



## استخدام المواد المعاد تدويرها والمنتجات الثانوية الصناعية كمواد بناء بديلة في قطر

**د. وائل النحال**

قسم الهندسة المدنية و المعمارية – جامعة قطر



**ندوة حول تحديات قطاع البناء و التشييد في قطر في ظل الحصار**



## المقدمة

- رؤية قطر الوطنية 2030
  - التنمية الاقتصادية والاجتماعية و **البيئية** و  
تتميتها.
  - النمو الاقتصادي المتزامن مع **حماية البيئة**.
  - استراتيجية قطر الوطنية للتنمية
    - التسلسل الهرمي لإدارة النفايات.
    - إعادة تدوير 38% من المخلفات.





## تعريف الاستدامة من قبل الايزو

”حالة النظام العالمي، التي تشمل النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية، و تلبى احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها الخاصة“



# الاستدامة

” لقد اخترع الإنسان فكرة عظيمة ” الاستدامة “ في نهاية القرن 20. من هذه الفكرة،

أصبحت مشاكلنا واضحة تماما“



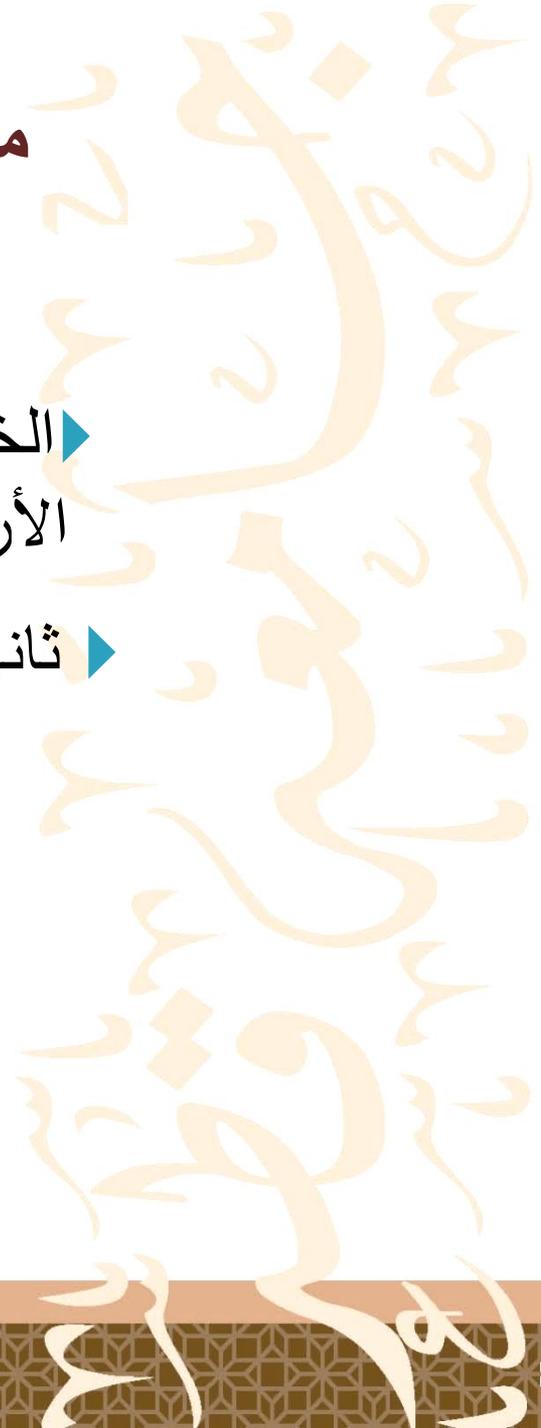
”الخرسانة، ليس لها بديل آخر“

Koji Sakai, Prof. of Kagawa University  
..... Chair of ISO/TC71/SCB, fib SAG 8, JCI



## ما معنى استدامة الخرسانة ؟

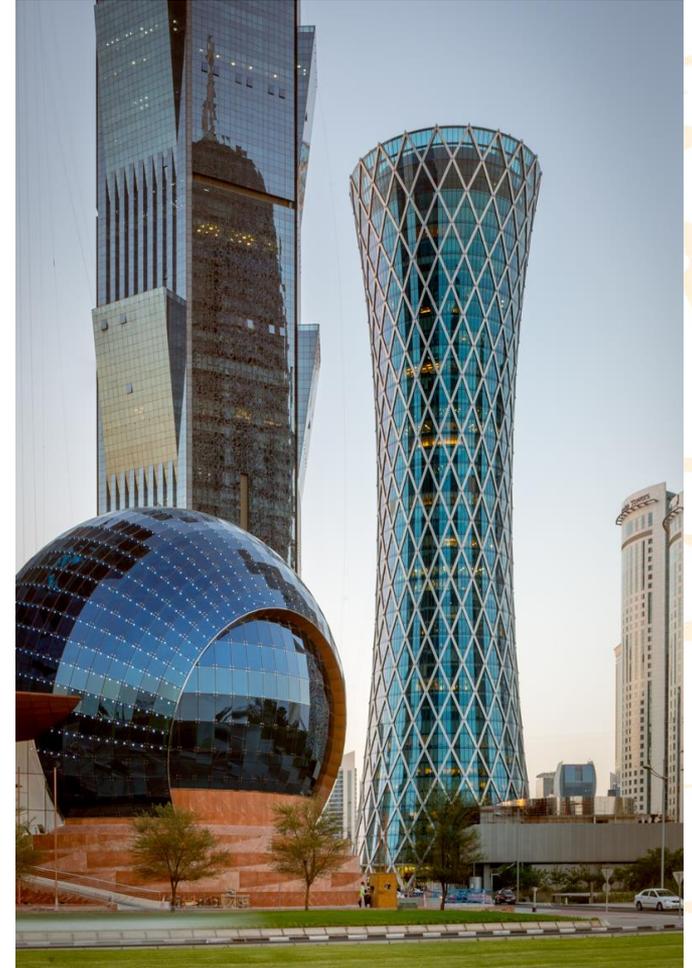
- ▶ الخرسانة مصنوعة من المواد الأكثر وفرة على وجه الأرض: الحصى والاسمنت والمياه وغيرها.
- ▶ ثاني أكثر المواد استهلاكاً على الأرض بعد الماء.





