The Correlation between the Gas Permeability of Concrete and its Compressive Strength

Dr. Ali Kheirbek [*]
Dr. Samah Makkia**
Isam Abouderah***

(Received 14 / 2 / 2023. Accepted 8 / 6 / 2023)

□ ABSTRACT □

Sustainability has become one of the main directions for to build buildings with a longer life in order to conserve resources and save effort and money, But there is a common belief that producing high quality and durable concrete is only related to its compressive strength, this criterion is certainly not the only indicator of quality and is not sufficient to guarantee long-term durability.

Our completed research focused on studying the concrete air permeability and relation with compressive strength.

The results of the permeability test (on circular discs with a height of 5 cm cut from cylindrical samples (30 * 15) cm by Cembureau device according to ASTM C 597 showed a clear decrease in values of the permeability coefficient when using concrete with high strengths compared to samples taken from normal strength concrete.

The test results for concrete with a compressive strength (20 MPa) gave a permeability coefficient of (744 m2), And the permeability of C30 strength class concrete was about 1.3 times higher compare to C20 strength class concrete , while the permeability of C40 strength class concrete was about 2.7 times higher compare to C20 strength class concrete.

Keywords: Sustainability, Permeability, Cembureau method, Compressive Strength.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **Professor, Department of construction Engineering and Management, Department of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-Mail: alikheirbek@tishreen.edu.sy.**
****Associate Professor, Department of construction Engineering and Management, Department of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-Mail: S.makkieh@tishreenedusy**
[***] **Master Student, Department of construction Engineering and Management, Department of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-Mail: isam.abouderah@tishreen.edu.sy.**

العلاقة بين نفاذية البيتون للهواء ومقاومته على الضغط البسيط

د. علي خيربك*

د. سماح مكيّة**

عصام أبودرعه***

(تاريخ الإيداع 14 / 2 / 2023. قُبِل للنشر في 8/ 6 / 2023)

ملخّص

أصبحت الديمومة من التوجهات الأساسية لبناء منشآت ذات عمر افتراضي أكبر حفاظاً على الموارد وتوفيراً للجهد والمال؛ لكن هناك اعتقاد شائع بأن إنتاج بيتون ذو نوعية عالية وديمومة كبيرة يتعلق فقط بمقاومته على الضغط البسيط والذي لا يعتبر المؤشر الوحيد للجودة ولا يشكل ضماناً كافياً في العمر البعيد للبيتون.

تم في هذا البحث إجراء دراسة تجريبيّة لإيجاد العلاقة بين نفاذية البيتون للهواء ومقاومة البيتون للضغط البسيط، حيث بينت نتائج قياس نفاذية البيتون بالهواء بجهاز سامبيرو والتي تم إجراؤها على أقراص دائرية ارتفاعها 5 سم مقطوعة من عينات أسطوانية (15*30) تحسن واضح في قيم النفاذية كلما ارتفعت مقاومة البيتون على الضغط البسيط.

أعطت نتائج الاختبار لبيتون بمقاومة 20 MPa معامل نفاذية 744 (m^2)، كما أظهر معامل النفاذية ازدياد الكتامة عند استخدام بيتون بمقاومة بحدود 30 MPa بمقدار 1.3 مرّة، أما عند اختبار بيتون بمقاومة بحدود 42MPa فزادت كتامته بمقادر 2.70 مرّة.

الكلمات المفتاحية: الديمومة، النفاذية، جهاز سامبيرو، مقاومة البيتون للضغط.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية – البريد الإلكتروني alikheirbek@tishreen.edu.sy

**أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية – البريد الإلكتروني S.makkieh@tishreenedusy

*** طالب ماجستير – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية – البريد الإلكتروني isam.abouderah@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يعتبر عمر البيتون عامل مهم جداً وذلك من أجل الحفاظ على البيئة نظراً لما تطلقه هذه الصناعة من مواد ضارة وملوثة وغازات دفيئة، فكلما طال عمر البيتون قلت الحاجة إلى هذه الصناعة وقل أيضاً استنزاف موارد الطبيعية.
يرتبط عمر البيتون (ارتباط عكسي) بمقدار تخربه ،وبالنظر إلى أن دخول المواد المخربة – من مياه وما تحمله من مواد وأملاح وغازات وغيرها– إلى بنية البيتون يدمرها ويؤدي إلى تدهورها مع مرور الزمن وهو ما يقوَض مبدأ الاستدامة[1]؛ كما أن آلية دخول الرطوبة إلى البيتون تعتبر معقدة جداً حيث تتوقف على نوعية وعيار الإسمنت ونسبة الماء إلى الإسمنت والتدرج الحبي للحصويات ودرجة التكثيف و المعالجة [2]؛ لذلك من الواجب اعتماد مؤشرات واختبارات ديمومة أخرى أثناء إنتاج البيتون تكون محط النظر منها اختبار النفاذية بالهواء وذلك لتحديد نفاذية البيتون بشكل عام والبيتون عالي الأداء بشكل خاص وذلك لعدة اعتبارات منها:

