استخدام البيتون المسامي في الصرف الزراعي

د. م. وسام نخلة*

الملخص

إن كلفة مشاريع الصرف الزراعي، ولاسيّما الصرف المغطى تؤدي الدور الحاسم في سياسة تخطيط شبكات الصرف وتنفيذها. إذْ إنَّ معظم الأنظمة المستخدمة الآن تتطلب اختياراً مزدوجاً لأنابيب صرف مثقبة وغالية الثمن مع اختلاف أنواعها، وكذلك استخدام المرشحات (مواد التغطية المسماة بالفلتر) التي تهدف إلى منع الترسبات في المصارف وإلى تحسين أداء وظيفة المصرف.

أمَّا النظام المقترح فهو استبدال العنصرين السابقين بعنصر واحد مصنوع من البيتون المسامي (فلتر أنبوبي)، يقوم بدور الفلتر والمصرف في آنٍ واحدٍ. وتكمن أهمية هذا النوع بما يحققه من وفرٍ في كلفة الإنشاء وزمنه ونوعيته. وهذا ما سَلطْنَا الضوء عليه في هذا البحث.

الكلمات المفتاحية: الصرف الزراعي – أنابيب الصرف – البيتون المسامي.

* مدرس في قسم الهندسة المائية –كلية الهندسة المدنية –جامعة دمشق.

المقدمة:

شبكة الصرف (الدريناج) هي عبارة عن مجموعة أنابيب تتوضع بشكل أفقي تحت سطح التربة على عمق معين، مع ميل طولي خفيف (ميل المصرف الحقلي لا يقل عن 10سم/100م ولا يزيد على 25 سم/100م المصرف المجمع لا يقل عن 2 سم/100م ولا يزيد على 10سم/100م [3]) يؤمن جرياناً حراً للمياه المتجمعة داخل الأنبوب التي تسربت إلى داخله عبر جدرانه المسامية لتصب في النهاية في المصارف المكشوفة. والغاية من هذه الشبكة هي عزل المياه الزائدة في التربة التي تلحق الضرر بالمحاصيل الزراعية فضلاً عن خفض مستوى المياه الجوفية. وتستخدم أنابيب الصرف على الغالب في الأراضي الزراعية التي لا تصرف المياه إلى الأعماق بشكل جيد، وكذلك في الأراضي ذات مستوى مياه جوفي مرتفع، وهذه التربة يجب أن تملك مسامية كافية لكي تسمح بتمديد الأنابيب على تباعدات تضمن الاقتصادية وحسن العمل.

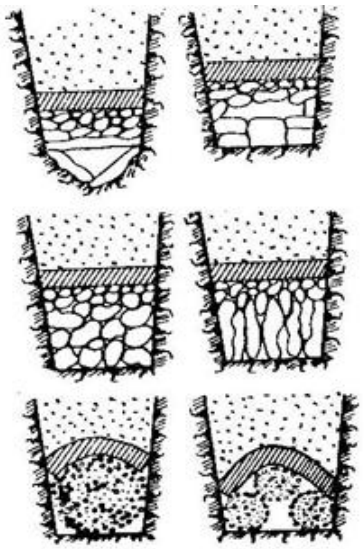
كما أن خصوبة التربة المراد صرفها يجب أن تكون كافية بحيث تشمل التكاليف لإنشاء شبكة الصرف وتحقق ربحاً صافياً على مدار مدة استثمار الشبكة.

1. عرض موجز لمنشأة الصرف (الدريناج):

عُرف استخدام الدريناج لصرف الأراضي الزراعية منذ قديم الزمن، فقد عثر على بقايا أنظمة صرف قديمة في البعثات الأثرية لدى الحضارات القديمة، في الصين ومصر. وهناك رأي يقول: إن أنظمة الصرف وجدت منذ القديم مسايرة في ذلك أنظمة الري القديمة.

ومنذ القرن التاسع عشر انتشرت أنظمة الصرف في دول أوروبية كثيرة، وفي روسيا وضعت أنابيب الصرف الفخارية أول مرة في الاستخدام عام 1856.

