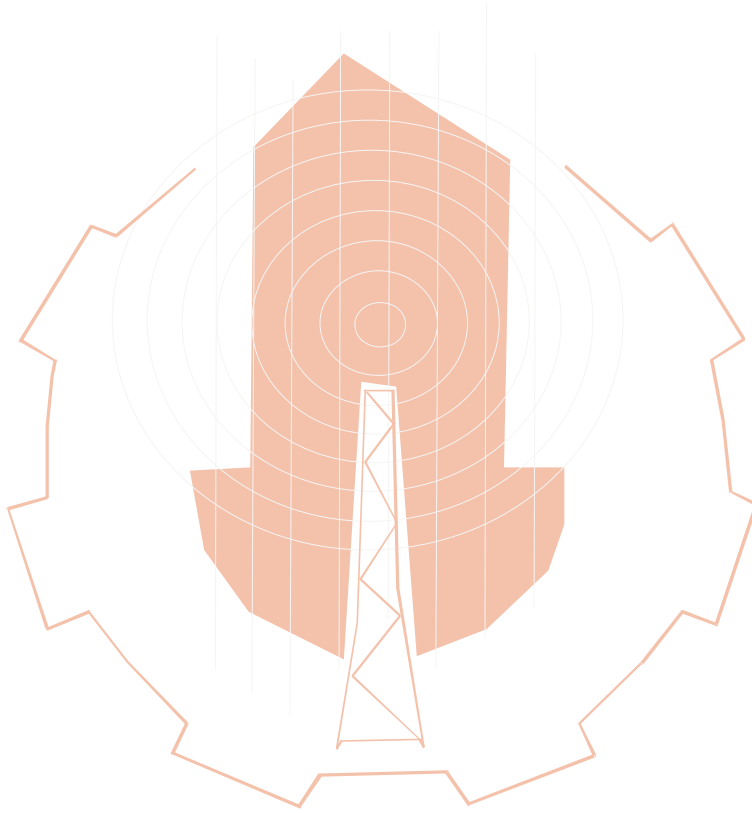




مجلة البحوث الهندسية



مُحَكَّمة تصدر نصف سنوياً عن كلية الهندسة - جامعة طنطا



العدد الواحد والثلاثون (31) مارس (2021)

Contents

المحتويات

الأوراق البحثية باللغة العربية

- 1- دراسة عامة حول استخدام القوالب النسيجية في صب الخرسانة
 حكيم عبد القادر السموعي وعلي سعيد البان وهاجر محمد أبوصلاح
 1
- 2- الاحمال المحورية وضغط الاطار لمركبات النقل بالطريق الساحلي قطاع (طرابلس - مصراته)
 محمد الشتيوي بن عمر وعبد الحكيم علي الشماح
 16

Research Papers in English

- 1- Influence of Fine Aggregate Type and Content on the Properties of Grout For Two-Stage Concrete
 Manal F. Najjar, Enas A. Elmusrati, Amal M. El-khoja, and Abdurrahman A. Elgalhud
 1
- 2- Influence of Polypropylene Fiber on Plastic Shrinkage Cracks of Concrete
 Ashraf Abdalkader and Omer Elzaroug
 13
- 3- Production of Siloxane Oils from Octamethylcyclo-Tetrasiloxane Using Equilibrium Ring Opening Reaction
 Abduelmaged Abdullallah, Omar Algeidi, Omar Sultan, Mohamed A. Ibrahim
 25
- 4- The Effect of the Submerged Arc Welding Variables on Bead Geometry of Mild Steel Using Regression Analysis Technique
 Abdulbaset A. Frefer and Al-Sonosi M. Abohusina
 35
- 5- Simulation of Si Engine Performance and NOx Emissions
 Abdorouf M. Naas, Fatima M. Ellafi, and Salem A. Farhat
 51
- 6- Thermoeconomic Analysis of Alkhoms Steam Power Plant at Different Operating Loads
 Haitham M. Elhejaji and Giuma M. Fellah
 71

دراسة عامة حول استخدام القوالب النسيجية في صب الخرسانة

حكيم عبد القادر السموعي وعلي سعيد البادن وهاجر محمد أبوصلاح

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس

E-mail: h.abdelgader@uot.edu.ly

ABSTRACT

Perhaps the use of fabric formworks to cast and form concrete, becomes a major competitor in the future to the traditional common formwork systems that are often made of wood or steel. This is because the use of these fabric formworks as a new technology for construction provides multiple advantages, it consists of textile sheets (often porous) that are made from waste petroleum products such as (nylon, polyester, and polypropylene) which makes it inexpensive compared to most of the materials and components of traditional formworks that are imported from abroad. In addition to its ability of absorption of highly workable concrete mixtures that contain high amounts of water without the need for chemical admixtures to improve its workability and without any negative impact on the properties and strength of concrete. Yet, researches and studies have shown that the strength improves due to the porosity of the constituent membranes of these molds, which give them the ability to get rid of large amounts of excess mixing water in concrete during its casting and compaction. These molds are also distinguished by their flexibility and high ability to form according to the architectural and structural requirements of the concrete element, along with many other important advantages that make it an effective and feasible alternative to other common formwork systems.

The main concept of this paper is determining and evaluating the use of fabric formworks in general, as a modern alternative that is better and more effective economically and structurally in comparison to common traditional formwork systems.

الملخص

لعل استخدام القوالب والشدات المصنوعة من القماش أو النسيج لصب وتشكيل الخرسانة يصبح منافساً أساسياً في المستقبل للقوالب والشدات التقليدية الشائعة المصنوعة غالباً من الخشب أو الفولاذ، وذلك لما يوفره استخدام هذه القوالب كتقنية جديدة للإنشاء من مزايا متعددة، فهي تتكون من صفائح نسيجية (تكون مسامية غالباً) تصنع من مخلفات المنتجات النفطية مثل (النايلون، والبوليستر، والبولي بروبيلين) الأمر الذي يجعلها غير مكلفة مقارنة بمعظم مواد ومكونات القوالب التقليدية التي يتم استيرادها من الخارج، بالإضافة إلى قدرتها على استيعاب الخلطات الخرسانية ذات التشغيلية العالية والتي تحتوي على نسب عالية من الماء من دون الحاجة إلى استخدام الإضافات الكيميائية لتحسين التشغيلية ومن دون أي تأثير سلبي على خواص ومقاومة الخرسانة، بل اثبتت الابحاث والدراسات أن المقاومة تتحسن وذلك نظراً للمسامية التي تتمتع بها الاغشية المكونة لهذه القوالب والتي تمنحها القدرة على التخلص من كميات كبيرة من ماء الخلط الزائد بالخرسانة أثناء الصب والدمك، كما تمتاز هذه القوالب والشدات أيضاً بمرونتها وقدرتها العالية على التشكل وفق المتطلبات المعمارية والإنشائية للعنصر الخرساني، إلى جانب العديد من المزايا الهامة الأخرى التي تجعلها بديل فعال ومجدي لأنظمة القوالب الشائعة.