- يستخدم البيتون عالي الأداء عموما في المنشآت النوعية وباهظة الكلفة كالمرافئ والمطارات والجسور... التي تصمم بعمر افتراضي كبير، فكلما كان البيتون كتيما كلما ازداد عمره وبالتالي عمر المنشأ.
- اختبارات الديمومة من تشرب وامتصاص والنفاذية بالماء لا يعطي نتائج ذات دقة عالية في البيتون عالي الأداء كون القيم بين العينات المختلفة تكون متقاربة بسبب كتامته المرتفعة نسبياً وعدم مقدرة الماء لاختراق العينة بشكل ملحوظ، لذلك ظهرت الحاجة لاختبار النفاذية بالهواء كون جزيئات الهواء (أو الغاز المستخدم) أصغر من جزيئات الماء فبالتالي قدرتها على اختراق بنية البيتون أكبر مما يعطينا مؤشرات ذات دلالة أوضح [3].
- للكتامة بشكل عام أهمية كبيرة في المنشآت المعرضة للمياه بشكل دائم أو التي تشكل حاجزاً للمياه كالخزانات والسدود... وهي منشآت ذات عمر افتراضي كبير ومعرضة أكثر للعوامل المخربة لأجل هذا يجب أن تحقق شروط كتامة عالية يجب اختبارها بشكل مباشر عن طريق اختبار النفاذية بالهواء [4].
- لتسهيل وتسريع العمل وتقليل عدد العينات، لكون اختبار النفاذية بالهواء لا يتلف العينات ويمكننا من إجراء الاختبار على العينة عدة مرات على العكس من اختبار النفاذية بالماء الذي يخرب بنية البيتون المسامية ولا يعطينا قراءة صحيحة في حال تكرر الاختبار على نفس العينة على اعتبار أن الخطأ وارد الحدوث لخصوصية التجربة وبالتالي الحاجة لعدد أكبر من العينات يصبح ضرورة [3] [4].

انطلاقا من هذه الاعتبارات قمنا بدراسة نفاذية البيتون للهواء لمعرفة تأثير مقاومة البيتون على نفاذيته و بالتالي تأثيرها على ديمومة البيتون.

أهمية البحث وأهدافه:

- **أهمية البحث:**

تكمن أهمية البحث بتوجيه الرأي العام الهندسي لاعتماد معايير أخرى لتقييم البيتون وعدم الاكتفاء بمقاومة الكسر كمعيار للجودة وخصوصاً في إعادة أعمار البنى التحتية التي تعتبر مكلفة من ناحية وصيانتها أو استبدالها صعب من الناحية الأخرى لذلك يجب العمل على تحسين خواص البيتون من أجل زيادة عمره الافتراضي وبالتالي ديمومته، فنضمن بناء منشآت ذات ديمومته عالية وفترة استثمار طويلة نؤسس بها للجيل القادم عوضاً عما دمرته الحرب وخربه الإرهاب.

- **أهداف البحث:**

1. دراسة تأثير مقاومة البيتون للضغط البسيط على نفاذيته للهواء أي على مقاومته للعوامل المخربة.

2. إظهار الفائدة من اعتماد معايير أخرى لتقييم البيتون وعدم الاكتفاء بمقاومة الكسر كمعيار لجودته.

طرائق البحث ومواده:

تم اعتماد المنهجية التجريبية وذلك من خلال:

- صب العينات وإجراء الاختبارات اللازمة.
- دراسة نفاذية البيتون للهواء للعينات المختبرة.
- ربط النتائج مع بعضها وعرضها وإعطاء التوصيات اللازمة.