اتخذت أنظمة الصرف البدائية أشكالاً بسيطة، فكانت عبارة عن شقوق ضيقة وغير عميقة محفورة في التربة ومغطاة بطبقة من جذوع الأشجار أو بمواد طبيعية أخرى. ومن الطبيعي أن هذه التركيبات لا تدوم طويلاً لأن جدران الشقوق تنهال وتردم الدريناج وتخرجه عن العمل. وفيما بعد اِسْتُخْدِمَ الدريناج باستعمال الصفائح وحزم القصب مع جذوع الأشجار، حيث توضع في التربة ويبيّن الشكل (1) بعض الأشكال القديمة المستخدمة في الدريناج.

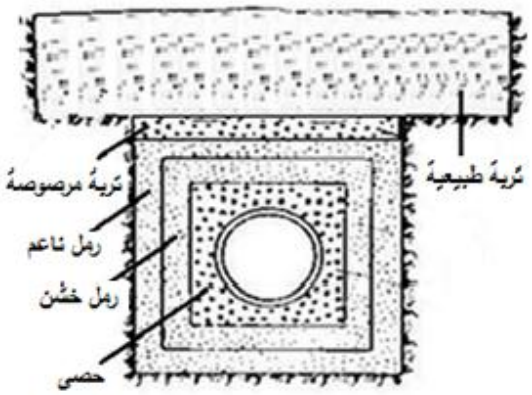


شكل (1) بعض اشكال الدريناج البسيطة

مع أن استخدام هذا الدريناج امتد عدة سنوات إلا أنه لم يفِ بالمتطلبات الضرورية للأراضي المزروعة مع ازدياد المساحات المروية. فأصبح يردم بالخندق الحجارة وفي أعلاها طبقات التربة المختلفة. وفيما بعد نُفِّذَ الدريناج من عدة طبقات من الحصويات الكبيرة الحجم، ثم طبقات من الرمل الخشن، ثم الناعم إذْ تقوم الطبقات العليا بدور الفلتر (المرشح)، والطبقة السفلى بدور مصرف المياه. لكن مدة استثمار الدريناج المتعدد الطبقات لم يستمر طويلاً لأنَّه يتعرض للانسداد بالطمي.

لهذا ومن أجل إطالة عمر الدريناج اِسْتُبْدِلَ بالطبقة من الحصويات الكبيرة الحجم التي كانت تقوم بدور الساحب للمياه أنابيب فخارية، ومن ثم بيتونية وأنابيب من الاسبيستوس. وفيما بعد انتشر انتشاراً واسعاً استخدام

أنابيب من مواد بلاستيكية مثل (PVC) والبولي ايثلين (PE)؛ وذلك نظراً إلى سهولة التعامل معها والسرعة في التنفيذ، إلا أن هذه الأنابيب بحاجة لمرشح زلطي بسماكة وسطية بحدود 15سم لضمان عدم انسداد ثقوب الأنابيب، ولتحسين ظروف الرشح إلى داخل الأنبوب، ولكن نظراً إلى صعوبة ضبط جودة التنفيذ بالمرشح الزلطي، وارتفاع تكاليف هذا المرشح وصعوبة الحصول على أحجام متدرجة من الزلط وجهت التفكير باتجاه الفلتر الأنبوبي لما له من ميزات إيجابية ذُكِرَتْ لاحقاً. والشكل (2) يبيّن مقطعاً عرضياً لمصرف أفقي أنبوبي محاطٍ بطبقات الترشيح.