## معلومات أساسية

- الخرسانة هي أكثر مواد البناء استخداما في العالم حيث يتم استخدام أكثر من **25 مليار طن** من الخرسانة كل عام في جميع أنحاء العالم. (**أكثر من 10 مليون متر مكعب في قطر**)
- الخرسانة لها تأثير كبير على المباني المراعية للبيئة (المباني الخضراء) بسبب الموارد الكبيرة المستخدمة في صناعتها.
- الاستخدام الذكي للخرسانة يساهم بشكل كبير في الإنشاءات المستدامة.





## الطلب على الحصى؟

– 46 مليار طن بحلول عام 2011

– 49 مليار طن بحلول عام 2012

– 52 مليار طن بحلول عام 2013

– 57 مليار طن بحلول عام 2014

– 65 مليار طن بحلول عام 2015

Air: 6%

Cement: 10%

Water: 18%

Sand: 25%

Gravel: 41%



(World Construction Aggregates, [www.freedoniagroup.com](http://www.freedoniagroup.com))



# الطلب على الحصى؟

إذا استمر نفس معدل البناء، ماذا سيحدث في  
عام 2050

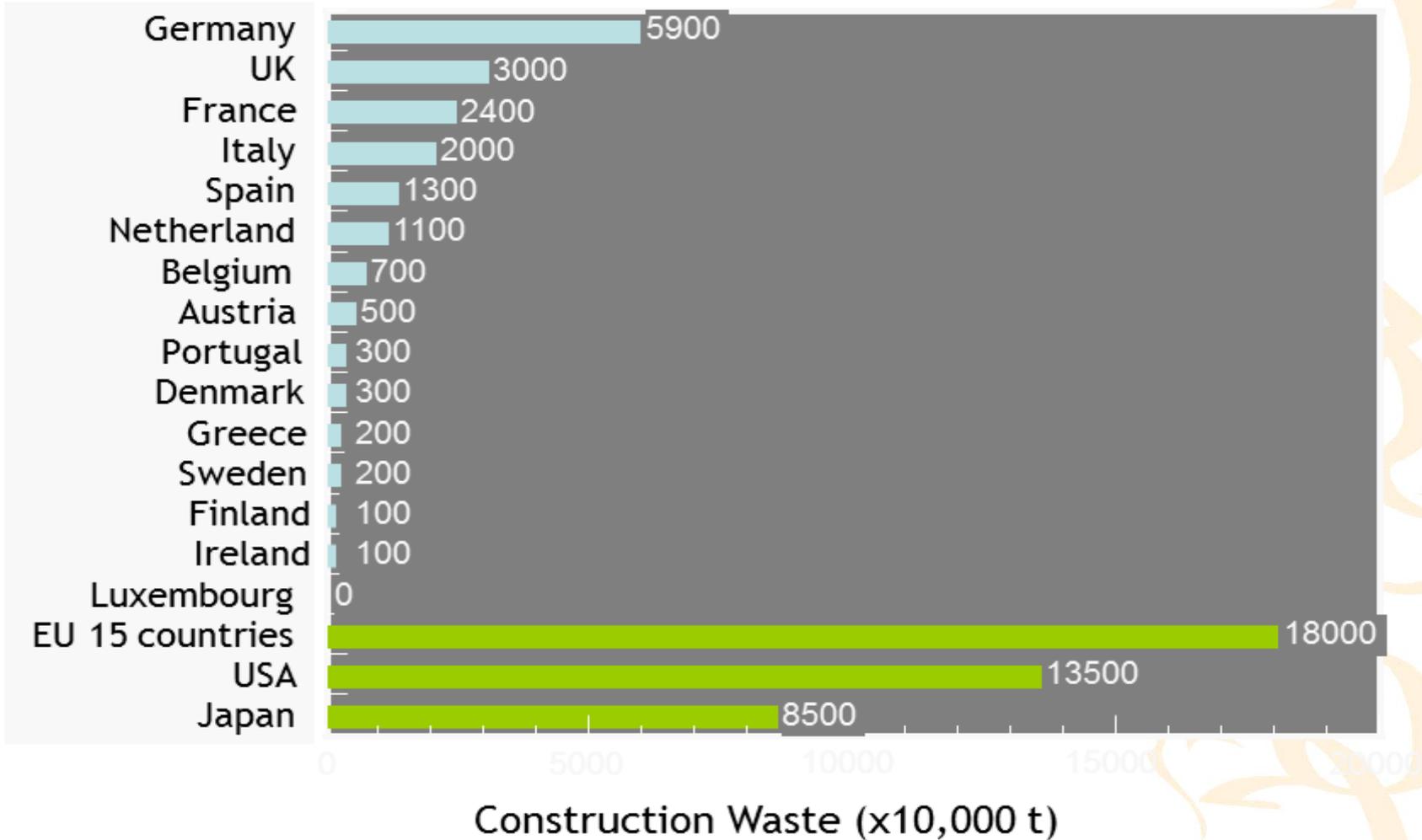