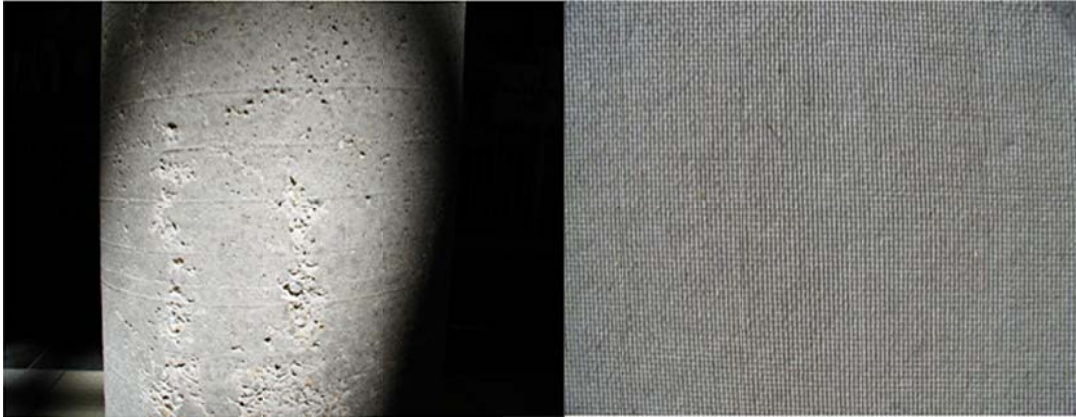
الفكرة الأساسية لهذه الورقة في تحديد وتقييم استخدام القوالب النسيجية بشكل عام، كبديل حديث أفضل وفعال أكثر من الناحية الاقتصادية والإنشائية مقارنة بشدات وقوالب صب الخرسانة التقليدية الشائعة.

الكلمات المفتاحية: صب الخرسانة؛ القوالب النسيجية؛ القوالب المرنة؛ النفاذية.

المقدمة

منذ اختراعها في العصور القديمة من قبل الرومان، تم صب وتشكيل الخرسانة في جميع أنواع القوالب سواء كانت دائمة أو مؤقتة، إلا أن القوالب الصلبة الشائعة من الخشب أو الفولاذ كانت دائما المعيار أو النموذج التقليدي. ولأن الخرسانة تعتبر من أكثر مواد الإنشاء استخداماً في العالم نجد أن الأبحاث والدراسات ركزت على تحسين تكاليف إقامة وتشديد المنشآت الخرسانية، وذلك لما سيكون له من آثار كبيرة على صناعة الإنشاء بشكل عام، حيث أثبتت النتائج أن أفضل الفرص لتحقيق ذلك تكون عن طريق خفض وتقليل تكلفة القوالب، وذلك من خلال استخدام أنظمة القوالب النسيجية كبديل لأنظمة القوالب التقليدية الشائعة [1]، لما يوفره استخدام هذه القوالب كتقنية جديدة لصب وتشكيل الخرسانة من مزايا وامكانيات، فهي تصنع من مخلفات المنتجات النفطية مثل (النابيلون، والبوليستر، والبولي بروبيلين) مما يجعلها غير مكلفة خاصة في الدول النفطية مثل ليبيا، بالإضافة إلى أنها تقدم أسلوباً ونهجاً مختلفاً تماماً لتشكيل الخرسانة المصبوبة وذلك لأنها على عكس أنظمة القوالب التقليدية تكون مرنة مما يجعلها تأخذ شكل التصميم المطلوب تحت ضغط الخرسانة الطازجة نفسها، وبالتالي تسمح باستخدام طرق بسيطة وفعالة لتشكيل عناصر إنشائية متغيرة المقطع مع التوفير في وزنها وتكلفتها [2,3].

كما توفر هذه القوالب أيضاً جدراناً مسامية للخرسانة الطازجة التي يتم ضخها مما يسمح بتسرب كميات كبيرة من ماء الخلط الزائد وفقااعات الهواء خارج جدران هذه القوالب [4]، الأمر الذي يؤدي إلى تحسين قوة ومتانة الخرسانة بشكل عام وإنتاج أسطح متمتاز بدرجة عالية من التشطيب الشكل (1)، كما أن وزنها وحجمها المنخفض يقلل بشكل كبير من تكاليف التخزين والنقل والتخلص منها [5].

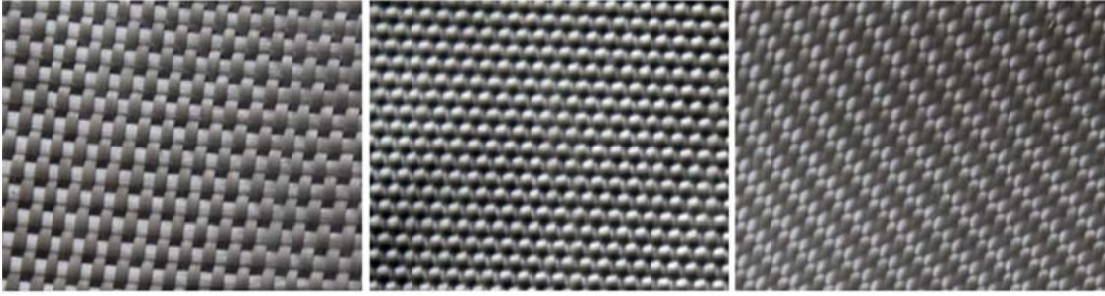


الشكل 1: الفرق بين قوام وجودة الاسطح الخرسانية المشكلة بالنسيج والمشكلة بالقوالب التقليدية [7]

هذا وقد أثبتت التطبيقات العملية لأنظمة القوالب النسيجية نجاحها في صب وترميم المنشآت الخرسانية تحت الماء [6]، حيث تستخدم بشكل فعال في ترميم وتقوية الركائز وتبطين وحماية السدود وغيرها من التطبيقات الهامة الأخرى التي يصعب استخدام الطرق التقليدية لها.

المواد المستخدمة في القوالب النسيجية

تُحدد الخواص الهندسية لأي نسيج من خلال معرفة مزيج المواد والهيكلية الداخلية المستخدمة في صناعته، حيث تتوفر العديد من مجموعات المواد (الألياف الطبيعية والاصطناعية) والهياكل الداخلية (المنسوجة أو المحبوكة أو غير المنسوجة) لمصممي ومهندسي النسيج، هذا ويعتبر البوليستر والبولي أميد والبولي بروبيلين والبولي إيثيلين من مجموعات البوليمر الاصطناعية الرئيسية المستخدمة كماد خام لتصنيع أقمشة صب الخرسانة [8]، وهي عبارة عن مخلفات منتجات نفطية مما يجعلها غير مكلفة خاصة في الدول النفطية مثل ليبيا، كما تجدر الإشارة إلى أنه على الرغم من أن هذه البوليمرات متينة وقوية إلا أنها ليست مواد مرنة حقيقية الأمر الذي يضيف عوامل التشوه اللدن والزحف إلى انفعالات التشغيل المتوقعة، لذلك نجد أن أقمشة التغطية الأرضية المنسوجة من البولي أوليفين (البولي بروبيلين والبولي إيثيلين) الشكل (2) تعتبر خياراً شائعاً لقوالب الصب النسيجية، لأنها تجمع بين القوة العالية والتكلفة المنخفضة للغاية، كما أن الخرسانة لا تلتصق بها مما يلغي الحاجة إلى زيوت فك القوالب أو الشدات.