المواد المستخدمة:

1. حصويات طبيعية (بحص طبيعي، رمل خشن، رمل ناعم)
2. إسمنت من معمل طرطوس
3. الإضافات المستخدمة هي:
4. ملدن عالي الأداء

تم تصميم الخلطات البيتونية اعتماداً على الطريقة الفرنسيّة (Dreux-Gorisse).

1. حدود البحث:

يقتصر البحث على إجراء اختبارات المقاومة على الضغط البسيط واختبار النفاذية بواسطة جهاز سامبيرو وذلك لثلاث رتب من مقاومة البيتون على الضغط.

2. اختبار النفاذية بالهواء والأدوات المستخدمة وطريقة الإجراء :

2-1- المبدأ الذي يقوم عليه اختبار النفاذية:

قياس معدل تدفق الغاز من خلال عينات أسطوانية (قطر 15سم، ارتفاع 5سم) حيث توضع العينات في خلية ضغط ويمرر الغاز تحت ضغط محدد من أحد أوجه الأسطوانة ويقاس زمن مرور كمية محددة من الغاز عبر العينة الى الطرف الأخر منها[3] [4].

المبدأ الفيزيائي: العلاقة الأساسية التي يقوم عليها جهاز النفاذية هي علاقة هايجن- بويزويل (Hagen-Poiseuille) للتدفق الصفحي لسائل قابل للانضغاط عبر جسم مسامي يحوي شعيرات دقيقة [4].

تم تشكيل العلاقة لحساب معامل النفاذية(k): $k = \frac{2QP_0L\eta}{A(P^2-P_a^2)}$ (m²) [4] [6].

Q : تدفق حجم من السائل خلال واحدة الزمن (m³/s)

A : مساحة المقطع العرضي للعينة (مساحة قاعدة القرص) (m²)

L : سماكة العينة التي يجتازها السائل (ارتفاع العينة) (m)

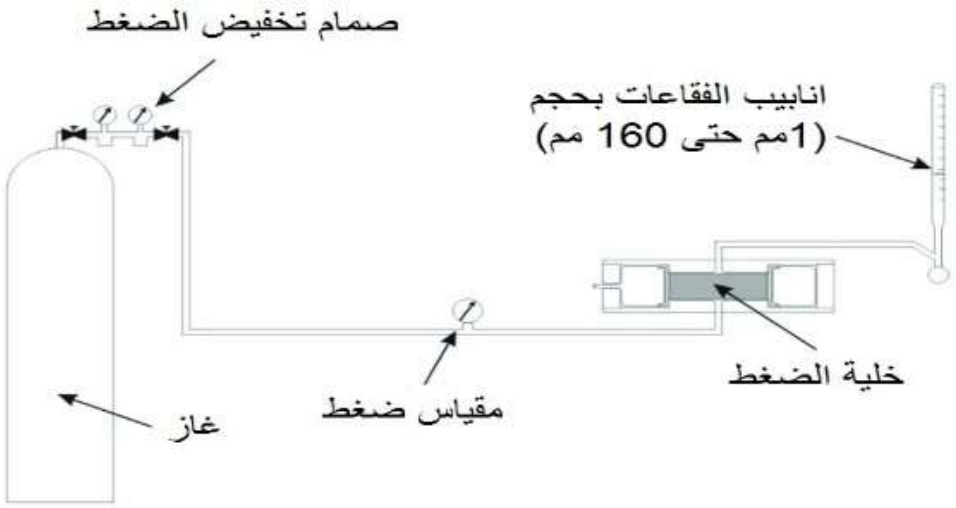
η : اللزوجة الديناميكية للسائل عند درجة الحرارة (Nsm^{-2})

P : ضغط الدخل بالقيمة المطلقة (Nm^{-2})

P_a : ضغط الخرج بالقيمة المطلقة ويساوي هنا الضغط الجوي (Nm^{-2})

P_0 : الضغط الذي تم فيه إجراء التجربة ويساوي هنا الضغط الجوي (Nm^{-2})

2-2- أقسام الجهاز :