• لن يوجد حصى في الطبيعة بشكل كافي

حصى معاد تدويرها





# مخلفات الانشاءات في جميع أنحاء العالم





# مخلفات تشييد و هدم الانشاءات

تتراوح نسبة النفايات الصلبة الناتجة في قطر من **75 إلى 80** في المئة سنويا (حوالي **12** مليون طن) من قطاع البناء.



(سوق واقف - الدوحة)



هدم مبنى قديم  
(الأصمغ - الدوحة)



كلية الهندسة  
College of Engineering  
جامعة قطر QATAR UNIVERSITY

# مصادر مخلفات تشييد و هدم الانشاءات



نفايات الهدم  
(مشيرب - الدوحة)



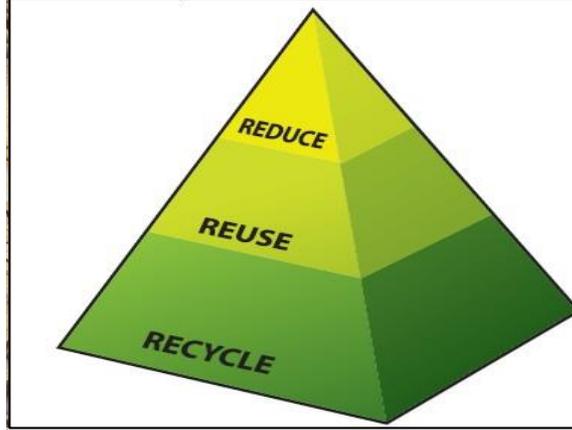
الأرصفة، الطرق



# الفوائد الاقتصادية والاستدامية والبيئية



- **الاقتصادية**
- توفير في تكاليف المواد
- فرص عمل جديدة
- أداء مماثل للمواد التقليدية



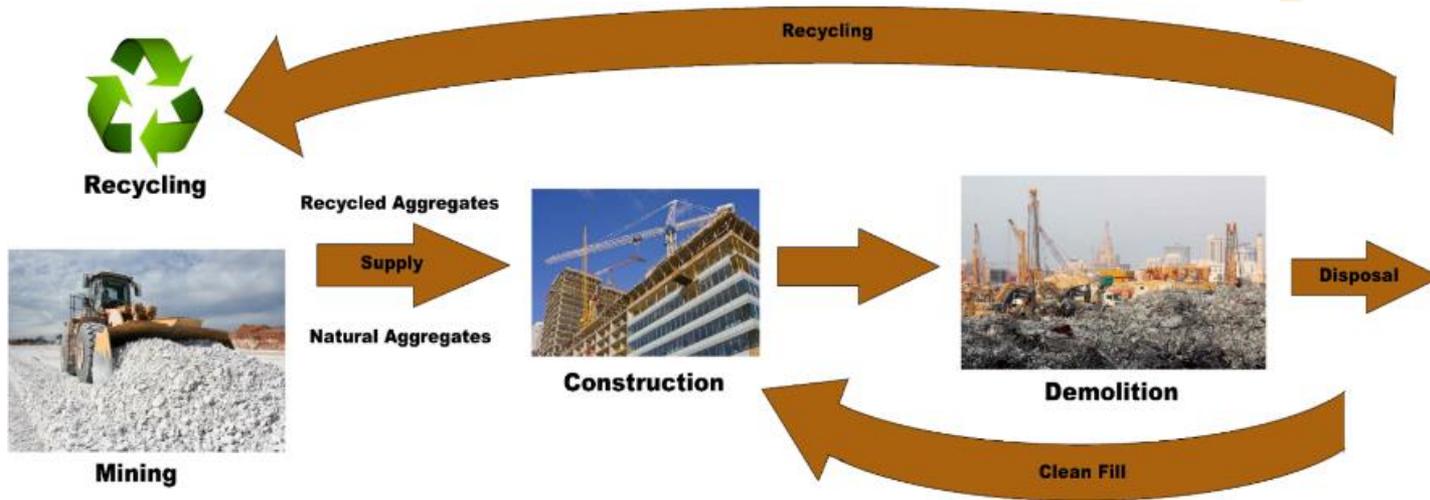
- **الاستدامية**
- الاعتماد على الموارد المحلية
- إمدادات مستدامة من المواد
- دعم استراتيجية الحكومة



