جامعة دمشق
كليّة الهندسة المعمارية
قسم علوم البناء والتنفيذ

# الآفــاق المسـتقبلية لاستخدام منتجـات الأليــاف البازلتيـة في البنــاء

# Future Prospects For Using Basalt Fiber products in Construction Field

إعداد : م. لجين هشام الصفره
إشراف : أ.د. غسان برجس عبود

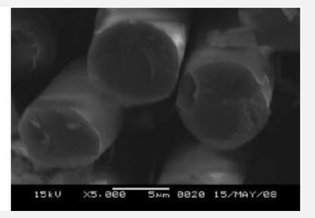
## ملخص البحث ....

تُعدُّ المواد الليفيّة نوعاً من المواد الحديثة التي حَظيت باهتمام وشعبيّة من قبل المعماريينّ والإنشائيينّ على حدٍ سواء نظراً لتطبيقاتها المُختلفة في مجالاتِ الهندسة. ومن خلال التحقيقات والأبحاث السّابق فقد بينّ استخدام الألياف البازلتيّة نتائجَ واعدة وفوائدَ كبيرة تتعلّقُ بالقوةِ والصلابةِ والمَتانة والتّكلفة المقبولة... إلخ. تستعرِض الدراسة التّعريف بالألياف البازلتيّة وتطبيقاتها المختلفة ضمن نطاق موادِ البناء، وتدرسُ قدرتها على التّكيّفِ معَ احتياجاتِ البنَاءِ المستقبليّ الّتي تدفعُ بالسّماتِ المعماريّة والإنشائيّةِ إلى إمكانيّاتٍ لامحدودة.

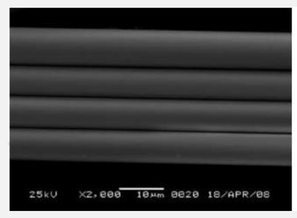
## 01 الألياف البازلتية ....

### أ - مفهوم الألياف البازلتية :

ظهر مصطلح الألياف البازلتية بمجال مواد البناء الهندسية وتُعرّف أنها نوع من ألياف الألومينوسيليكات وهي ألياف طبيعية دقيقة للغاية، تتمتع بطبيعة لا عضوية وغير بلورية ناتجة عن عملية أكسدة للبازلت الخام. تمتاز بمقطع عرضي دائري وسطح انسيابي في الاتجاه الطويل.



صورة SEM توضح البنية المجهرية للألياف البازلتية



شكل الألياف البازلتية

### ب - منتجات الألياف البازلتية :

على الرغم من الانتشار العالمي الواسع للألياف البازلتية إلا أنه لم يتم إلى الآن الاتفاق على تصنيف موحد لمنتجات ألياف البازلت وإنما اقتصرت غالبيتها على محاولات لبعض الباحثين ممن قاموا بوضع تصنيف يتماشى مع توجهاتهم البحثية. من هنا قام البحث باقتراح تصنيف جديد لمنتجات البازلت وفقاً لطريقة نقلها للأحمال وسلوكها الإنشائي تجاه الإجهادات المطبّقة وفق الآتي :

1 - **منتجات الألياف البازلتية المفــردة** وتقسم إلى :
- منتجات بازلتية عشوائية الاتجاه
- منتجات بازلتية أحــادية الاتجاه
- منتجات بازلتية ثنـــائية الاتجاه
- منتجات بازلتية متعـددة الاتجاه

2 - **منتجات الألياف البازلتية الهجيــنة :** وتضم نوعين :
- تشكيل السداة من خيوط البازلت واللحمة من خيوط أخرى(أو العكس)
- ضمن خيوط البازلت وخيوط أخرى ضمن حزمة واحد بوجود الراتنج.

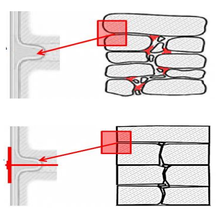
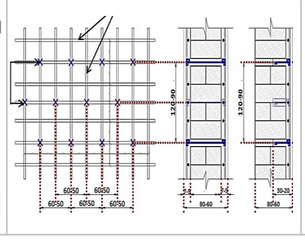
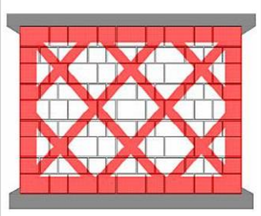
3 - **منتجات الألياف البازلتية المركبــة :** يختلف أدائها حسب نوع المادة الرابطة ونوع المنتج البازلتي المستخدم وسطح التماس البيني.

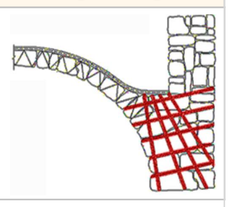
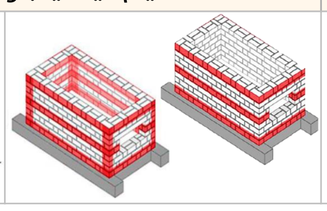
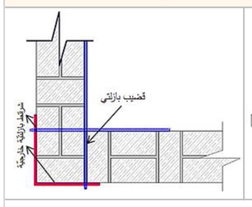
## 02 مقترحات استخدام منتجات الألياف البازلتية معمارياً ....