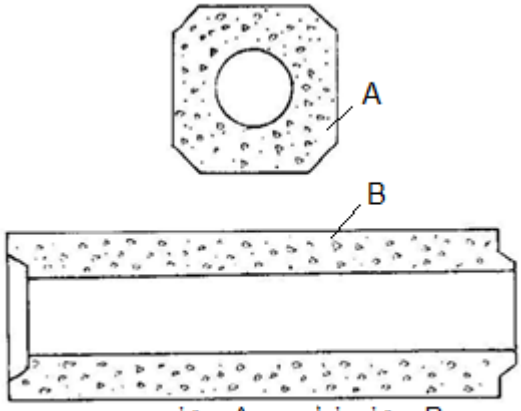


الشكل(2) أنبوب الدريناج الأفقي محاطاً بطبقات الترشيح

2. الدريناج باستخدام الفلتر الأنبوبي:

إن الفلتر الأنبوبي هو عبارة عن أنابيب من البيتون ذي التركيب الحصوي الإسمنتي فقط، هذا التركيب يعطي البيتون مسامية كافية لرشح المياه خلاله وسحبها عبر المقطع الداخلي. وباستخدام الفلتر الأنبوبي يمكن الاستغناء عن الأنابيب البلاستيكية المثقبة مع الطبقات المرشحة المحيطة بها المستعملة في الدريناج العادي.

تراوح الأقطار الداخلية للفلتر الأنبوبي بين (10–15سم)، أو أكثر، وبسماكة دنيا (5 سم) للمقاطع الصغيرة. أمَّا الأبعاد الخارجية للمقطع فتراوح بين (25×25 سم) و(20×20 سم)، وقد تكون الجوانب الخارجية للمقطع مشطوفة بزاوية (45 درجة) على بعد (5سم) من كل جانب، كما هو موضّح في الشكل (3–A). أمَّا المقطع الطولي فيصنع بشكل قابل للتداخل بأطوال (70سم) للبيتون العادي حتى (100سم) للبيتون الخفيف، كما هو موضّح في الشكل (3–B).



B - مقطع طولي A - مقطع عرضي
الشكل(3) مقطع عرضي وطولي في الفلتر الأنبوبي

في دور التجربة صُنِعَتْ أنابيب أطرافها من البيتون العادي، وقسمها الأوسط من البيتون المسامي. في هذه الحالة يكتسب الأنبوب صلابة أكثر ولكن وزنه يزداد، ومع أن معامل الترشيح في هذه الحالة كان لا بأس به إلا أن طريقة التحضير ازدادت تعقيداً.

وهناك تصميمات أخرى فقد يصمم من قسمين علوي يعمل كفلتر، وسفلي يعمل كمجرى من البيتون العادي، أمَّا طريقة تنفيذه فيمكن أن تُصَبَّ في قالب واحد ويُنْتَجُ كعنصر واحد، أو يمكن صبه بشكل منفصل كل قسم يُصَبُّ في قالب منفصل وتُجمَّعُ عند التنفيذ، وقد يكون هذا حلاً من أجل تخفيف وزن العناصر، إذْ يمكن زيادة طولها أكثر فيما لو كانت قطعة واحدة.

3. تركيب البيتون المسامي:

يتألف البيتون المسامي من خليط من الحصى أو الحطام المكسر والمادة الرابطة التي هي عادة الإسمنت البورتلاندي العادي. خليط هذه المواد المأخوذ بمقادير محددة يمزج مع الماء ويخلط في خلاط البيتون.

جوهر الخواص الفيزيائية والميكانيكية للبيتون المسامي هو أن العجينة الإسمنتية تغلف سطح الحبيبات وتقوي التماسك فيما بينها، مشكلة بذلك حجراً متيناً صلباً. وقد بيَّنت الاختبارات التي أجريت على عينات مكعبة طول ضلعها (10 سم) مكونة من إسمنت بورتلاندي ماركة 400 وأبعاد الحصويات (5–10مم). إن مقاومة هذا النوع من البيتون المسامي على الضغط بعد 28 يوماً من إعداد العينات لا تتناسب طرداً مع زيادة كمية الإسمنت، وهذا ما بيّنه الشكل(4).

أمَّا نوعية الحصويات (حصى، حطام مكسر) وشكلها فتؤدي دوراً كبيراً في تحديد نوعية البيتون. إذْ إنَّ الحطام الذي يتم الحصول عليه من تكسير الحجر وبقايا المقالع يملك حافات حادة، والإسمنت المغلف لهذا الحطام مع أنه يغطي سطحاً كبيراً إلا أن تلاصقها مع بعضها أقل مما كان لو أن الحصى العادية استخدمت بدلاً من الحطام. لذلك فإن البيتون المسامي يملك مقاومة على الضغط أكبر في حال استخدام الحصويات العادية ذات الحافات المهذبة عوضاً عن الحطام المكسر.