- **البيئية**
- تقليل مكبات النفايات
- تقليل انبعاثات الكربون
- حماية البيئة

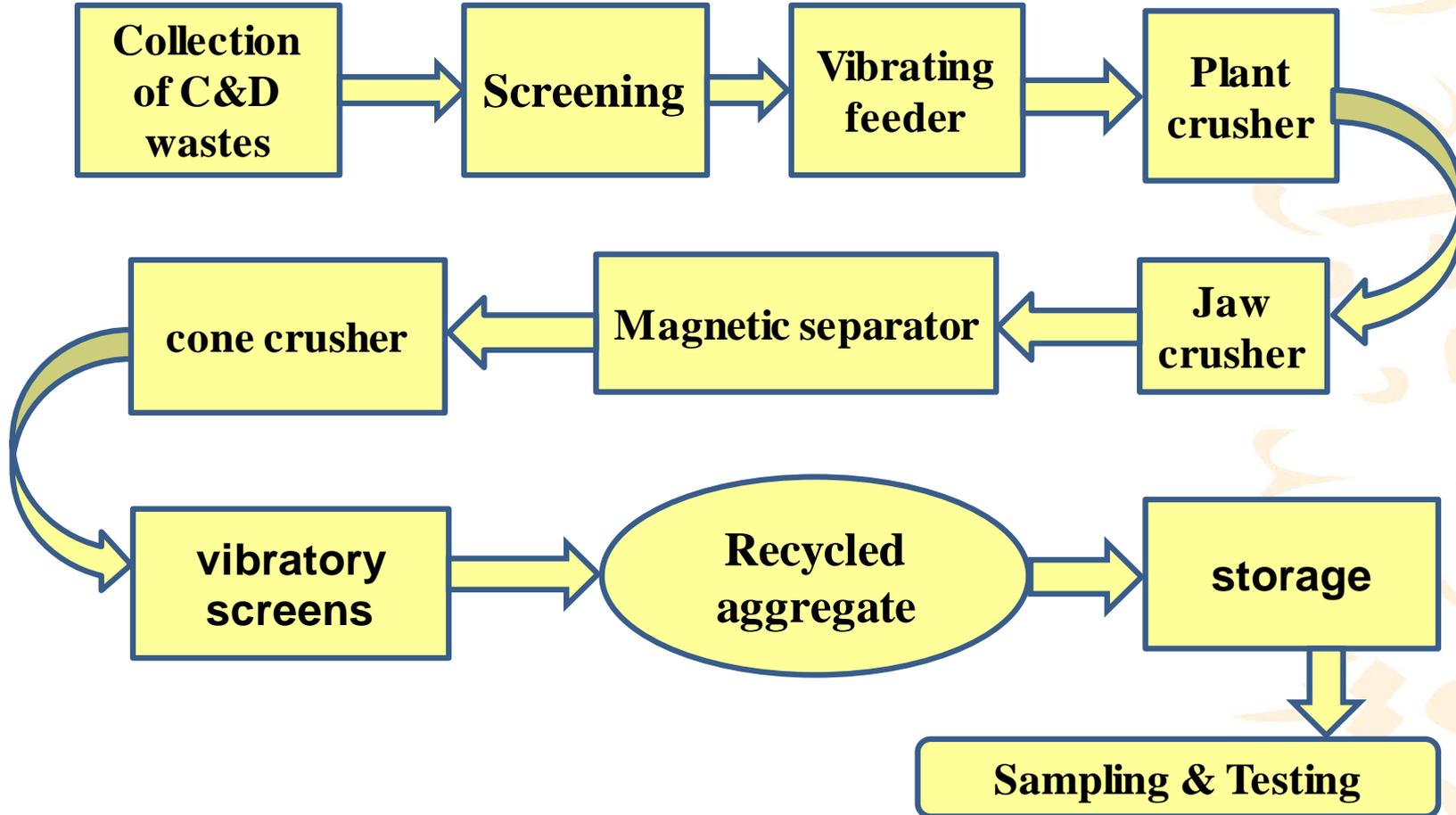


# عملية إنتاج الحصى الخرسانية المعاد تدويرها





# الحصى الخرسانية المعاد تدويرها



مخطط عملية إنتاج الحصى الخرسانية المعاد تدويرها



# استخدامات الحصى المعاد

## تدويرها

### ▶ الحصى (أساس الطرق)

الخرسانة المعاد تدويرها و الأسفلت المعاد تدويره يتم استخدامهم بشكل كثير كأساس للطرق وأيضا في رصف الطرق السريعة.

الحصى المستخدمة كقاعدة الأساس للطرق توضع فوق التربة التحتية وأسفل السطح المرصوف وتعتبر أساس هيكلي فعال للغاية للرصف.



# استخدامات الحصى المعاد تدويرها

## تثبيت التربة

- يمكن خلط الحصى المعاد تدويرها مع مواد أقل جودة من أجل تحسين قدرة تحمل الأحمال للتربة التحتية. مزيج الحصى المعاد تدويرها يغير نفاذية المياه للتربة التحتية ويحسن ثبات التربة.



كلية الهندسة  
College of Engineering  
QATAR UNIVERSITY جامعة قطر

# تثبيت التربة





# استخدامات الحصى المعاد تدويرها

## وضع الأنابيب

يمكن استخدام الخرسانة المعاد تدويرها كبديل للحصى التي لم يتم استخدامها من قبل بشكل مناسب كأساس ثابت للمرافق تحت الأرض.