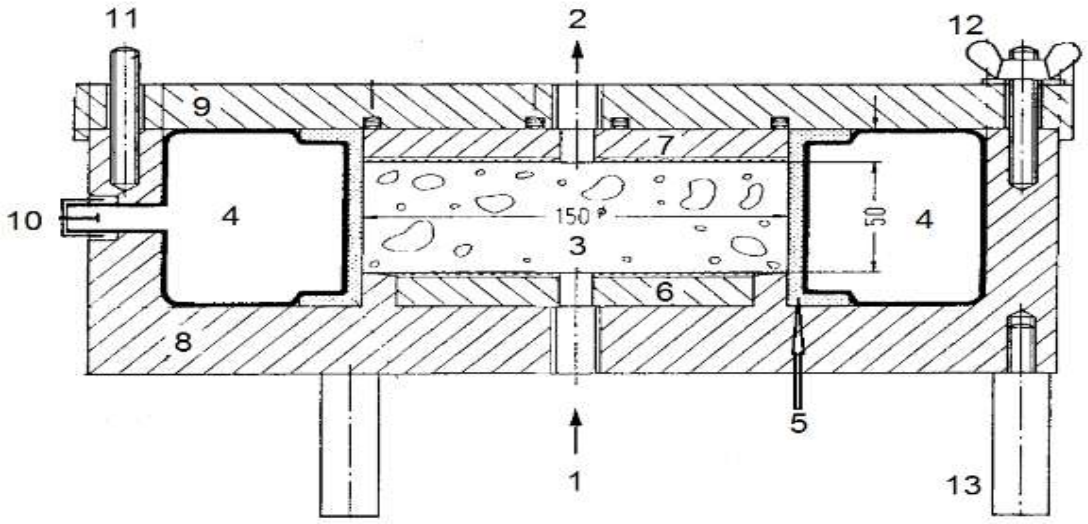


شكل (1):أقسام جهاز سامبيرو [3].

يتكون الجهاز بشكل عام كما هو موضح في الشكل (1) من: أسطوانة غاز مضغوط أو ضاغط هواء موصول مع خلية ضغط عبر أنابيب تحوي صمامات تخفيض ضغط ومقياس للضغط والتي بدورها موصولة مع أنابيب بأحجام محددة يتم من خلالها قياس تدفق الهواء بطريقة بسيطة لكن دقيقة جدا حيث تقاس كمية الهواء من خلال ارتفاع فقاعة من خلال هذه الأنابيب.

2-2-1- خلية الضغط:

الخلية مصممة لوضع عينة (قرص بقطر 30سم وسماكة 5 سم) بحيث تمنع مرور الغاز إلا من خلال العينة، حيث أنها تطبق على جوانب القرص بشكل محكم من خلال الضغط الذي يولده الإطار على الجزء المطاطي المحيط بالقرص؛ يتم دخول الهواء من أحد جهتي القرص (بضغط معلوم) ويخرج من الجهة المقابلة (بتدفق يتم قياسه بواسطة أنابيب الفقاعات)



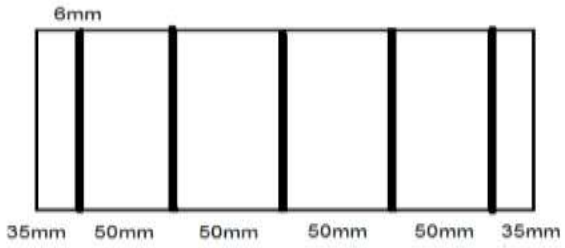
شكل (2): خلية الضغط في جهاز سامبيرو [3].

2-2-2- أقسام خلية الضغط كما هو موضح في الشكل (2):

1-مدخل الغاز 2-مخرج الغاز 3-العينة (5، 150) 4-إطار الضغط 5-مطاط لإحكام ضغط الإطار على العينة 6-قاعدة معدنية مع مسارات لمرور الهواء 7-غطاء معدني مع مسارات لمرور الهواء 8- جسم خلية الضغط 9-غطاء خلية الضغط 10- بلف لنفخ إطار الضغط 11-براغي مثبتة بجسم الخلية 12-صواميل لتثبيت غطاء الخلية 13- قواعد خلية الضغط.

2-3- صب العينات وقصها:

بعد صب الأسطوانات وغمرها بالماء لمدة 28 يوم يتم قصها إلى أقراص بسماكة 5 سم أثناء النشر في حال كان سماكة قرص القص 6 مم نتخلص من 3.5مم من بداية الأسطوانة ونقص أقراص بسماكة 5سم بحيث يتبقى في النهاية قرص بسماكة 3.5 سم كما هو موضح بالشكل (3):



شكل (3): شكل توضيحي لطريقة قص الأقراص من العينات الأسطوانية

في حال اختلاف سماكة قرص القص نقوم بالحساب بحيث نتخلص من أقراص بارتفاعات متساوية من أول الأسطوانة وأخرها ويتبقى لدينا 4 أقراص على الأقل، كما يمكن قص أقراص مأخوذة من جزرات.