(ج) البوليستر

(ب) البولي بروبيلين نوع

(أ) البولي بروبيلين نوع

الشكل 2: بعض أنواع النسيج الشائعة [9]

كما نجد في جميع أنواع النسيج أن معظم الخصائص الهندسية تتأثر بشدة بالبناء الداخلي أو الهيكلية الداخلية المستخدمة [8]، حيث تكون القوالب النسيجية بشكل عام منسوجة مع عبور "الخيوط" بزاوية قائمة وتسمى الخيوط التي تعمل بطول القماش بـ "الالتفاف" أو "اتجاه الماكينة" (Warp)، في حين تسمى الخيوط التي تعمل عبر عرض النسيج بـ "اللممة" أو "اتجاه التعبئة" (Weft)، كما تعد القوة والكثافة النسبية لخيوط الالتفاف واللممة من المحددات الأساسية لتصميم النسيج، على الرغم من أن اتجاه الالتفاف يكون عادة أقوى من اتجاه اللممة.

شكل القوالب النسيجية

يمكن خياطة القوالب المصنوعة من النسيج في أي صورة أو شكل أو حجم في الموقع أو في المصنع، بل إن بعض أنظمة تشكيل النسيج لاستخدام الخياطة على الإطلاق وتعتمد على وصلات البناء القياسية، حيث تتكون معظم قوالب النسيج من صفائح نسيجية بسيطة ومسطحة مستطيلة الشكل، لذلك فإنه إلى جانب شكل صفائح النسيج المستخدمة توجد متغيرات أخرى تؤثر على الشكل النهائي للقالب النسيجي تشمل:

(أ) نوع النسيج (Fabric Type)

تؤثر الخصائص التقنية لنسيج القوالب بشكل مباشر على الشكل النهائي للقالب، لذلك قد يعتمد اختيار نوع النسيج المراد استخدامه على الاعتبارات التالية: الحد الأقصى لحجم القوى المطبقة المفروضة على النسيج (ضغط السائل من الخرسانة الطازجة وتركيز الضغط عند التوصيلات)، نفاذية القماش (مما يؤثر على احتباس الماء وبالتالي الضغط)، المظهر السطحي / الملمس،

المرونة (قابلية النسيج للتغير الهندسي بسبب التمدد تحت الحمل)، الطريقة المفضلة لربط الأقمشة معاً (الخيطة، اللحام بالحرارة، السحابات الميكانيكية، إلخ)، تكلفة النسيج.

ب) الظروف الحدودية (Boundary Conditions)

نظراً لأن الأقمشة يمكنها مقاومة قوى الشد فقط، فإن العديد من قوالب النسيج تتطلب بعض الظروف الحدودية الصلبة لتقييد غشاء النسيج، الإستثناء من هذه القاعدة هو القالب المثبت على الأرض والذي يتم "تثبيتته" على الأرض بواسطة الاسمنت الذي يتم ضخه، كما يمكن أن تكون دعائم الحدود صغيرة أو بسيطة للغاية، على سبيل المثال: وصلة صلبة بسيطة في أنبوب قماش (كما هو الحال في قالب العمود "Fast-Tube" من Fab-form)، أو وصلة قاعدية بسيطة وعدد قليل من نقاط الرفع المتصلة بالسقالات المفتوحة، أو قد تكون أيضاً أكثر تقييداً مثل الإطار الخارجي أو القفص أو أي نوع من القيود الجانبية الأخرى.

ج) الشد المسبق (Pre-tensioning the Fabric)

يزيد الشد المسبق لغشاء النسيج من صلابته واستقراره، فعلى سبيل المثال: يؤدي الاجهاد العمودي المسبق والمعتدل لأنبوب النسيج غير المقيد لقالب عمود إلى تثبيت عمود الخرسانة الرطبة التي يحتويها، كما يمكن تعديل الهبوط في قوالب الألواح الأفقية بواسطة مستويات الإجهاد المسبق المطبقة على غشاء القوالب [10]، ويمكن أيضاً من خلال الشد المسبق لقوالب الكمرات تشكيل صفيحة مسطحة بسيطة من النسيج لتقليل الخرسانة في مناطق الشد.

د) ظاهرة الانتفاخ (Ballooning Phenomenon)

عندما يتم ضخ الخرسانة في القوالب النسيجية تظهر ظاهرة جديدة، وهي أمر غير معتاد في حالة القوالب الصلبة، هذه الظاهرة تسمى "ظاهرة الانتفاخ" وهي نتيجة للضغط الهيدروليكي الداخلي بسبب وزن الخرسانة الرطبة وأي ضغوط ضخ قد يتم فرضها. إن سلوك القوالب النسيجية يتصرف بشكل أساسي كغشاء تحت ضغط السوائل مما يوفر مقاومة من خلال توليد منحنيات الشد الصافي في ثلاثة أبعاد، حيث أن مبدأ عام للهندسة الإنشائية يرى أن أكثر الوسائل فعالية لمقاومة القوة هي عن طريق الشد المحوري، مما يجعل نظام المقاومة الهيكلية هذا ذو كفاءة غير عادية مقارنة بالإطار الصلب ونظام الألواح من القوالب التقليدية التي تعتمد بدلاً من ذلك على المقاومة من خلال الانتشاء حيث تتطلب هياكل القوالب التقليدية المقاومة للثني عمقاً إنشائياً كبيراً للحد من الانحرافات تقريباً إلى الصفر، مما ينتج عنه كميات ووزن أكبر بكثير للمواد مقارنة بنظام الأغشية النسيجية، كما أنه لا توفر انحرافات غشاء القوالب المصنوعة من النسيج تحت الحمل آلية للمقاومة الهيكلية فحسب بل توفر أيضاً مظهراً هندسياً فريداً على عكس قوالب الخرسانة التقليدية الصلبة، ومن ثم فإن فهم ظاهرة الانتفاخ والتحكم فيها يعتبر أمر أساسي لتصميم القوالب النسيجية

هـ) وظيفة الهيكل الخرساني (The Function of the Concrete Structure)

تعتبر القوالب النسيجية مرنة وقابلة للتكيف للغاية وبالتالي من السهل جداً تغييرها وفقاً لوظيفة محددة، حيث يمكن تصنيع معظم القوالب باستخدام صفائح قماش بسيطة مستطيلة ومسطحة دون أي خيطة على الإطلاق كما يمكن أن يكون الشكل النهائي لقالب النسيج املساً عندما يكون مطلوباً أن يكون املساً ومرصوفاً عندما يكون مطلوباً أن يكون مرصوفاً بالحصى، فعلى سبيل المثال: يتم استخدام قوالب النسيج المرصوفة للتحكم في التدفق الصفحي للمياه في القنوات والأنهار، كما يمكن للتطبيقات المعمارية استخدام الحصى للاستفادة من النحت، بالإضافة إلى أنه يمكن لهذه الصفائح المسطحة أن تتبع التدفق الطبيعي للقوى في العنصر مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة الإنشائية عن طريق تقليل أحجام الخرسانة المطلوبة مقارنة بأشكال قوالب الصب التقليدية المسطحة.

