارات التي تم ذكرها سابقا وكان شكل القوالب كالتالي :

شكل (7) يوضح القوالب التي استخدمت لاختبار مقاومة الضغط

*ز. تشطيب الخرسانة*

في تصميمنا للخرسانة النافذة اتضح لنا انها صعبة التشطيب بسبب عدم احتوائها على مواد ناعمة حيث كلما كان حجم التدرج كبير كان التشطيب سيء لذا يتم اللجوء الى استعمال بعض المضافات لتحسن التشطيب والاشكال التالية توضح مدي جودة التشطيب للتدرجات المستخدمة في هذه الدراسة بدون استخدام مضافات لتحسين التشطيب .

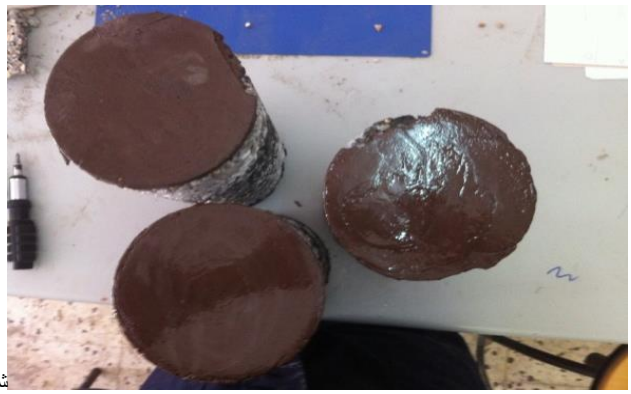
## 3. الاختبارات و النتائج

في هذ الجزء تم اجراء الاختبارات على عينات الخرسانة النافذة بعد معالجتها لمدة 28 يوم طبقا للمواصفة ( BS-1881 ) بالماء والهدف من المعالجة يتمثل في الاتي :

1. الحصول علي المقاومة المطلوبة للخرسانة بزيادة مدة المعالجة.
2. مقاومة العوامل الجوية الخارجية.
3. تحسين خواص مقاومة النفاذية للسوائل.
4. توفير رطوبة علي سطح الخرسانة لمدة اطول لتمنع الجفاف والانكماش قبل التصلب.

*ا. اختبار مقاومة الضغط*

في هذا الاختبار يتم تنظيف سطح لوح الماكنة ا وكذلك سطح تحميل العينة ، وتسوية سطحي تحميل العينة باستخدام الكبريت الموضح في الشكل (8) حسب المواصفة ( BS-1881 ) ، توضع العينة على اللوح السفلي للماكينة مع ضبط المحورية من طول ضلع العينة او قطرها عندما التماس بين لوح الماكينة العلوي والعينة يتم ضبط المرتكز الكروي لضمان توزيع منتظم للحمل على سطح تحميل العينة، يستخدم معدل التحميل البطيء لعينات الخرسانة ذات المقاومة المنخفضة بينما يستخدم معدل التحميل السريع لعينات الخرسانة ذات المقاومة المرتفعة ، وتم تحميل العينات بمعدل تحميل 10.6 حسب المواصفة ( BS-1881 ) .



شكل (8) يوضح استخدام الكبريت لتسوية سطح العينات

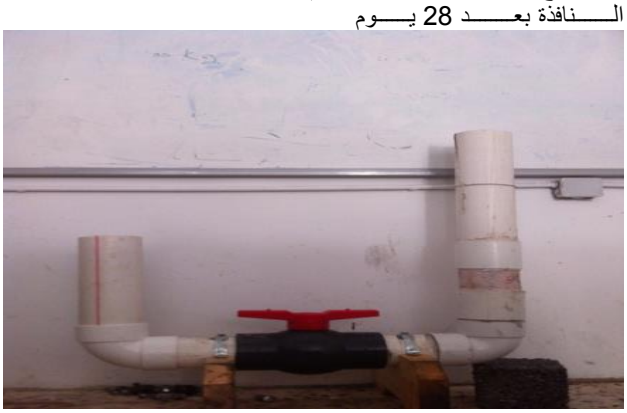
*ب. نتائج حساب الفرغات*

جدول (0) يوضح نتائج الفرغات في تدرجات الخرسانة النافذة الطازجة

| التدرج (mm) | نسبة الفرغات (%) |
|---|---|
| 12.5 – 20 | 20.17 |
| 10 – 12.5 | 17.17 |
| 5 – 10 | 18.52 |
| 5 – 20 | 11.84 |

ازدادت نسبة الفراغات في هذه العينة لان التدرج 5-10 محدود نسبيا من ناحية التدرج الحبيبي اي ان الركام مقارب لنفس الحجم اي موحد الحجم هذا يعني فراغات اكثر .