2-4- تجهيز العينات للاختبار:

وضع العينات في الفرن بدرجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة 7 أيام، ثم وضعها ل 3 أيام بحرارة 20 درجة مئوية [3]؛ من المهم أن تخضع جميع العينات المراد اختبارها لنفس ظروف المعالجة (التجهيز قبل الاختبار) وذلك لتكون العينات بنفس الأداء نسبياً حيث أن العينات الأكثر رطوبة تكون أقل نفاذية للهواء مما يؤثر على النتائج بشكل كبير [6].

2-5- خطوات إجراء الاختبار [5]:

1-قياس أبعاد العينة من مكانين متعامدين وحساب الوسطي وذلك للقطر والسماكة.

2-وضع العينات في خلية الضغط (موضح في الشكل 4).

3- نفخ إطار خلية الضغط بمقدار 7 بار على الأقل [5,4].

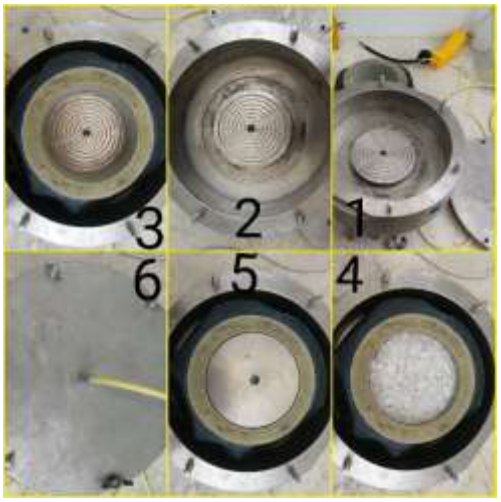
4-فتح صمام الغاز بالضغط المراد إجراء القياس فيه ويجب الانتظار حتى انتظام الضغط قد تأخذ هذه المعايرة مدة تصل ل 10 دقائق حتى استقرار الضغط.

5-بعد معايرة الضغط يجب الانتظار مدة من 5 إلى 30 دقيقة قبل القيام بأجراء أي قياس وذلك من أجل انتظام واستقرار تدفق السائل داخل مسام وفراغات العينة.

6-أجراء عدة قياسات بواسطة أنابيب الفقاعات وذلك حتى انتظام القراءة، يجب أن يكون فرق قراءتين اقل من 3% المدة بينهما من 5الى 15 دقيقة، تسجيل القراءات وحساب الوسطي ثم حساب معامل النفاذية.

7- تكرار المراحل 4، 6 عند تغيير قيمة الضغط.

8-حساب وسطي معامل النفاذية لعينة واحدة مع قيم الضغط المختلفة، ثم حساب وسطي العينات المختبرة لنفس نوع البيتون.



شكل (4): طريقة وضع العينة داخل خلية الضغط

شكل (5): جهاز سامبيرو

3. الخلطة البيتونية:

3-1- مواصفات المواد الداخلة في خلطات البيتون [8,7]:

أما المواد المستخدمة لإنجاز البحث التجريبي فكانت:

- **<u>بحص طبيعي خشن (حسياء)</u>**: LA =19,18% (معامل الاهتراء وفق لوس أنجلوس).
- **<u>بحص طبيعي متوسط (حسياء)</u>**: LA =19,18% (معامل الاهتراء وفق لوس أنجلوس).
- **<u>رمل خشن من مصادر محليّة</u>**: Dmax = 5mm، معامل نعومته 3,6، ومكافئه الرملي 99 %، ووزن حجمي صلب ρ_s=2.56 g/cm^3.
- **<u>رمل ناعم من مصادر محليّة</u>**: Dmax = 1mm، معامل نعومته 1,29، ومكافئه الرملي 79,1%، ووزن حجمي صلب ρ_s=2.75 g/cm^3.
- **<u>إسمنت بورتلاندي عادي أسود تصنيفI</u>**: إنتاج معمل إسمنت طرطوس بصنف 32,5.
- **<u>ماء للجبل</u>**: قابل للاستعمال ويحقق الشروط المطلوبة.