(Concreting Environment) بيئة صب الخرسانة

يمكن أن يكون للظروف البيئية مثل المياه المضطربة في التطبيقات التي تحت الماء تأثيرات ضارة على الشكل النهائي لقوالب النسيج، فعلى سبيل المثال لوحظ أن قوالب النسيج الموضوعة في المياه المضطربة تتعرض للاهتزاز والعصر والعجن، والتي قد تميل إلى تجعيد سطح المنشأ النهائي أو تشويه أو ضغط جزيئات الاسمنت، وبالتالي إنتاج سطح رملي وجعل الخرسانة عرضة للتآكل، لذلك في مثل هذه الحالات يجب الانتباه إلى طريقة الغمر ووقت الغمر وحجم المسام للنسيج المستخدم.

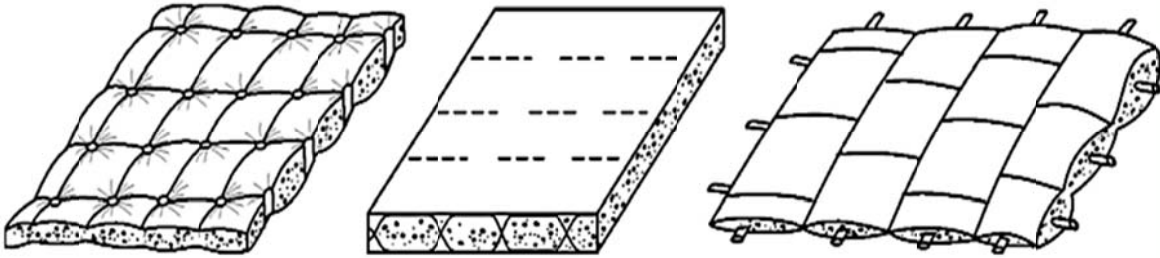
أنواع القوالب النسيجية [3]

يمكن تقسيم الأنواع الأكثر شيوعاً للقوالب المصنوعة من النسيج إلى أربع مجموعات رئيسية هي: مجموعة المراتب، مجموعة الأكمام، مجموعة القوالب النسيجية الساندة المؤقتة، ومجموعة المجرى المفتوح.

مجموعة المراتب (The Mattress Group)

(Articulated Block) المراتب المفصليّة

هي عبارة عن مراتب مستطيلة الشكل مصبوبة في الموقع بطريقة متعاقبة أو متداخلة الشكل (3أ)، ومرتبطة معاً داخلياً عن طريق التسليح وخارجياً بواسطة الكابلات الموضوعة حول وبين طبقتي النسيج المستخدم قبل حقن الخرسانة، وهي تستخدم لدعم المنحدرات المعرضة لإنجراف حاد أو تصلب .



(أ) المراتب المفصليّة (ب) المراتب المستوية (ج) المراتب المرصوفة

الشكل 3: أنواع مراتب النسيج

(Uniform Mattress) المراتب المستوية

توفر هذه القوالب أسطحاً مستوية الشكل (3ب)، مما يجعلها تُظهر معاملًا منخفضاً للاحتكاك الهيدروليكي.

(Cobbled Mattresses) المراتب المرصوفة بالحصى

إلى جانب تميزها بسطح مرصوف من الناحية الجمالية الشكل (3ج)، تُظهر هذه المراتب معاملًا عاليًا للاحتكاك الهيدروليكي كما توفر الحد الأقصى من التشبث للطاقة الهيدروليكية، مما يجعلها مفيدة لتطبيقات التحكم في التآكل كالسواتر أو الحواجز.

مجموعة الأكمام (The Sleeve Group)

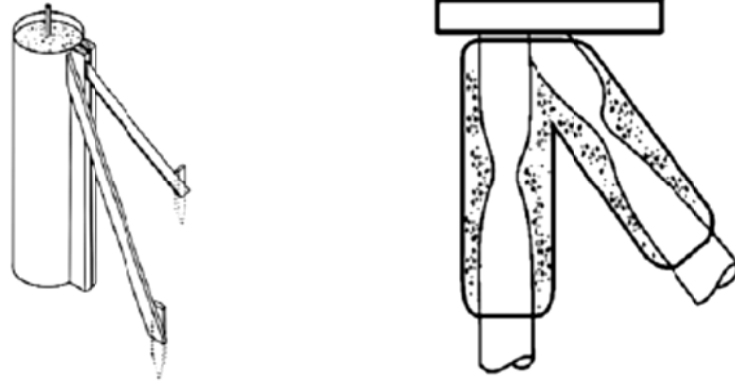
(Pile Jackets) سترات الركائز أو الخوازيق

تستخدم سترات الركائز في تطبيقات حماية وترميم الركائز والخوازيق كما هو موضح في الشكل (4)، وهي تتكون من كُم نسيجي مع سحاب للإغلاق معلق حول ركيزة خشبية أو خرسانية أو

فولاذية متضررة، حيث يتم بعد ذلك ضخ المونة في الكم لتشكيل الخرسانة حول الركيزة القديمة، بالإضافة إلى أنه يمكن صنع وتشكيل هذه الأكمام بشكل فردي لتلبية احتياجات الشكل المطلوب.

ب) قوالب الأعمدة (Columns Forms)

على الرغم من كونها عبارة عن أنابيب أسطوانية خفيفة مصنوعة من صفائح مستطيلة ومسطحة من النسيج، إلا أنه يمكن من خلالها تنفيذ النماذج المعمارية والمخصصة بسهولة، حيث يتم تثبيتها من الأعلى بالسقالات أو على طول مفصل رأسي صلب كما هو الحال في منتجات "Fast Tube" الشكل (5).