### الألياف البازلتية كتدعيم للمباني مبنية من وحدات بازلتية

**أسباب اختيار ألياف البازلت بإصلاح المباني البازلتية :**
- توافق الأصل الخام للمادة الداعمة (الألياف البازلتية) مع المادة المتضررة (البازلت الخام).
- تغيير سلوك المقاومة الأحادي ضمن الجدار البازلتي المبني (مقاومة الضغط) وتحويله لنظام مركب (مقاومة الشد والضغط).
- تعديل سلوك الأداء للمادة المتضررة (وحدات البازلت) نحو القوى الأفقية (الزلازل والرياح).

**أمثلة لاستخدام منتجات ألياف البازلت بأغراض التدعيم :**
اعتمدت جميع المقترحـات التالية على المعايير العالمية (ASTM C170 Standards - RILEM Recommendations)

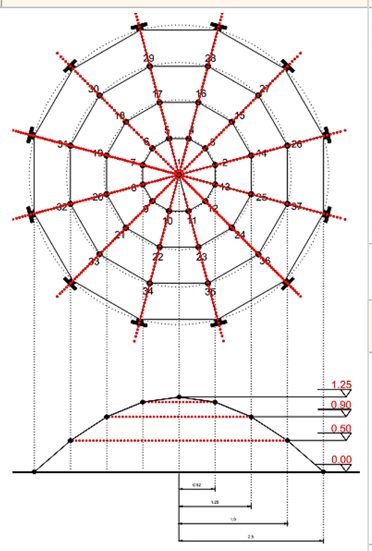
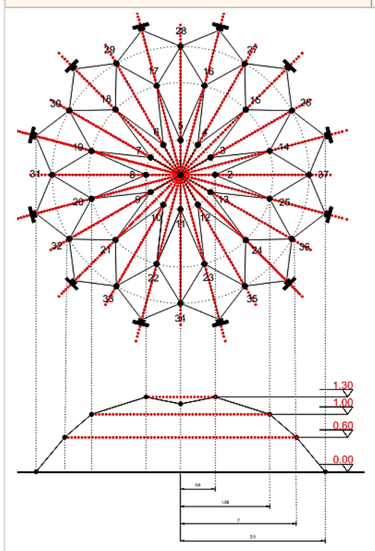
| ألياف بازلتية | قضبان بازلتية | شبكات بازلتية |
|---|---|---|
|  |  |  |
| طريقة الحقن والحشو | مقترحات لتدعيم الجدران البازلتية المبنية من وحدات | |

| شرائط بازلتية | تدعيم ليفي بازلتي مركب |
|---|---|
|  |   |
| تقوية الأقواس | استخدام تدعيم بازلتي ثنائي (نسج وقضبان) لتقوية الزوايا |

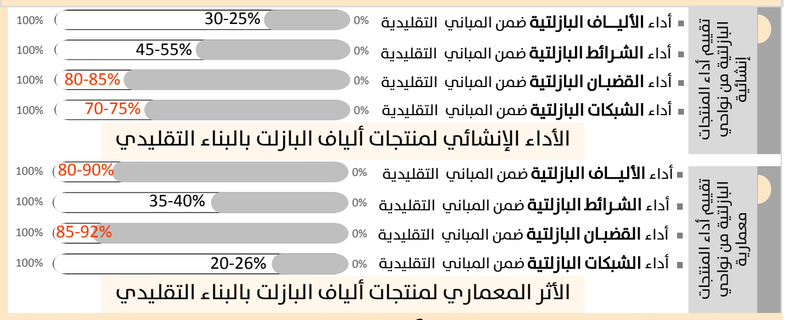
### الألياف البازلتية كمادة أساسية بتصميم بُنى فراغية

**اقتراح قشرية فراغية من القضبان البازلتية :**
تمّ اعتماد أسس تحليل *TNA القائم على توليد نماذج فراغيّة لتُنشر لاحقاً وفقاً للتكوين الهندسي المرغوب. وخلال الدراسة اختير مبدأ القباب الشبكية كونها أبسط القشريات المنتظمة وأكثرها استقراراً في حين اقتصر البحث على تصميم قبتين شبكيتين تتألفان من وحدات 2D تسلك كل منها سُلوكاً خطياً وفق ما يلي :

**- القبة الثلاثيـة :** ناتجة عن نشر شبكة ثلاثية صلدة على هيكل نصف كروي (قبة مثنية من نمط Yoshimaura).
**-القبة الرباعية** : ناتجة عن نشر شبكة ثلاثية صلدة على هيكل نصف كروي (قبة رباعية مضلعة).

| قبة رباعية مضلعة | قبة ثلاثية مثنية |
|---|---|
|  |  |
| نشر وحدة رباعيّة على هيكل فراغي | نشر وحدة ثلاثيّة على هيكل فراغي |