3-2- تصميم خلطات البيتون.

- تم اعتماد الطريقة الفرنسيّة (Dreux-Gorisse) في تصميم الهيكل الحصوي لخلطات البيتون.
- استخدمنا نوعين من الرمل لإنجاز الدراسة التجريبية (رمل ناعم، رمل خشن)، قمنا بإيجاد نسب المزج المثلى بحيث تحقّق معامل نعومة لمزيج الرمل بحدود 2.66.
- وقد كانت نسب المزج وفق ما يلي: 60% رمل خشن، رمل ناعم 40%.
- تم استخدام بحص حسية بقياسين خشن ومتوسط الخشونة.

يبيّن الجدول (1) التصميم النهائيّ للهيكل الحصويّ لعيّنات البيتون اعتماداً على (Dreux-Gorisse):

<u>الجدول (1)</u>: تصميم الخلطة الحصويّة لعيّنات البيتون.

الخلطة	نسبة البحص الخشن %	نسبة البحص المتوسط %	نسبة الرمل الناعم %	نسبة الرمل الخشن %
	35	25	16	**24**

يبين الجدول (2) الأوزان اللازمة بالـ kg لصناعة1m3 من البيتون اعتماداً على نسب المزج التصميميّة (الطريقة الفرنسيّة):

الجدول (2): أوزان المكونات اللازمة لصناعة 1m3 من البيتون اعتماداً على Dreux–Gorisse

رمز الخلطة	بحص خشن (kg/m^3)	بحص متوسط (kg/m^3)	رمل قيرواني (kg/m^3)	رمل خشن (kg/m^3)	إسمنت (kg/m^3)	ملدن SP100 (kg/m^3)	W/C
C-350-SP	700	481	308	430	350	4.2	0.45
C-350	700	481	308	430	350	0	0.52
C-250	700	481	308	430	250	0	0.52

النتائج والمناقشة:

أنجز اختبار المقاومة على الضغط البسيط بعمر 28day على عيّنات أسطوانية (d:15 * h:30)cm، كما أنجز اختبار النفاذية للهواء بعمر day56 على عينات أسطوانية (أقراص) cm (d:15 * h:5)، علماً أنه في اختبار النفاذية تم إجراء 3 قياسات لكل عينة و3 عينات لكل تركيب والقيمة الموجودة في المخططات هي المتوسط لكل تركيب، وفي اختبار المقاومة على الضغط البسيط تم إجراء 3اختبارات لكل تركيب.

نتائج اختبار العينات على الضغط البسيط:

- لقد حقّقت خلطات البيتون (C–350–SP) قيم مقاوماتٍ مكعبيّة على الضغط البسيط بعمر 28day بمتوسط (420)kg/cm2 .
- أما البيتون (C–350) أعطى قيم مقاوماتٍ مكعبيّة على الضغط البسيط بعمر 28day بمتوسط (300)kg/cm2 .
- والبيتون (C–250) أعطى قيم مقاوماتٍ مكعبيّة على الضغط البسيط بعمر 28day بمتوسط (200)kg/cm2 .