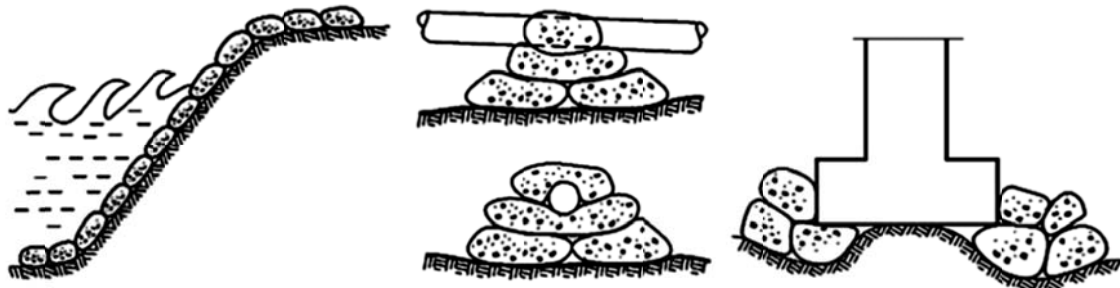


الشكل 5: قالب عمود نسيجي

الشكل 4: سترات الركائز

ج) أكياس الخرسانة (Concrete Bags)

تستخدم أكياس النسيج المغلقة من أي شكل في وظائف متعددة كما هو موضح في الشكل (6)، لعل النوع الأكثر شيوعاً لها هي الأكياس الممدودة والمستخدمة في تشكيل حواجز الأمواج والسدود لحماية الشواطئ أو في حماية المنحدرات ضد التآكل الشكل (6أ)، كما وأنه غالباً ما يتم استخدام هذه الأكياس كأساسات تحت خطوط أنابيب نقل المياه أو كثقل فوق منها لتثبيتها الشكل (6ب)، بالإضافة إلى أنه يمكن دعم وتثبيت الأساسات بسهولة باستخدام هذه الأكياس المصنوعة من النسيج الشكل (6ج).



(ج) دعم الاساسات

(ب) أساس لخطوط الأنابيب

(أ) حواجز للأمواج

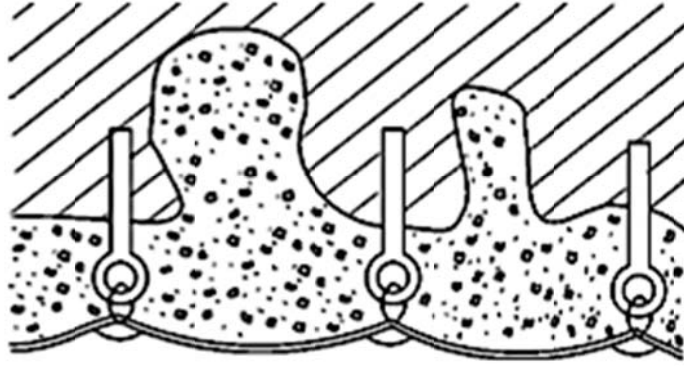
الشكل 6: التطبيقات المختلفة لأكياس الخرسانة

قوالب النسيج الساندة المؤقتة (The Shuttering Fabric Form)

أ) قوالب ترميم الخرسانة (Concrete Repair Shuttering)

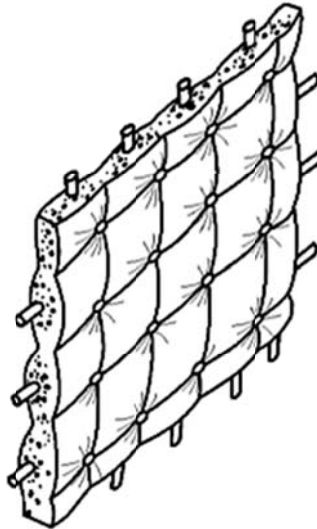
تستخدم هذه القوالب في تطبيقات ترميم الخرسانة بشكل عام، وهي عبارة عن صفائح نسيجية تستخدم في تغطية الأسطح الخرسانية المتضررة، حيث يتم تثبيتها على السطح إما عن طريق

شبكة خارجية من الفولاذ أو بواسطة المسامير التي تربط غلاف النسيج بالخرسانة القديمة الشكل (7)، ليتم بعد ذلك ضخ الخرسانة الطازجة بين النسيج والخرسانة القديمة من خلال مدخل خاص، مما يؤدي إلى الحصول على سطح خرساني جديد.



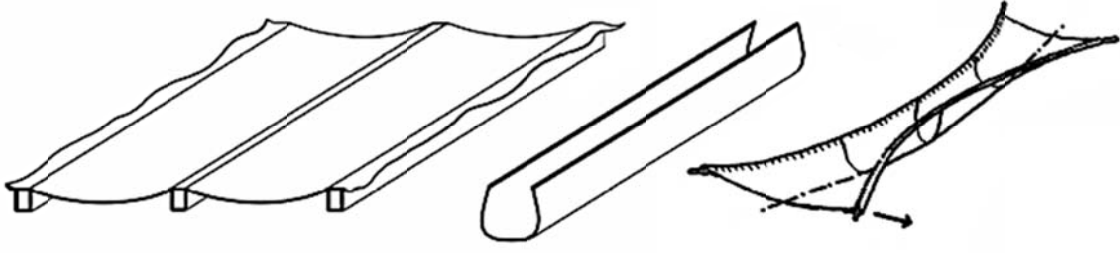
الشكل 7: قوالب ترميم الخرسانة

ب) قالب الجدار المصبوب في الموقع (Cast-in-place Wall Formwork) يتكون قالب الجدار المصنوع من النسيج وفقاً لطريقة Kenzo Unno من طبقتين من النسيج مقطبتان معاً الشكل (8) أو من طبقة واحدة من النسيج على أحد الجوانب مقطبة على دعامة صلبة عازلة من الجانب الآخر، بالإضافة إلى أنه يمكن دعم وسند القالب النسيجي عمودياً بواسطة حديد التسليح نفسه مما لا يلزم سوى تقييد جانبي أو تقوية جانبية لتثبيتته (بدون سقالات).



الشكل 8: قالب الجدار المصبوب في الموقع

مجموعة المجرى المفتوح (The Open Trough Group) هي عبارة عن صفائح نسيج مسطحة مثبتة أفقياً ومملوءة من الأعلى بالخرسانة، حيث تُستخدم هذه المجموعة في تشكيل العناصر الطولية مثل: الكمرات المتغيرة المقطع الجاهزة الشكل (9أ)، الأعمدة والقواعد الشريطية مسبقة الصب الشكل (9ب)، البلاطات ذات الاضلاع (ribbed slabs)، والألواح الجاهزة أو "المائلة إلى الأعلى الشكل (9ج).