### تقييم أداء الألياف البازلتية بالمباني البازلتية التقليدية




### تقييم أداء الوحدة (الثلاثية والرباعية) بالقباب البازلتية

| نوع الوحدة | مقاومة الإجهاد | أداء العقدة | القوى الأفقية | الصلابة | تأخير الفشل |
|---|---|---|---|---|---|
| وحدة ثلاثية | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ |
| وحدة رباعية | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ |

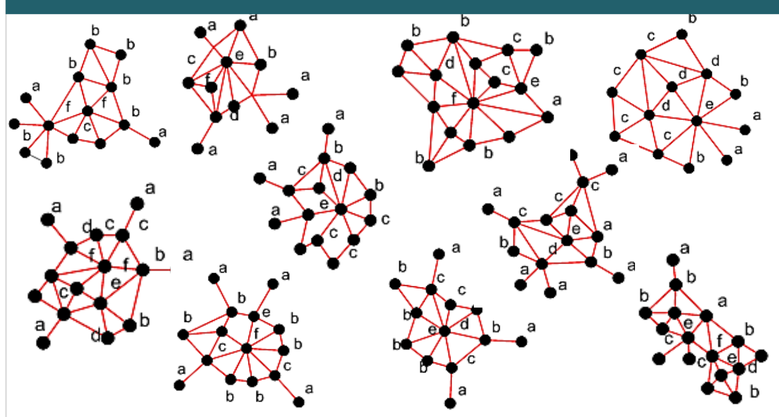
مقارنة النواحي الإنشائية للوحدتين البازلتية

| نوع الوحدة | الوزن الذاتي | سلوك الوحدة | أبعاد الوحدة | المجازات | حرية الفتحات |
|---|---|---|---|---|---|
| وحدة ثلاثية | ↑ | ↑ | Σ | ↑ | ↑ |
| وحدة رباعية | ↑ | ↓ | Σ | ↓ | ↑ |

مقارنة النواحي المعمارية للوحدتين البازلتية

**استخلصت جميع النتائج السابقة حسب تحليل العناصر المحدودة FEA الذي تمّ إجراؤه ضمن البحث**

## 03 التطلعات المعمارية لاستخدام منتجات الألياف البازلتية ....



بعد المقارنة بين أداء الوحدة (الثلاثية و الرباعية) و ملاحظة أن الوحدة الثلاثية (المنتظمة أو اللامنظمة) هي الأفضل من النواحي المعمارية والإنشائية فقد جاء مقترح البحث بإمكانية تطويع هذه الوحدة ضمن هياكل قشرية فراغيّة وبالشكل الذي يلبي متطلبات العمارة الحديثة وفقاً لنوعين اثنين :

**( قشريات شبكيّة مثنية – وقشريات شبكية منحنية)**

وتبقى الحلول عديدة لتشكيل المزيد من القشريات الشبكية باستخدام منتجات الألياف البازلتية ....

## 04 النتائج والمناقشة ....

- بالرغم من ديمومة الحجر البازلتي إلا أنّ منتجات الألياف البازلتية ستسمح باستخدام كميات أقل من المادة الخام ووزن ذاتي أخف مع قدرة عاليّة على تُلبّية المتطلّبات المعمارية...
- يمتاز البازلت الخام بمقاومة عالية تجاه قوى الضغط لكن بتحويل البازلت إلى ألياف فإن ذلك سيمنحها مقاومة عاليّة تجاه قوى الشد الأمر الذي يعد إيجابياً لتشغيل المادة بشكل أكثر اتساعاً
- تمتاز الألياف البازلتية بخصائص فريدة متفاوتة في حين تشترك جميع هذه المنتجات بأنها مواد صحية وصديقة للبيئة ورخيصة بالنسبة للألياف الأخرى مما يجعلها مرغوبة بأغراض البناء.
- من الجيّد استخدام منتجات الألياف البازلتية في تدعيم المباني التقليديةلكن يجب توخي الحذر عند اختيار المنتج الليفي البازلتي دون المساس بالهوية المعمارية للمبنى التقليدي.
- يُحدد شكل الوحدة البازلتية سلوكها الإنشائي كما أنّ هذه الوحدات ستسمح بالحصول على بُنى فراغيّة خفيفة بما يُلبي متطلّبات العمارة الحديثة أيضاً.
- إنّ المشكلة باستخدام الألياف البازلتية كمادة بناء «أساسيّة أو ثانوية» عدم وجود كودات متخصصة أو معايير مرجعية للمفاضلة مع الألياف الأخرى ومنه الانتقاء الأنسب حسب ما تقتضيه الحاجة.

## المراجع ....

1. **Аблесимов Н.Е, Наумова Е.Е, Семенов В.Г, Малова Ю.Г(2018),** Базальты Сириидля каменного (базальтового) волокна, Russian Study in Shahba - South Syria...

2. **Айдаралиев Ж.К, Исманов Ю.Х, Кайназаров А.Т (2020) ,** ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ДЕФОРМАЦИИ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ВЯЗКОСТИ РАСПЛАВА В ПРОЦЕССЕ ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ, Kyrgyz State University of Construction-Moscow.

3. **Борисович К. А (2019)** , Проектирование элементов колесных машин из композиционных материалов, Polymer composite materials - Moscow State Technical University/Russia