شكل (6): نتيجة اختبار عينة على الضغط البسيط

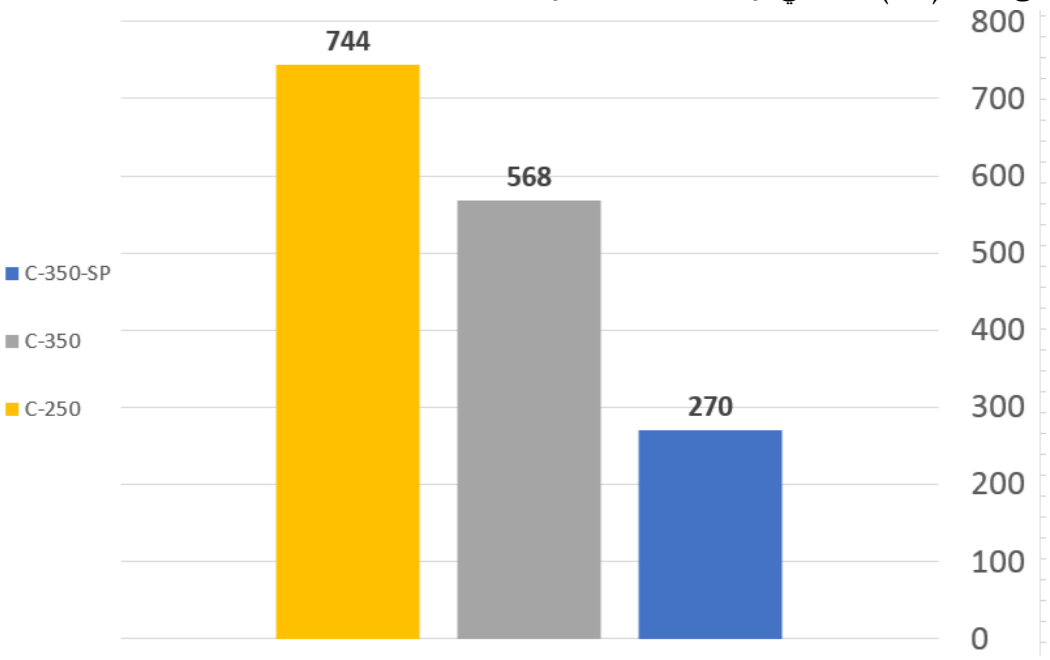
نتائج دراسة تأثير المقاومة على نفاذية البيتون للهواء:

ملاحظة يتم الدلالة على النفاذية بمعامل k يسمى بمعامل النفاذية واحدته المتر المربع (m^2) ويضرب المعامل ب (10^{-18}) لسهولة الدلالة والمقارنة بين الأعداد حيث أن جميع الأرقام الواردة أدناه لمعامل النفاذية مضروبة بهذا الرقم.

خفض المحتوى الأعلى من الإسمنت النفاذية للهواء وبالتالي تحسن البيتون ليس فقط من خلال المقاومة بل أيضا من خلال ديمومته.

حيث نلاحظ اختلاف كبير بالنفاذية بين البيتون بمقاومة 300(kg/cm2) وبيتون بمقاومة 200(kg/cm2) حيث أعطى معامل نفاذية بالترتيب 568 الى 744 (m^2) وهو مؤشر لازدياد الكتامة 1.3 مرة (طريقة حساب وفقاً للمرجع [6]).

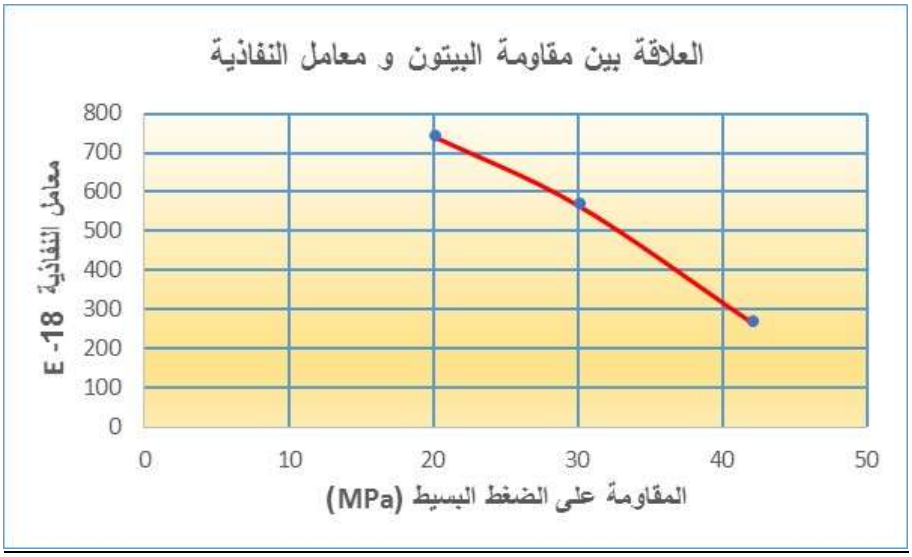
أما بالمقارنة بين بيتون بمقاومة 400(kg/cm2) وبيتون بمقاومة 200(kg/cm2) أصبح معامل النفاذية بالترتيب 270 الى 744 (m^2) مما يعني ازدياد الكتامة 2.7 مرة



الشكل (7): مخطط يوضح قيم معامل النفاذية لكل نوع من البيتون.