اختبار النفاذية للخرسانة النافذة باستخدام جهاز الثابت . لقياس النفاذية في الخرسانة النافذة ينصح باستخدام اختبار الضغط الثابت حسب المواصفة (ACI-522R) والشكل (9) يوضح اجزاء الجهاز المستخدم لهذا الاختبار المصنوع من انابيب PVC، ويتم اختبار عينات الخرسانة النافذة بعد 28 يوم



شكل (9) يوضح جهاز الضغط الثابت لقايس النفاذية

*ج. كيفية استخدام جهاز الضغط الثابت*

في هذا الاختبار يتم صب العيانات في قوالب اسطوانية بارتفاع لا يقل عن 150mm وتركيبها على الجهاز وسكب الماء من الفتحة الموجودة اعلى العينة مع التأكد ان الصمام مغلق وقياس ارتفاع الماء فوق سطح العينة (h1) ومن ثم فتح الصمام والانتظار حتى ينزل الماء الى ان يصل الى ارتفاع 1mm فوق مستوى سطح العينة ويعتبر( h2 ) مع حساب الوقت من لحظة فتح الصمام الى حين وصول الماء الي المستوى h2 ويتم حساب معدل النفاذية .

حيث ان :

k: معدل النفاذية

a:قطر الانبوب الموجود فوق العينة .

A:قطر العينة

L:طول العينة و t:الزمن

h1:مستوى الماء فوق سطح العينة قبل فتح الصمام

h2:مستوى الماء فوق سطح العينة بعد فتح الصمام

*د. نتائج اختبار النفاذية للخرسانة النافذة*

جدول (5) يوضح نتائج اختبار النفاذية للتدرج 20 12.5

| العينة | طول العينة mm | الزمن sec | النفاذية mm/sec |
|---|---|---|---|
| 1 | 164 | 13.56 | 35.43 |
| 2 | 157.5 | 13.4 | 34.32 |
| 3 | 163 | 14.29 | 33.42 |

وكان المتوسط لتلات عينات هذا التدرج هو 34.39mm/S

جدول (6) يوضح نتائج اختبار النفاذية للتدرج 12.5 - 10

| العينة | طول العينة mm | الزمن sec | النفاذية mm/S |
|---|---|---|---|
| 1 | 152 | 43.75 | 10.17 |
| 2 | 154.5 | 99.32 | 4.55 |
| 3 | 162.5 | 64.56 | 7.35 |

وكان المتوسط لتلات عينات هذا التدرج هو 7.35mm/S

جدول (7) يوضح نتائج اختبار النفاذية للتدرج 10 - 5

| العينة | طول العينة mm | الزمن sec | النفاذية mm/sec |
|---|---|---|---|
| 1 | 160 | 110.44 | 4.24 |
| 2 | 162.5 | 100.77 | 4.72 |
| 3 | 162 | 52.86 | 8.97 |

وكان المتوسط لتلات عينات هذا التدرج هو 5.97mm/S

جدول (08) يوضح نتائج النفاذية اختبار للتدرج 20 - 5

| العينة | طول العينة mm | الزمن sec | النفاذية mm/S |
|---|---|---|---|
| 1 | 166.5 | 39.36 | 12.39 |
| 2 | 165 | 39.52 | 12.23 |
| 3 | 165 | 44.85 | 10.77 |

وكان المتوسط لتلات عينات هذا التدرج هو 11.79mm/S

*ه. مناقشة النتائج*

بعد اجراء جميع الاختبارات على عينات الخرسانة النافذة سيتم في هذا الباب مناقشة النتائج ومقارنتها لاستنتاج افضل النتائج بين التدرجات التي تم العمل عليها وسيتم توضحها لوغاريتميا

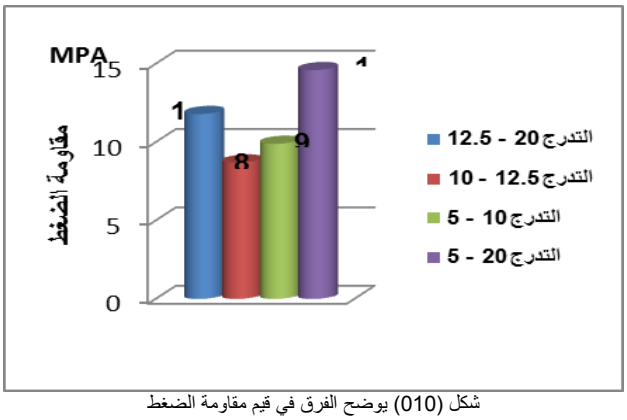
*و. مقارنة نتائج اختبار الهبوط*

كانت اعلى قيمة هبوط للتدرج( 20 – 2.5 ) وكانت = 250mm ، تليها قيمة هبوط التدرج 12.5 – 10 وكانت = 200mm ، تليها قيمة هبوط التدرج( 10 – 5 )وكانت = 180mm، واقل قيمة هبوط كانت للتدرج( 20 - 5 ) = 130mm