(أ) الكمرات المتغيرة المقطع الجاهزة (ب) الأعمدة سابقة الصب (ج) الألواح الجاهزة أو "المائلة للأعلى"
الشكل 9: استخدامات مجموعة المجرى المفتوح

مميزات القوالب النسيجية

تحسين قوة ومتانة الخرسانة

أظهرت نتائج دراسات خصائص الخرسانة أن الاستخدام الشائع لماء الخلط الزائد لتحقيق قابلية التشغيل يشكل تهديداً خطيراً على جودة الخرسانة إذا بقيت هذه المياه الزائدة في سطح الخرسانة المتصلدة لأنها تقلل من القوة والمتانة، حيث يمكن تحقيق التخلص من ماء الخلط الزائد بنجاح بعد صب الخرسانة عن طريق استخدام القوالب النسيجية المنفذة، التي تعمل على تصريف ماء الخلط الزائد من خلال الغشاء المسامي للنسيج أثناء ضخ الخرسانة أو نتيجة وزن الخرسانة نفسها، مما ينتج عن ذلك خرسانة ذات جودة ومتانة عالية ومقاومة ضغط مرتفعة على السطح، الأمر الذي يزيد بدوره من قوة المنشأ وعمره التشغيلي.

تحسين جودة السطح

إلى جانب ماء الخلط الزائد يتم إخراج فقاعات الهواء أيضاً من خلال الغشاء المسامي للقالب النسيجي، حيث ينتج عن ذلك تشطيب عالي الجودة للسطح يكون مرضياً أكثر من الناحية الجمالية بالمقارنة مع الخرسانة المصبوبة في قوالب تقليدية حابسة للماء، كما يقلل أو يلغي هذا التشطيب الخالي من العيوب تكاليف العمالة اللازمة لإصلاح أو تشطيب الأسطح الخرسانية المكشوفة، بالإضافة إلي أنه نظراً لأن شكل وقوام الأسطح الخرسانية التي يتم إنتاجها بواسطة النسيج لا يمكن تمييزه بصرياً عن النسيج المستخدم في تشكيلها، فإن ذلك يجعلها تقدم أسطح وأشكالاً أكثر نعومة وجاذبية من الناحية المعمارية.

التشكيل المرن للعناصر المتغيرة المقطع

تم مؤخراً تطوير طرق بسيطة لتنفيذ أشكال منحنية وفعالة من الناحية الإنشائية باستخدام القوالب النسيجية، وذلك لتوفير انخفاض ملحوظ في المواد والأوزان بالإضافة إلى إمكانية تنفيذ الأشكال المعمارية والمثيرة للاهتمام غير المتاحة باستخدام تقنيات التشكيل التقليدية.

تقليل مواد الصب وتكاليف التخزين

يعتبر الخشب في العديد من البلدان حول العالم بما في ذلك معظم دول الشرق الأوسط نادر أو قليل، مما يتطلب استيراد الخشب المستخدم لصب الخرسانة من مسافات بعيدة، وفي المناخات الاستوائية يتحلل الخشب بسرعة ويفسد مما يحد بشدة من الاستخدام المتعدد لشدات الصب الخشبية، حتى في أمريكا الشمالية حيث يتوفر الخشب بسهولة فإن القوالب النسيجية تقارب حوالي 10% من تكلفة الخشب الرقائقي بالإضافة إلى وزنها وحجمها المنخفض للغاية الذي يزيل أو يقلل بشكل كبير تكاليف تخزين القوالب والتخلص منها.

توفير العمالة

يمكن تقليل تكاليف العمالة المرتبطة بتركيب ونزع القوالب بشكل ملحوظ (بنسبة 27٪ وفقا لأحد المراجع [11]) بالإضافة إلى التحسينات الناتجة في أوقات دورة العمل، كما أن بعض القوالب النسيجية مثل قوالب سترات الركائز ومنتجات تشكيل الأساسات تزيل تكلفة النزاع تماما لأن هذه القوالب منخفضة التكلفة وتبقى حتي بعد الصب.

الحماية من "ارتفاع الرطوبة"

تحمي القواعد المصبوبة باستخدام النسيج والتي تحتفظ بقوالبها المقاومة للماء، أساس المنشآت التي تدعمها من اختراق الرطوبة من الأسفل.

القابلية للتكيف مع ظروف الأرض غير المستوية:

عند استخدامها لتشكيل قواعد الأساس، تتكيف القوالب النسيجية مع الأرض غير المستوية أو الصخرية باستخدام الحد الأدنى من العمالة مقارنة بالطرق التقليدية.

عيوب القوالب النسيجية

بعد الاطلاع على الأبحاث والدراسات السابقة حول هذا الموضوع وعلى ما تم تناوله أثناء هذه الدراسة وجد أن العيب الوحيد لهذه التقنية هو عدم جودة أو كفاءة الخياطة، الأمر الذي يمكن أن يؤثر على الشكل النهائي المراد تنفيذه [7،12].

تأثير استخدام القوالب النسيجية المرنة على خواص الخرسانة

تشمل الطرق التقليدية لصب الخرسانة في الموقع استخدام شدات أو قوالب صلبة مصنوعة في الغالب من الخشب أو الحديد، والتي توفر اسطح غير منفذة مما يجعلها تحتفظ بسائل الخرسانة طوال فترة التميؤ الأولي، بينما تشمل الطرق البديلة والمتمثلة في استخدام القوالب النسيجية المرنة التي هي عبارة عن صفائح منفذة مصنوعة من منسوجات صناعية مثل (النايلون والبوليستر والبولي بروبيلين، إلخ) على توفير جدران مسامية للخرسانة التي يتم ضخها مما يسمح بخروج أو تسرب كميات كبيرة من ماء الخلط الزائد بحرية خلال سطح هذه القوالب، ونتيجة لذلك وجد أنه يتم الحصول على نوعية جيدة من الخرسانة باستخدام هذه التقنية.

هناك العديد من الدراسات والأبحاث التي تم إجرائها حول تأثير استخدام القوالب النسيجية المرنة على خواص ومقاومة الخرسانة والتي أثبتت نتائجها حتي الآن:

- إن استخدام القوالب النسيجية المرنة له العديد من التأثيرات الايجابية على خصائص الخرسانة وكذلك على الجدوى الاقتصادية للصب.
- إن للنسيج آثار إيجابية على مقاومة سطح الخرسانة فهو يقلل المسامية ويمنع تكون التعشيش والفراغات الهوائية ويزيد من كثافة الخرسانة، بالإضافة إلي أنه يوفر ملمسا جيدا للسطح الخرساني مما يجعله مناسباً للأعمال الخرسانية المكشوفة.
- إن استخدام القوالب النسيجية يعمل على إزالة الماء الزائد من الخرسانة الطرية بعد الصب بنسبة تصل إلى 30٪ ، مما يحسن من مقاومة الخرسانة ويزيد من سعتها التحمليّة وذلك بالاعتماد في الدرجة الأولى على نفاذية النسيج المستخدم ومقاس فتحات مسامه إلى جانب نسب وخواص المواد المكونة للخلطة الخرسانية، وزمن الخلط، وطريقة المعالجة بعد الصب، ودرجة وطريقة الدمك.