تتعلق مسامية البيتون المسامي بأبعاد الحصويات المستخدمة. فيمكن استخدام قياس واحد للحصويات مع غياب الحصويات الناعمة، ولتقليل الوزن الحجمي يُسْتَخْدَمُ قياس واحد كبير(5-10 mm) مع قليل من الإسمنت.

إن غياب الرمل في البيتون المسامي يعطيه صفات أكثر فاعلية بالنسبة إلى تقييم الدريناج فهو ينقص الوزن الحجمي للبيتون المسامي مقارنة بالبيتون العادي ويؤمن مسامية جديدة موزعة بشكل منتظم والتي بدورها تسمح برشح الماء إلى داخل الأنبوب.

يسمح بإضافة كمية من الرمل لا تزيد على الإسمنت من أجل إعطاء البيتون المسامي مقاومة كافية، وهذه لها دراسة خاصة تجري في المخبر من أجل منح البيتون المسامي المقاومة والمسامية المطلوبين. والشكل (6) يبيّن تغير نفاذية البيتون المسامي بمشاركة الرمل بنسبة 1/10 إلى الحصويات، ونسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/6. أمَّا المقاومة على الضغط فتزيد بنسبة 10%.

إن مقاومة البيتون المسامي قليلة مقارنة بالبيتون العادي، ويقسم إلى عدة ماركات 50، 75، 100كغ/م3. وبشكل عام يمكن أن نستخدم لتحضير الفلتر الأنبوبي حصويات بأقطار مختلفة (2–10مم)، وهذا التغير في أقطار الحصويات يغير من (المقاومة) ويغير من القدرة على الرشح عبر الفلتر الأنبوبي. وقد أجريت تجارب عديدة لبيان نفاذية البيتون المسامي مع تغير قياس الحصويات. نتائج هذه التجارب مبيّنة في الأشكال (5) و(6)، وقد استخدمت نسب مختلفة للإسمنت مع الحصويات. أمَّا الحصويات فكانت من الصخور الطبيعية المتماسكة والصلدة لتي جرى التحقق من مقاومتها في المخبر.

إن استخدام البيتون المسامي في الفلتر الأنبوبي يمكن أن يكون أكثر فاعلية في حال توافر المواد الحصوية في موقع العمل، وبالإمكان تحضيره من المواد الحصوية المحلية ليكون أكثر اقتصاداً.

4. تحديد نسبة الماء إلى الإسمنت:

تتغيّر قيمة هذه النسبة بحسب أبعاد الحصويات المستخدمة للبيتون المسامي، وبحسب كمية الإسمنت وكذلك بحسب كمية الرمل إن كان مضافاً إلى البيتون المسامي، ولو بنسبة قليلة. لذلك يجب التحقق من اختيار النسبة المثلى عن طريق إجراء تجارب مخبرية لمجموعة من العينات.

إن الاختيار الصحيح لنسبة الماء إلى الإسمنت للبيتون المسامي يضمن الحصول على قابلية التشغيل المناسبة في أثناء التحضير، وكذلك يساعد في الحصول على فلتر

أنبوبي غير مشوه وخاصة من أطراف الأنابيب، والاختيار غير الصحيح لنسبة الماء إلى الإسمنت قد تؤدي أحياناً إلى تشكل غشاوة إسمنتية في الفلتر الأنبوبي التي بدورها تقلل فاعلية الفلتر الأنبوبي ولاسيّما إذا تشكلت على السطح الداخلي للفلتر.