العلاقة بين نفاذية البيتون ومقاومته على الضغط البسيط:

تعتبر العلاقة بين نفاذية البيتون للهواء ومقاومته على الضغط البسيط علاقة عكسية فكلما زادت مقاومة البيتون قلت نفاذيته وهذا واضح في المخطط الشكل (8).



الشكل (8): العلاقة بين نفاذية البيتون للهواء ومقاومته على الضغط البسيط.

يوضح المخطط أعلاه شكل (8) العلاقة بين نفاذية البيتون للهواء ومقاومته على الضغط البسيط وذلك في البيتون التقليدي بدون إضافات تزيد من الكتامة.

تم استنتاج معادلة خطية تسمح بحساب معامل نفاذية البيتون بالهواء من خلال تحديد قيمة المقاومة المكعبية على الضغط البسيط لهذا البيتون وتعطى بالعلاقة التجريبية التالية:

$$K*10^{18} = -21.654*Rc28 + 1191.4$$

حيث:

- K: قيمة معامل النفاذية مقدرة بالـ m^2
- Rc28: مقاومة البيتون المختبر مقدرة بالـ MPa

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

بعد استخلاص النتائج، يمكن تسجيل الاستنتاجات التالية:

- تتناقص نفاذية البيتون كلما ازدادت مقاومته على الضغط البسيط، إذ بينت نتائج الدراسة أنه وعند مضاعفة المقاومة تنخفض قيمة النفاذية بشكل واضح بأكثر من مرتين ونصف من القيمة الأصلية.
- تم استنتاج معادلة رياضيّة تجريبيّة تعطي قيمة تقريبية للنفاذيّة بدلالة مقاومة البيتون على الضغط البسيط.
- خلافاً لقياس نفاذيّة البيتون بالماء، يتيح قياس نفاذيّة البيتون بالهواء استنتاج قيم معامل النفاذيّة مهما كبرت مقاومته على الضغط البسيط كحالة البيتون عالي الأداء والبيتون فائق الأداء حيث يتعذر قياس معامل النفاذّية بالماء.

التوصيات:

- ركز البحث بشكل رئيسي على المقارنة بين قيم مختلفة لمقاومة البيتون على الضغط البسيط وتأثيرها على النفاذية للهواء، كانت النتائج مشجعة بشكل كبير لإجراء مزيد من الأبحاث على علاقة نفاذية البيتون بمقاومته للضغط البسيط وتأثر هذه العلاقة بالإضافات المكتمة للبيتون والإضافات الملدنة، وذلك لمعرفة تأثير استخدام هذه الإضافات مع البيتون.

- بينت النتائج التأثير الكبير لزيادة مقاومة البيتون على نفاذيته مما يستدعي التفكير و التوصية بإنتاج بيتون بمقاومات عالية في المنشآت المعرضة للمواد المخربة حفاظاً على ديمومتها حتى ولو لم تكن المقاومة العالية مطلوبة من الناحية الإنشائية.

References:

1. Sidreis, K.K. Chatzopoulos, A. Tassos, CH. Manita, P. "Durability of Concretes Prepared with Crystalline Admixtures". MATEC Web of Conferences, Greece. Vol. 289, 2009.

2. Dongdong, Z. Kefei, L. "Concrete gas permeability from different methods: Correlation analysis". Cement and Concrete Composites Journal Vol.104, 2019, pp. 55-58.

3. Andrade, C. Ribeiro, A.B. Buenfeld, N.R. Carcasses, M. Carion, N.J. "Permeability of Concrete as a Criterion of its Durability". Materials and Structures Vol.32, 1999, 174-179.

4. Prajapati, H.T. Arora, N.K. "A Study on Oxygen Permeability of Concrete Containing Different Water Proofing Admixture and Cementations Materials". International Journal of Advanced Engineering Research and Studies. Vol.1, 2011, 55-58.

5. Kollek, J.J. "The determination of the permeability of concrete to oxygen by the Cembureau method - a recommendation" Materials and Structures, Vol.22,1989,225-230.

6. Romer, M. "Effect of Moisture and Concrete Composition on the Torrent Permeability Measurement". Materials and Structures Vol.3, 2005, pp. 541-547.

7. Hambalous, M. (2003). The Study of Economic and Technical Indicators for Producing Concrete in Lattakia City. Master Thesis. Faculty of Civil Engineering. Tishreen University.Syria.

8. (SASMO 332/2007) The Syrian Arab Organization For Standardization & Metrologe. Damascus Syria.