كلية الهندسة  
College of Engineering  
جامعة قطر QATAR UNIVERSITY

# استخدامات الحصى المعاد تدويرها

أخرى ▶





# استخدامات الحصى المعاد تدويرها

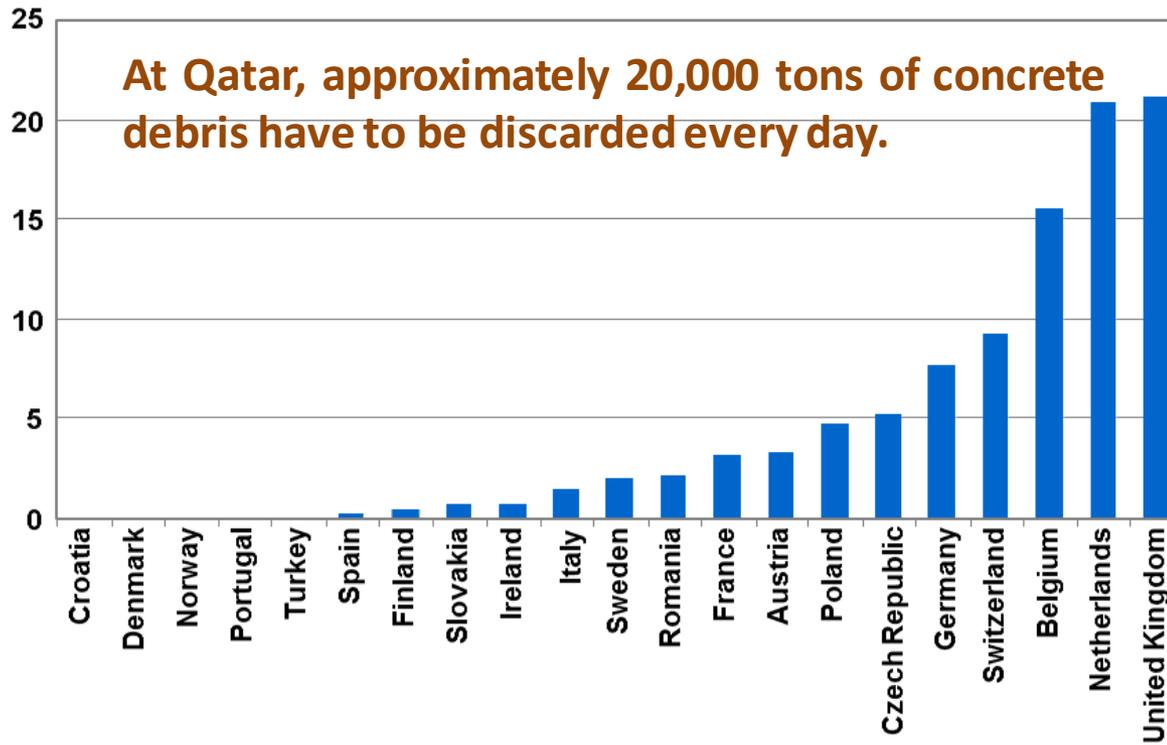
## إنتاج خرسانة جديدة

- يدرس الباحثون إمكانية استخدام الخرسانة المعاد تدويرها كحصى خشنة في إنتاج الخرسانة الإنشائية.
- يتم دراسة تأثير نسب مختلفة من الحصى الخرسانية المعاد تدويرها على الخواص الميكانيكية للخرسانة
- أيضا مقاومة التآكل للجوائز الخرسانية المستخدم فيها حصى خرسانية معاد تدويرها



## Use of Recycled Aggregate

% Recycled Aggregate of Total Aggregate Use





# الحصى المصنعة من خبث الحديد الناتجة من أفران صهر الحديد العالية

- شركة حديد قطر تنتج حوالي 350 ألف طن في السنة
- استخدامات محتملة:
  - الأسفلت
  - الخرسانة
  - قاعدة تحتية
- دراسة الإشعاعات الناتجة عن استخدام الحصى المصنعة من خبث الحديد في الخرسانة





## استخدامات الحصى الخرسانية المعاد تدويرها

• متطلبات استخدام الحصى الخرسانية المعاد تدويرها:

→ عند وجود حاجة إلى تطبيقات ذات قيمة مضافة (في خرسانة  
الانشاءات)

• هناك نقص في الثقة في الحصى الخرسانية المعاد تدويرها  
بسبب :

– قلة وجود معايير وأنظمة ملائمة

– عدم كفاية الأدلة الخاصة بأداء وسلوك الخرسانة المسلحة المصنوعة  
من الحصى الخرسانية المعاد تدويرها

– الشك من منشأ الحصى الخرسانية المعاد تدويرها



## مواصفات قطر للإنشاء 2014

### ♦ إدارة المخلفات

### ♦ نفايات تشييد و هدم الانشاءات

بالنسبة للمباني الجديدة اذا لم يتم تحديد أو حتى يتم تحديد، يجب إعادة تدوير أو إعادة استخدام ما لا يقل عن خمسين في المئة (50%) من مخلفات التشييد و الهدم من حيث الحجم أو الوزن.

### ♦ جمع المخلفات الضخمة

بالنسبة لجميع المباني السكنية الجديدة، يجب توفير مساحة للمقيمين لوضع المخلفات الضخمة مثل الأثاث والأجهزة الكهربائية.