وهناك بعض الافتراضات تقول: إن الفلتر الأنبوبي المحضر من البيتون المسامي يملك مسامية كبيرة أكبر من اللازمة لرشح المياه عبره. وهذه المسامية وإن قلت فيما بعد بسبب ترسب الذرات الناعمة للتربة فهي لا تؤدي إلى خروج الفلتر من العمل. لكن هذا لا يمنع القول: إن تشكل الغشاوة الإسمنتية في الفلتر يزيد من استهلاك الإسمنت وفي الوقت نفسه يضعف المقاومة. لذلك من المهم الحصول على نسبة الماء إلى الإسمنت الصحيحة، ومن ثَمَّ الحصول على فلتر أنبوبي من البيتون المسامي مقاوم وفعال.انظر الأشكال(7) و(8).

5. التصميم المقترح للفلتر الأنبوبي:

يتألف الفلتر الأنبوبي المقترح من أنبوبين:

1- أنبوب داخلي دائري المقطع بقطر داخلي لا يقل عن 10سم، وسماكة تراوح بين (2.5–5سم) محضر من البيتون المسامي بنسبة إسمنت إلى الحصويات 1/8، وأبعاد الحصويات ونسبها (حصويات 5 مم بنسبة 50% وحصويات 10 مم بنسبة 50%). وقد توخينا هذا الاختيار للحصول على إمكانية أفضل لعملية الرشح؛ وذلك بناءً على النتائج الموضّحة في الشكل (5) أمَّا نسبة الماء إلى الإسمنت فقد اختيرت بعد إجراء التجارب كما في الشكل (7) إذْ تم الحصول على أكبر مقاومة ممكنة للبيتون المسامي وكانت هذه النسبة 44%.

2- أنبوب خارجي مؤلف من مجراتين مقطع كل منهما نصف دائرة، قطرها يساوي القطر الخارجي لأنبوب الفلتر الداخلي، وبسماكة تراوح بين (2.5–5 سم) حضرت المجراتان من البيتون المسامي ذي الحصويات ذات الأقطار (2–4 مم)، ونسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/6 إذْ 50% حصويات (2 مم) و50% حصويات (4 مم) ونسبة الماء إلى الإسمنت 44% أيضاً. والشكل رقم (9) يبيّن مقطعاً طولياً وعرضياً في هذا الأنبوب.

6. نتائج البحث:

إن الاختيار السابق للفلتر الأنبوبي يتمتع بميزات عديدة مقارنة بالدريناج العادي، وحتى مع الفلتر الأنبوبي ذي الشكل التقليدي (شكل 3):

1- فهو أخف وزناً مقارنةً بالفلتر الأنبوبي البيتوني ذي الشكل التقليدي، ونظراً إلى تجزئته إلى عدة قطع فهو أسهل في عملية النقل والتركيب، إذْ تقدر أوزان قطع الأنبوب ذي القطر الداخلي 10سم، وسماكة جدرانه 3.5 سم للمتر الطولي الواحد بحدود 28 كغ للأنبوب الداخلي، و21 كغ للقطعة الواحدة (نصف الأنبوب العلوي أو السفلي) من الأنبوب الخارجي. لمثل هذه الأوزان يكفي عملياً عامل واحد ليقوم بتركيب هذه الأنابيب حقلياً، ولاسيّما إذا صنعت بأطوال أقل من 1م أمَّا إذا ازدادت الأقطار على 10سم فقد يتطلب العمل عاملين.

2- تشكل ظاهرة الإطماء الناتجة عن دخول الطمي وحبيبات التربة الناعمة عبر فتحات الأنابيب البلاستيكية إلى داخل الأنبوب مشكلة كبيرة قد تؤدي إلى خروج الأنبوب، وبسرعة عن العمل، أو نضطر إلى إجراء صيانة له، وهي عملية صعبة ومكلفة، أمَّا باستخدام الفلتر الأنبوبي فبفضل الكفاءة العالية للرشح التي تتمتع بها

جدران الأنبوب فإن ظاهرة الإطماء تكاد تكون معدومةً، ومن ثَمَّ دواعي صيانتها تقل وديمومتها تصبح أطول.

3- تعدُّ صيانة الفلتر الأنبوبي المقترح بالحالة العامة أسهل؛ نظراً إلى إمكانية استبدال قطع خارجية منه.