استخدام القوالب النسيجية في الإنشاء البحري

يتم استخدام أنظمة القوالب النسيجية بشكل متكرر تحت الماء للحصول على منشآت خرسانية متينة وفعالة، وذلك لأن عملية الإنشاء البحري تعتبر أكثر صعوبة من عملية الإنشاء على اليابسة، حيث توفر أنظمة القوالب النسيجة عند استخدامها تحت الماء حلول بناءً فعالة وناجحة، فهي تعمل على منع وإعاقة انجراف الخرسانة والمونة الإسمنتية كما تسمح أيضاً بوضع وتثبيت النماذج الهندسية مسبقة الصنع وتعبئتها وذلك بواسطة غواصين أو آلياً مما له مردود إيجابي على التكلفة واستخدام الحد الأدنى من العمالة.

سنتناول فيما يلي التطبيقات المختلفة لأنظمة القوالب النسيجية المستخدمة في الإنشاء البحري، الى جانب عرض أمثلة لمشاريع فعلية نفذت على أرض الواقع في مناطق مختلفة حول العالم:

تبطين وحماية السدود والمنحدرات

يتم استخدام مراتب النسيج المكونة من طبقتين والمفروشة مسبقاً على الأرضيات والمنحدرات المراد حمايتها وذلك بعد تعبئتها عن طريق ضخ الخرسانة المكونة من الرمل والاسمنت داخلها، حيث تسمح نفاذية القماش بتسرب ماء الخلط الزائد من خلال جدران النسيج المغلق، مما يؤدي إلى إنتاج خرسانة مقاومة للتآكل ذات قوة ومتانة عالية سواء تم إنشاؤها فوق الماء أو تحته. يبين الشكل (10) استخدام المراتب النسيجية لتوفير الحماية لإثنين من مرافئ السفن الجديدة في ميناء كوتونو، وذلك من خلال تصميم غطاء واقٍ لمقاومة الانجراف الناتج عن قوي الشفط المتولدة من حركة مراوح السفن باستخدام مراتب نسيجية ذات سمك 240 و 150 مم وعمق 15م لاستيعاب سفن أكبر.



الشكل 10: استخدام المراتب النسيجية في ميناء كوتونو (بنين، أفريقيا 2011) [6]

استخدام أكياس النسيج كأساس للمنشآت سابقة الصب

توفر أنظمة أكياس النسيج أساسات متينة وموثوقة للعناصر المسبقة الصب في البيئة البحرية [12]، حيث يتم وضع وتثبيت هذه الأساسات عادة على قاعدة العنصر الجاهز قبل غمره في الماء، ومن ثم ملئها عندما يتم تثبيت العنصر في موضعه النهائي فوق قاع البحر عن طريق ضخ الخرسانة. يبين الشكل (11) استخدام المعبر البحري الذي يبلغ طوله 13 كم إلى جزيرة الأمير إدوارد نظاماً إنشائياً لجسر مصنوع من عناصر خرسانية مسبقة الصب، والذي تم أثناء إنشاءه استخدام وسائل من أكياس نسيجية مقيدة كأساس لتثبيت قواعد الركائز والدعامات الجاهزة للجسر، وذلك بواسطة إطار التثبيت الآلي الموضح في الشكل (12) في أعماق مياه تصل حتى 30م.



الشكل 11: استخدام أنظمة أكياس النسيج في جسر الكونغفدرالية (جزيرة الأمير إدوارد، كندا 1996) [13]



الشكل 12: اطار التثبيت الآلي وأكياس النسيج المقيدة المستخدمة في أساسات جسر الكونغفدرالية [13]
ترميم الركائز والدعامات البحرية

تعاني الركائز والدعامات المشيدة في البحار والأنهار من الضرر المفرط بسبب التعرض المستمر للرياح والأملاح وحركة الأمواج والتآكل والكشط الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى تلفها وتهديد العمر الافتراضي لها، حيث وجد أن استخدام نظام السترات النسيجية أو ما يعرف بسترات الركائز (Pile Jackets) يعتبر حلاً اقتصادياً ودائماً لحماية وتقوية هذه العناصر المغمورة، فهو يوفر عند استخدامه سطحاً منفذاً للخرسانة التي يتم حقنها مما له تأثير إيجابي على معدل الكربنة واختراق الكلوريدات وإطالة عمر الأرصفة والمنشآت البحرية بشكل عام، بالإضافة إلى أن هذه السترات تصنع من أقمشة مرنة وخفيفة للغاية لا يلزم أي اليات لمناولتها ووضعها في الأماكن المطلوبة، سهولة التركيب ويمكن اعدادها بالأقطار والأطوال المختلفة الشكل (13).



الشكل 13: استخدام نظام السترات النسيجية في ترميم الركائز البحرية [4]

يبين الشكل (14) استخدام نظام السترات النسيجية في الرصيف الضخم لميناء دبلن، والذي أصبحت ركائزه الفولاذية مع مرور الوقت في حالة سيئة للغاية بسبب الثقوب الكثيرة الناتجة عن التآكل مما أدى الى الاعتقاد أن المنشأ سيتعرض للانهدام، حيث مكن استخدام نظام السترات النسيجية بعد ذلك من تقوية وحماية هذه الركائز الفولاذية وذلك عن طريق فحص سمك الفولاذ وتقييمه إنشائياً من قبل مهندسين استشاريين واختيار غلاف خرساني بسمك 100 مم وتعزيزه بحلقات تسليح معدنية، بالإضافة الى تطوير خليط الخرسانة التقليدي للحصول على مقاومة تصل إلى 45 ميجا باسكال ودمجه بألياف البروبلين للمساعدة على التحكم في الإنكماش.



الشكل 14: استخدام نظام السترات النسيجية في الرصيف الضخم لميناء (دبلن، إيرلندا 2006) [6]

بناء وترميم الجدران

يتم بناء الجدران وترميمها تحت الماء من خلال استخدام غلاف خارجي مصنوع من قوالب نسيجية معلق على شبكة من الإطارات المصنوعة والمغطاة من الفولاذ أو الألمونيوم، حيث يتم إزالة هذا الغلاف النسيجي عادة بعد إزالة الإطار. ويبين الشكل (15) استخدام قوالب النسيج لترميم جدران القناة الكبرى الموجودة في دبلن، وذلك من خلال استخدام النظام المكون من غلاف خارجي مصنوع من النسيج والمثبت على إطار تحكم شبكي كما هو موضح.