### ♦ مرافق إدارة النفايات القابلة لإعادة التدوير:

بالنسبة لجميع المباني الجديدة ماعدا الفلل، يجب توفير مكان لتصنيف و لتخزين المواد القابلة لإعادة التدوير.



# مواصفات الحصى الخرسانية المعاد تدويرها (QCS, 2014)

تُعرف مواصفات البناء في قطر (QCS, 2014) الحصى المعاد تدويرها على أنها الحصى الناتجة عن معالجة المواد غير العضوية المستخدمة سابقاً في البناء.

يجب أن تفي الحصى الخرسانية المعاد تدويرها بمتطلبات الجدول في الصفحة التالية، باستثناء أن امتصاص الماء يجب ألا يتجاوز؛

(أ) **3%** للخرسانة الهيكلية.

(ب) **4%** للخرسانة غير الهيكلية.

للخرسانة الهيكلية يمكن استخدام الحصى الخرسانية المعاد تدويرها في الخرسانة المحددة بحد أقصى **C30**، ويجب ألا تزيد نسبتها عن 20% من الحصى الخشن. (BS8500-2 sec 6.2.2)، إلا إذا وافقت معايير قطر لاستخدام نسبة أعلى.



No.	Requirement	Test Methods	Permissible Limits
		BS / EN	Coarse
1.	Grading	933-1	Standard
2.	Natural: materials finer than 0.063 mm.	933-1	2% max
	Crushed rock: materials finer than 0.063mm.		2% max
3.	Water absorption (saturated surface dry)	1097-6	2.0% max
4.	Particle density for normal weight concrete	1097-6	2.0 min
5.	Shell Content:	933-7	3% max
6.	Flakiness index	933-3	35% max
7.	Acid-soluble sulphate	1744-1	0.3% max
8.	Soundness by magnesium sulphate (5 cycles)	1367-2	15% max
9.	Resistance to fragmentation: Los Angeles abrasion	1097-2	30% max
10.	Drying shrinkage	1367-4	0.075%max
11.	Potential reactivity:	The alkali-aggregate reactivity shall be assessed at source in accordance with BS 206-1 and BS 8500	



# الأبحاث الحالية في جامعة قطر

## ➤ خصائص الخرسانة الصلبة

- مقاومة الشد
- مقاومة الانضغاط

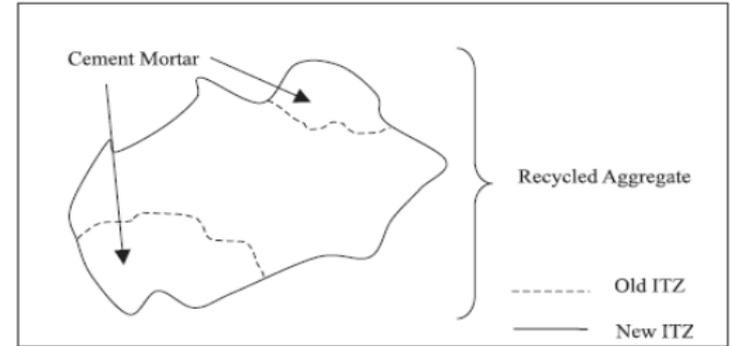


## ➤ اختبار الجوائز الخرسانية ذات الأحجام الحقيقية

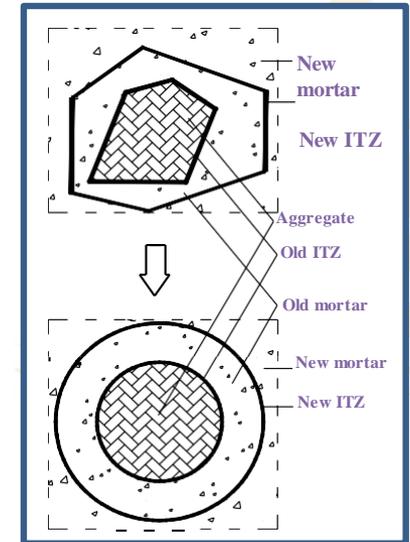
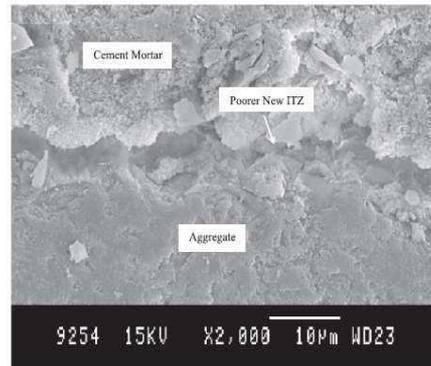
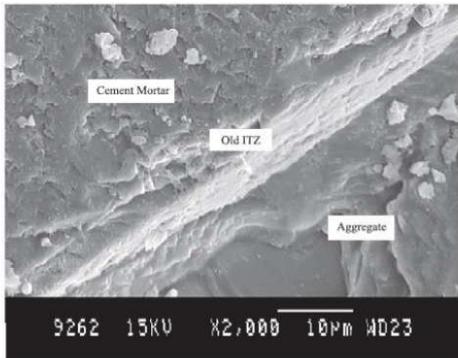