4- بوجود القسم الخارجي منه أصبح بالإمكان الاستغناء عن طبقات الترشيح التي كانت تشكل العقبة الأساسية في تنفيذ المصارف الأخرى.

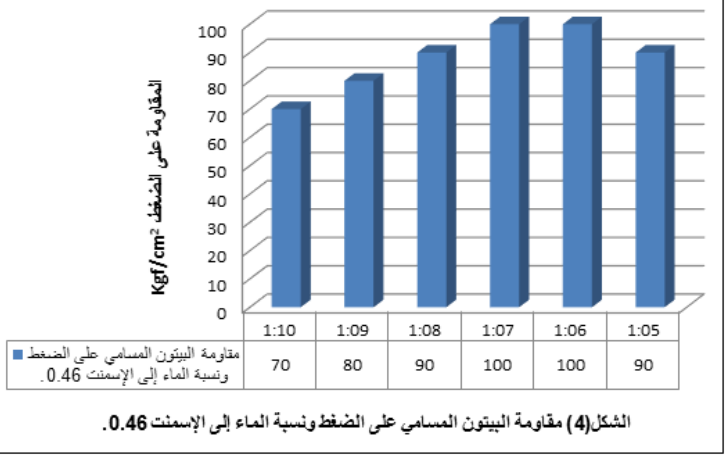
5- باستخدام حصويات بأقطار مختلفة في تركيبه يمكننا الحصول على مقاومات أعلى، وديمومة ومقاومة أكبر، مقارنة بالفلتر البلاستيكي.

6- تبيّن المقارنات الاقتصادية أن الفلتر الأنبوبي يتميز بكفاءة اقتصادية عالية نظراً إلى الآتي:

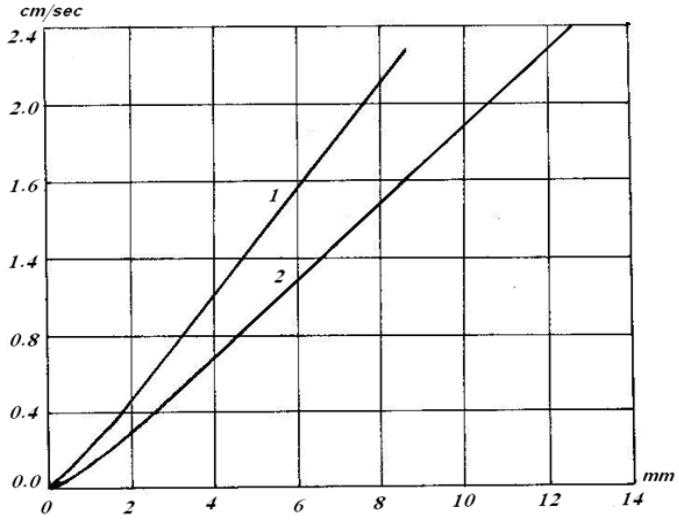
- مقطع الحفريات أقل لعدم حاجة لطبقات الترشيح. وهذا يعدُّ بحد ذاته وفراً في حجوم الأعمال الترابية، لأنَّ عرض الحفرية يساوي عادة القطر الخارجي للأنبوب بطبقتيه زائد 5 سم من كل طرف.
- يوفر ثمن طبقات الترشيح.
- كلفة المتر الطولي من الفلتر الأنبوبي أقل بكثيرٍ من كلفة المتر للأنابيب المثقبة البلاستيكية، وهذا ما تظهره نتائج المقارنة بين النوعين التي أجريناها بناءً على الأسعار المحلية الرائجة حالياً (تخضع الأسعار في الأسواق المحلية حالياً لتغيرات كبيرة؛ إلاَّ أنَّها متناسبة على المواد جميعها، نظراً إلى أن الهدف هو المقارنة لذلك يمكن اعتمادها مبدئياً، أهملت باقي مكونات السعر كأجور النقل وغيره لأنها واحدة تقريباً للأنواع كلّها) نتائج المقارنة مبّينة في الجدول(1).