*ز. مقارنة نتائج اختبار مقاومة الضغط*

كانت اعلى قيمة لمقاومة الضغط للتدرج ( 20 – 5 ) وكانت =Mpa 14.6، يليه التدرج( 20 – 12.5 ) وكانت مقاومة الضغط =

11.8Mpa ، ثم يأتي التدرج بمقاومة ضغط= 9.9Mpa ، واقل قيمة لمقاومة الضغط كانت لصالح التدرج ( 12.5 – 10)وكانت = 8.7 Mpa والشكل التالي يوضح الفرق في قيم مقاومة الضغط



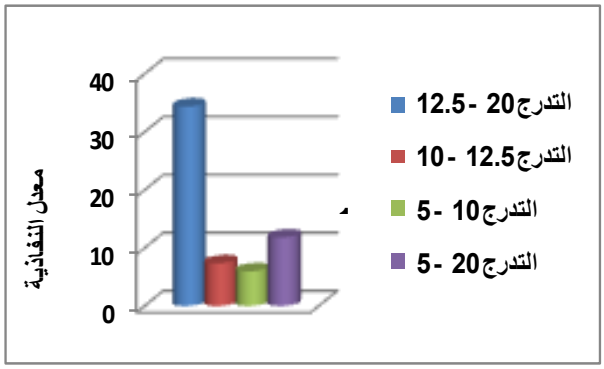

شكل (010) يوضح الفرق في قيم مقاومة الضغط

مقارنة نتائج اختبار الكثافة للخرسانة النافذة بعد التصلد تحصلنا على اعلى كثافة بعد تصلد الخرسانة النافذة للتدرج( 12.5 – 10 )وكانت =2197kg/m³ ، والتدرج( 20 – 12.5 ) سجل اقل كثافة وكانت = 1963kg/m³ والشكل التالي يوضح الفرق في قيم الكثافة :

شكل (11) يوضح الفرق في قيم كثافة الخرسانة المتصلدة

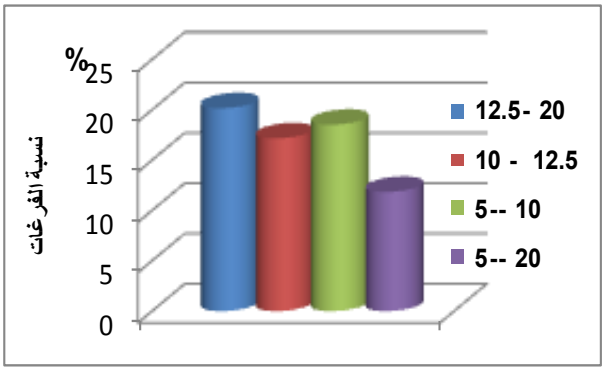
*ح. مقارنة نتائج اختبار النفاذية للخرسانة النافذة*

تم تسجيل اعلى معدل نفاذية للخرسانة النافذة عند التدرج( 20 – 12.5 ) وكانت = 34.39mm/S ، يليه التدرج( 20 – 5 ) وكان معامل النفاذية = 11.79mm/s ، ثم يأتي التدرج ( 12.5 - 10 ) بعامل نفاذية = 7.35mm/s ، واقل معامل للنفاذية عند التدرج( 10 – 5 ) وكان =5.97mm/S والشكل التالي يوضح الفرق في قيم معامل النفاذية :




شكل (12) يوضح الفرق ما بين معدلات النفاذية

مقارنة نتائج حجم الفرغات في عيانتا الخرسانة النافذة في حساب حجم الفراغات اتضح لنا ان اعلى نسبة فرغات كانت للتدرج( 20 – 12.5 )حيث كانت = 20.17 يليه التدرج ( 10 – 5 ) بنسبة فراغات= 18.52 ، يليه التدرج( 12.5– 10 ) بنسبة فرغات = 17.17 ، اما بالنسبة للتدرج( 20 – 5 ) سجل اقل نسبة فراغات وكانت = 11.84 والشكل التالي يوضح الفرق في نسب الفرغات ما بين اربع تدرجات :




شكل (13) يوضح الفرق ما بين نسب الفرغات

## 4. الاستنتاجات

نستنتج من هذه الدراسة النقاط التالية :