# INTERFACIAL TRANSITION ZONE (ITZ) IN RAC



## Complicated micro-structures





# صب عينات الاختبار







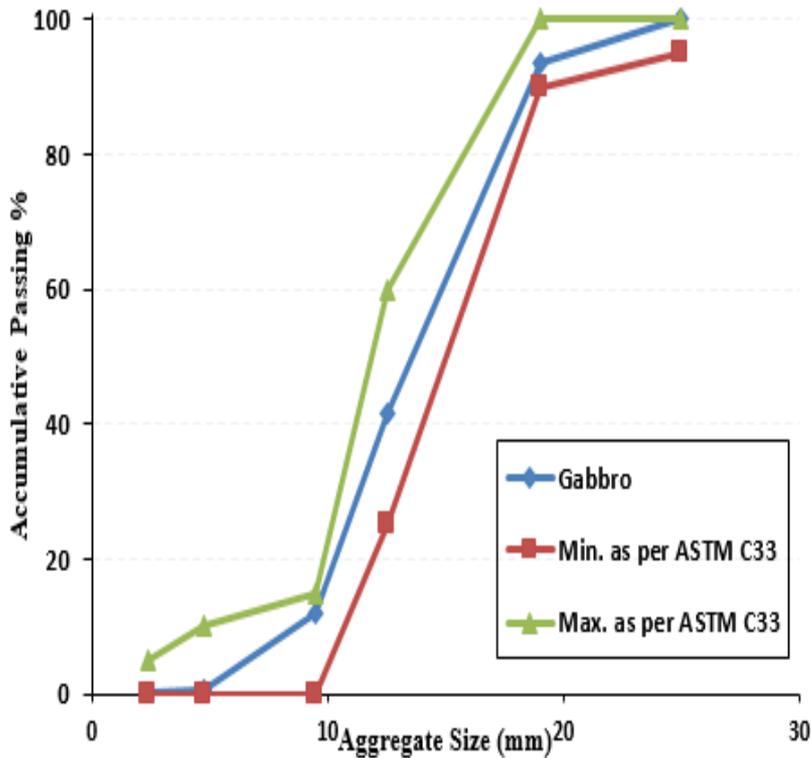
## خصائص الحصى المعاد تدويرها

Aggregates Type	Bulk Specific Gravity (Dry)	Bulk Specific Gravity (SSD)	Bulk Specific Gravity (APP)	Absorption (%)
NCA	2.88	2.89	2.93	0.65
RCA	1.96	2.04	2.13	4.06