الجدول رقم (1) كلفة أنابيب الصرف الزراعي

النوع	المواد	الكمية	السعر الإفرادي	السعر الإجمالي	المجموع
الفلتر الأنبوبي/1م.ط/ بقطر داخلي 10سم وقطر خارجي 26 سم الحجم 0.045 م3	اسمنت	16كغ	25 ل.س	400 ل.س	
	حصويات	0.06 م3	1200 ل.س	70 ل.س	
	ماء	--	10 ل.س	10 ل.س	
	تصنيع	1 م. ط	200 ل.س	200 ل.س	680 ل.س/ م.ط
أنبوب بلاستيكي متعرج من الخارج أملس من الداخل بقطر داخلي 10سم	سعر الأنبوب	1 م. ط	2000 ل.س	2000 ل.س	
	أجرة تثقيب	1 م. ط	500 ل.س	500 ل.س	
	حصويات	0.26 م3	1200 ل.س	312 ل.س	
	أجرة الفرش	1 م. ط	300 ل.س	300 ل.س	3112 ل.س/م.ط
أنبوب بلاستيكي متعرج من الخارج ومن الداخل بقطر داخلي 10 سم	سعر الأنبوب	1 م. ط	600 ل.س	600 ل.س	
	أجرة تثقيب	1 م. ط	500 ل.س	500 ل.س	
	حصويات	0.26 م3	1200 ل.س	312 ل.س	
	أجرة الفرش	1 م. ط	300 ل.س	300 ل.س	1712 ل.س/م.ط

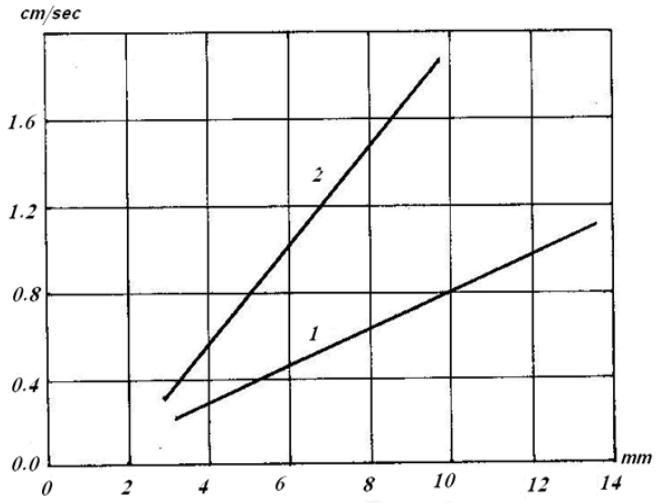


الشكل(4) مقاومة البيتون المسامي على الضغط ونسبة الماء إلى الإسمنت 0.46.



1– نسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/8، 2– نسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/6

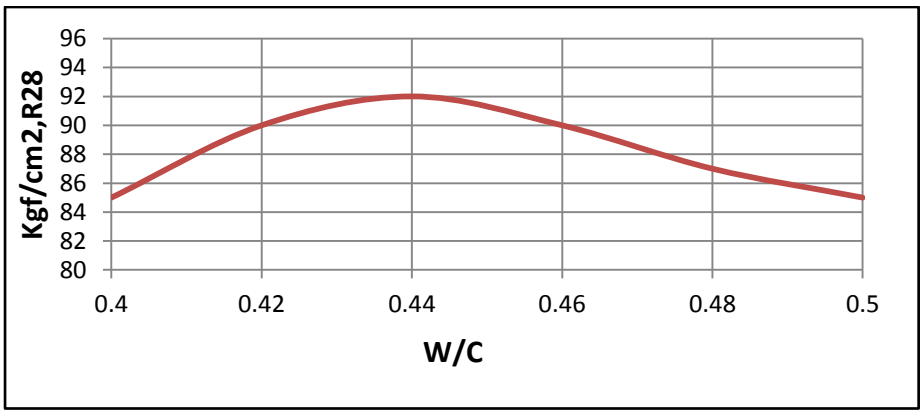
الشكل (5) تغير نفاذية البيتون المسامي تبعاً لأبعاد الحصويات المستخدمة