الشكل 15: استخدام قوالب النسيج لترميم جدران القناة الكبرى (دبلن، أيرلندا 2007) [6]

أنظمة القوالب النسيجية البحرية الأخرى

- علاوة على التطبيقات الرئيسية الموضحة سابقاً لأنظمة القوالب النسيجية في الإنشاء البحري، غالباً ما يتم استخدام هذه الأنظمة لما يلي:
- ترميم وإصلاح الانجراف السفلي للأساسات البحرية
 - دعم وحماية الأنابيب
 - موانع تسرب للسدود والأنابيب

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

بعد الإطلاع على عدد من الأبحاث والدراسات السابقة حول هذا الموضوع، وعلى المعلومات التي تم تناولها وتوضيحها خلال هذه الورقة، تم التوصل إلى النقاط والاستنتاجات التالية:

- ❖ إن تاريخ هذه التقنية مشتت للغاية ومقسم إلى خطوط تطور مختلفة مع العديد من الباحثين الذين كانوا في السابق غير متواصلين مع بعضهم البعض، الأمر الذي قد يكون ساهم في تأخر اكتشافها وانتشار استخدامها على نطاق واسع في العالم.
- ❖ إن استخدام القوالب النسيجية يقدم طرحاً واسلوباً جديداً ومختلفاً تماماً لصب وتشكيل المنشآت والعناصر الخرسانية، وذلك لما يتمتع به من مزايا هامة وعديدة أبرزها:

- سهولة التشكيل والتركيب وانخفاض سعر التكلفة.
 - خفة الوزن وسهولة النقل والشحن.
 - إمكانية تشكيل أغلب الأشكال المعمارية والعناصر الإنشائية متغيرة المقطع مع التوفير في وزنها وتكلفتها.
 - إمكانية استخدام الخلطات الخرسانية عالية التشغيلية دون اللجوء إلى استخدام الإضافات.
 - إزالة الماء الزائد من الخرسانة الطرية بعد الصب بنسبة تصل إلى 30%.
 - يقلل المسامية ويمنع تكون التعشيش أو أي فراغات في الخرسانة مما يزيد من كثافتها.
 - تحسين المقاومة وزيادة سعة التحميل للعناصر الخرسانية.
 - ديمومة هذه القوالب النسيجية تجعلها توفر حماية ملائمة وفعالة للبيئة.
- ❖ أظهرت نتائج تحليل اختبارات المقاومة لإحدى الدراسات التي أجريت حول تأثير استخدام القوالب النسيجية على خواص الخرسانة أن 65% من مقاومة الضغط النهائية للخرسانة المصبوبة في قوالب نسيجية تم اكتسابها عند عمر 3 أيام و 85% عند عمر 7 أيام و 95% عند عمر 14 يوم بينما كانت النتائج لنفس الخلطات الخرسانية في القوالب المعدنية 35% و 65% و 85% على التوالي، حيث يمكن أن يكون ذلك نتيجة للشك السريع للخرسانة المصبوبة في قوالب نسيجية بسبب تسرب الماء الزائد خارج جدران هذه القوالب.
- ❖ ليس من الصحيح تعميم حقيقة أن الخرسانة المصبوبة في قوالب نسيجية تتمتع دائماً بمقاومة ضغط أعلى من الخرسانة المصبوبة في القوالب التقليدية، وذلك لأن حجم مسام القالب النسيجي ونسب وخواص المواد المكونة للخلطة الخرسانية لها دور مهم في تحقيق أو إلغاء ذلك إلى جانب العديد من العوامل الهامة الأخرى.
- ❖ يوفر استخدام أنظمة القوالب النسيجية لصب وترميم المنشآت الخرسانية تحت الماء حلول بناء فعالة وناجحة وأقل تكلفة بالنظر إلى صعوبة الإنشاء البحري مقارنة بالإنشاء على اليابسة.

التوصيات

- يوصى بإجراء دراسة بحثية أكثر تفصيلاً حول جدوى استخدام القوالب النسيجية، باستعمال مجموعة متنوعة أكثر من منسوجات التغطية الأرضية المتوفرة مثل البولي إيثيلين والنايلون بأحجام وأقطار مسامات مختلف.
- إنتاج وتطوير طرق بناء مناسبة لصب العناصر الخرسانية باستخدام القوالب النسيجية، الأمر الذي يساهم في انتشار استخدامها كتقنية بناء متطورة.
- إجراء المزيد من الأبحاث والدراسات حول إيجاد حجم المسام، ونوع وسمك النسيج الأمثل لأنواع معينة من العناصر الإنشائية التي تستخدم بكثرة.
- تطوير برامج خاصة بالتصميم والتحليل للقوالب النسيجية والعناصر الإنشائية المتغيرة المقطع المصبوبة باستخدام النسيج، حتى يزيد استخدام قوالب النسيج على المستوى التجاري.

- زيادة وعي المهندسين من أجل دعم التطوير المستمر لأنظمة القوالب النسيجية المستخدمة لإنشاء الخرسانة البحرية في المستقبل.

المراجع

- [1] Abdelgader, H. S., Gorski, J., and Schmitz, R. P., "Toward the Future of Fabric Formwork", Concrete International, July 2018, pp 36-40.
- [2] Turukmane, R., Gupta, K. K., "Constructional Behavior and Water Retention Property of Textile Fabrics for Curing of Concrete Structures", Technical Textiles International, February 2021, pp 38-39.
- [3] Abdelgader, H. S., West, M., and Gorski, J., "State-of-the-Art Report on Fabric Formwork", Proceedings of the International Conference on Construction and Building Technology, Kuala Lumpur, Malaysia, 2008, pp 93-106.
- [4] Gorski, J., Ghaib, M. A., and Abdelgader, H. S., "Concrete Elements Cast in Fabric Forms", BFT International Concrete Plant + Precast Technology; Betonwerk and Fertigteil-Technik, August 2002, pp 24-32.
- [5] Abdelgader, H. S., West, M., and Gorski, J., "Fabric Formwork – An Alternative to Traditional Formwork", BFT International Concrete Plant + Precast Technology ; Betonwerk + Fertigteil-Technik, March 2018, pp 48-57.
- [6] Hawkswood, M. G., "Fabric Formwork Systems Used in Marine Construction", Proceedings of the Second International Conference on Flexible Formwork, Bath, UK, 2012.
- [7] Delijani, F 2010, 'The Evaluation of Changes in Concrete Properties due to Fabric Formwork', MS Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
- [8] Iriwin, R. W., "Fabric Forms for Concrete", New Zealand Concrete Construction, July 1981, pp 19-22.
- [9] Shah, AN 2017, 'Performance Evaluation of Fabric Formwork', MS Thesis, CEPT University, India.
- [10] West, M., "Prestressed Fabric Formworks for Precast Concrete Panels", Concrete International, April 2004, pp 60-62.
- [11] Pallet, P., "Introduction to the Formworks Scene", Concrete Magazine, March/April 1994, pp11-12.
- [12] West, M., The Fabric Formwork Book: Methods for Building New Architectural and Structural Forms in Concrete, 1st Edition, Routledge, New York, 2016.
- [13] Hawkswood, M. G., Alsop, N. W. H., "Foundations to Precast Marine Structures", Coasts, Marine structures and Breakwaters, September 2009, pp 7-12.