1. تستخدم الخرسانة النافذة اعتمادا على خصائصها ، ومن نتائج مقاومة الضغط ومعدل النفاذية في هذه الدراسة استنتجنا الاتي :

ا . بالنسبة لمقاومة الضغط فان التدرج ( 20 – 5 ) اعطى افضل مقاومة ضغط مما يسمح لنا باستخدامه في مواقف السيارات لأنها تحتاج الى مقاومة ضغط عالية بعض الشيء ، بينما التدرج ( 10 – 12.5 ) اعطى اقل مقاومة ضغط وهذا ينصح باستخدامه في المماشي الموجودة في ساحات الحدائق العامة

ب . بالنسبة لمعامل النفاذية فأن التدرج ( 20 – 12.5 ) سجل اعلى نفاذية وهو صالح لمجابهة العواصف والاعاصير ولاكن كان سيئ في التشطيب وضعيف المقاومة ، اما بالنسبة للتدرج ( 20 - 5 ) سجل معدل نفاذية جيد واعلى مقاومة ضغط فبدالك ينصح به للمماشي ومواقف السيارات ، وايضا بالنسبة للاماكن التي يكون هطول الامطار فيها طبيعي حسب وكالة الاحوال الجوية في المنطقة .

2. لوحظ ان تجانس الخرسانة الطازجة للتدرجات (20 – 12.5 ) و (12.5 – 10) و (10 – 5) كان تجانس ضعيف بسبب الانهيار الكامل اما بالنسبة لتجانس التدرج ( 20 الموضح – 5 ) كان جيد بسبب الانهيار الجزئي

3. لوحظ ان ركام الوديان الجافة يستهلك كمية اسمنت كبيرة بالمقارنة بي الركام الزاوي ، وايضا كان ركام الانهر الجافة اقل قوة من ناحية مقاومة الضغط من الركام الزاوي وفقا لدراسات سابقة .

4. أن حجم الركام الكبير و الموحد يخفض من مقاومة الضغط للخرسانة النافذة، والخلط بين حجم كبير وحجم صغير بنسب معينة من الركام يعطي قوة أكبر للخرسانة النافذة من ناحية مقاومة الضغط، بما ان الركام الصغير يملأ الفراغات التي يحدثها الركام الكبير فبذلك نحصل على مقاومة ضغط اكبر.

5. ان نسبة الزيادة في قابلية التشغيل كانت جيدة عند استخدام التدرج 20 – 12.5 ، اما عند استخدام التدرج 20 – 5 اعطى اقل قيمة هبوط وهي ضعيفة بعض الشيء بالنسبة لباقي التدرجات .

6. كلما كان التدرج موحد في الحجم كانت نسبة الفرغات اكبر والعكس صحيح .

7. لوحظ ان نسبة الفرغات لها تأثير عكسي مع مقاومة الضغط اي كلما زاد حجم الفرغات قلت مقاومة الضغط .

8. ان ركام الانهر الجافة له تأثير جيد على معامل النفاذية في الخرسانة النافذة حيث اعطى الحجم 20 – 12.5 نفاذية عالية والحجم 10 – 5 سجل اقل معدل نفاذية ، مما يدل على ان كلما كان حجم الركام كبير زادت النفاذية وكلما قل حجم الركام قلت النفاذية .

## المراجع


1. المعهد الامريكي لتقنية الخرسانة (ACI 522.1-08)
2. المواصفة البريطانية لاختبارات الخرسانة الطازجة والصلدة { BS-1881}.
3. المواصفة البريطانية لتصميم الخلطة الخرسانية {BS-5328}
4. Malhotra, V.M., No-Fines Concrete – Its Properties and Applications, ACI Journal, November 1976, Vol. 73, Issue 11, pp. 628-644.
5. Dr. Urmil Dave' Evaluation Of Strength, Permeability And Void Ratio Of Pervious Concrete With Changing W/C Ratio And Aggregate Size ، institute of Technology, Nirma University,
Ahmedabad 382481, Gujarat, India July-August 2016
6. Mark J. Suozzo ، Properties Of Pervious Concrete Incorporating Recycled Concrete Aggregate ، Graduate Research Assistant School Of Engineering The University Of Vermont 116 Votey Hall, 33 Colchester Ave Burlington, VT 05405, U.S.A. ، July 2012
7. Anderson, Suozzo, Dewoolkar ، Laboratory and Field Evaluations of Pervious Concrete A Report from the University of Vermont Transportation Research Center October 2013 .
8. Berryman, J.G., "Measurement of spatial correlation functions using image processing techniques," Journal of Applied Physics 57, 2374-2384 (1985).