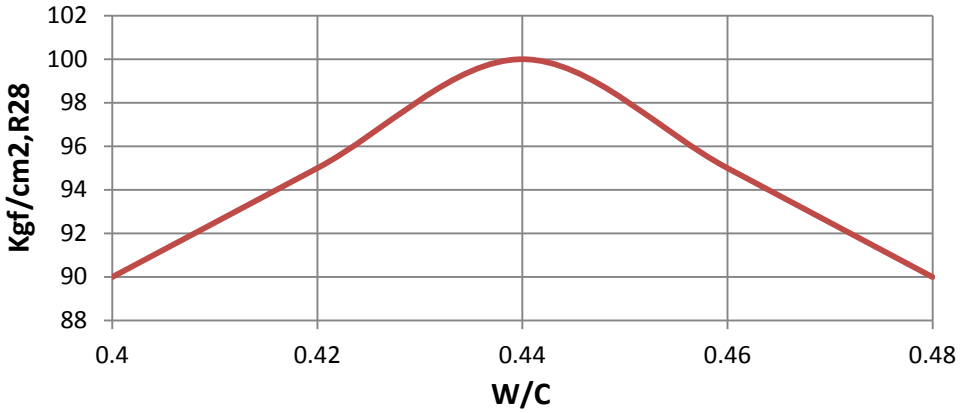
1- بمشاركة الرمل في الخليط إذْ نسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/6 ونسبة الرمل إلى الحصويات 1/10.

2- خليط الإسمنت والحصويات فقط. نسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/6

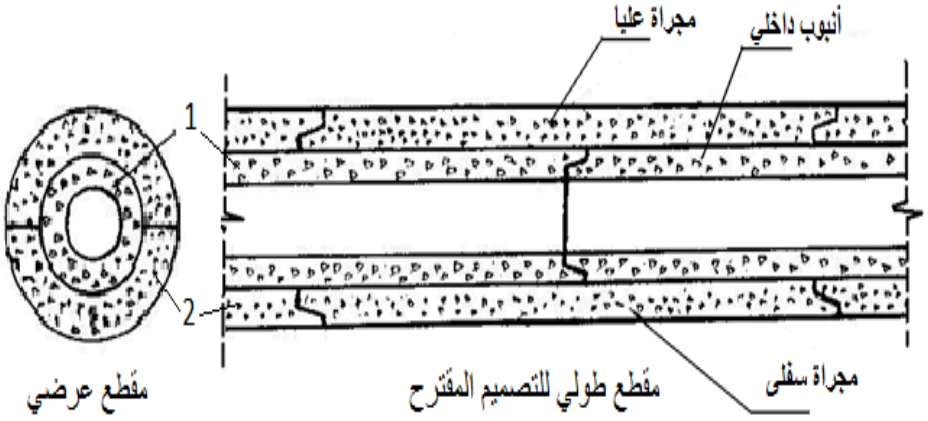
الشكل (6) تغير نفاذية البيتون المسامي مع أبعاد الحصويات المستخدمة



الشكل(7) تغير المقاومة على الضغط للبيتون المسامي تبعاً لنسبة الماء إلى الإسمنت باستخدام الحصويات الخشنة mm (5-10) ونسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/8



الشكل (8) تغيّر المقاومة على الضغط للبيتون المسامي تبعاً لنسبة الماء إلى الإسمنت باستخدام الحصويات الناعمة mm(2-4) ونسبة الإسمنت إلى الحصويات 1/6



1- أنبوب داخلي من حصويات (5-10 مم)

2- مجراة عليا وسفلى من حصويات (2-4 مم)

الشكل (9) مقطع طولي وعرضي للتصميم المقترح

7. المراجع*

- Ocebov, A.D., The technology of concrete aggregates, Moscow, High. School, 1991.
- Rongen, E.C. The porous concrete in drainage networks, Moscow, Energy. 1972.
- أ.د. نبيل فتحي قنديل، د. مصطفى قرنى عبد العليم، صرف الأراضي الزراعية في الوادي والدلتا، مركز البحوث الراعية، كانون الأول 2007.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2014/11/6