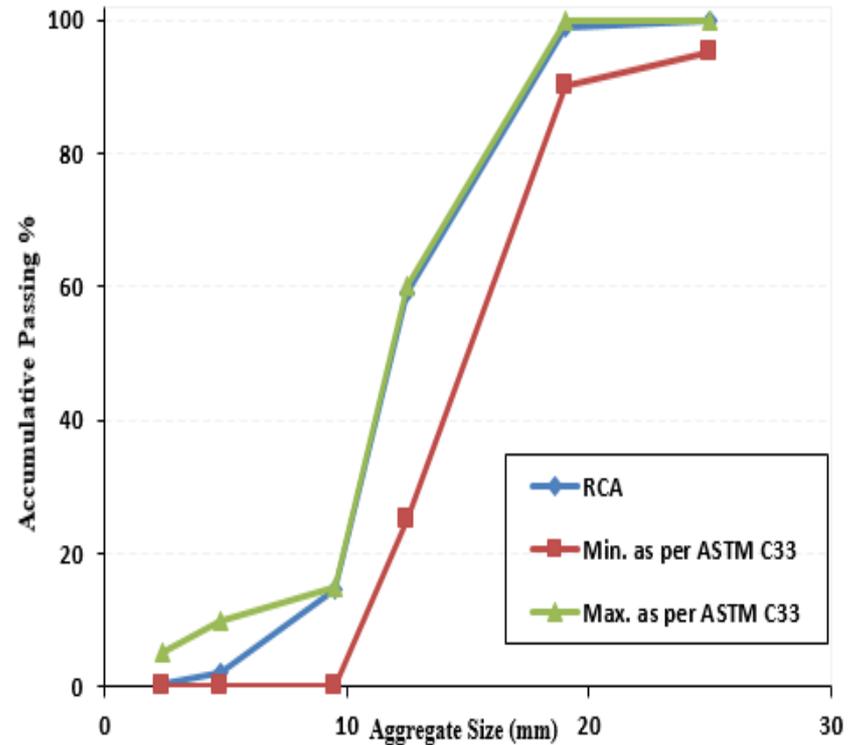


# تحليل منخلي للحصى الخرسانية المعاد تدويرها والحصى الخرسانية العادية

## الحصى الخرسانية العادية



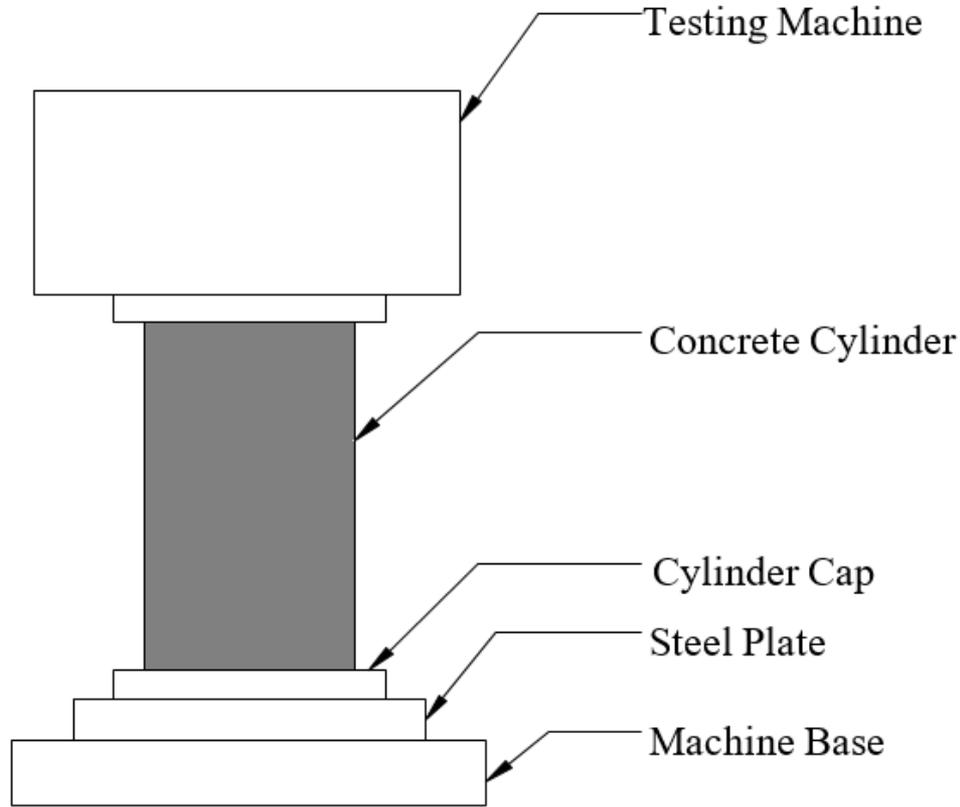
## الحصى الخرسانية المعاد تدويرها





# مقاومة الانضغاط للخرسانة

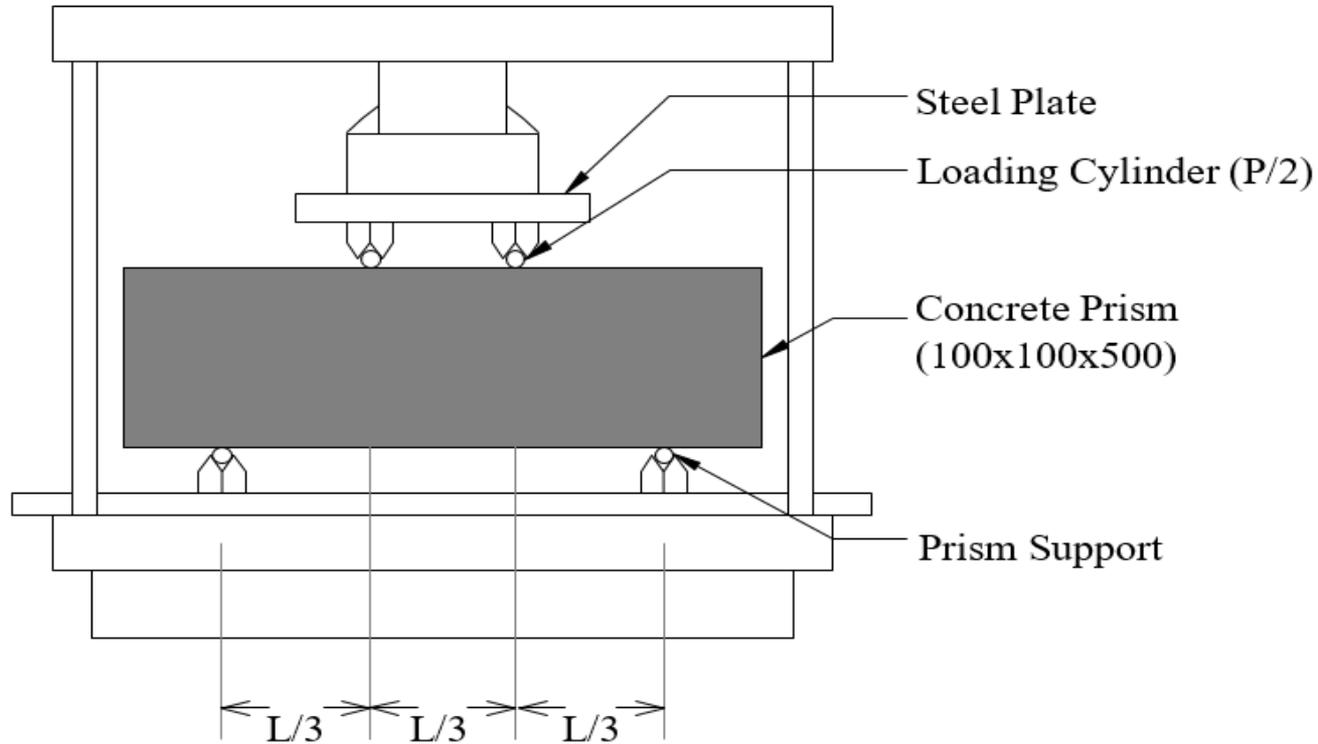
تم اختبار ثلاث اسطوانات (150×300 mm) لكل خليط بعد 28 يوم بناءً على ASTM C39-16.





# مقاومة الشد للخرسانة

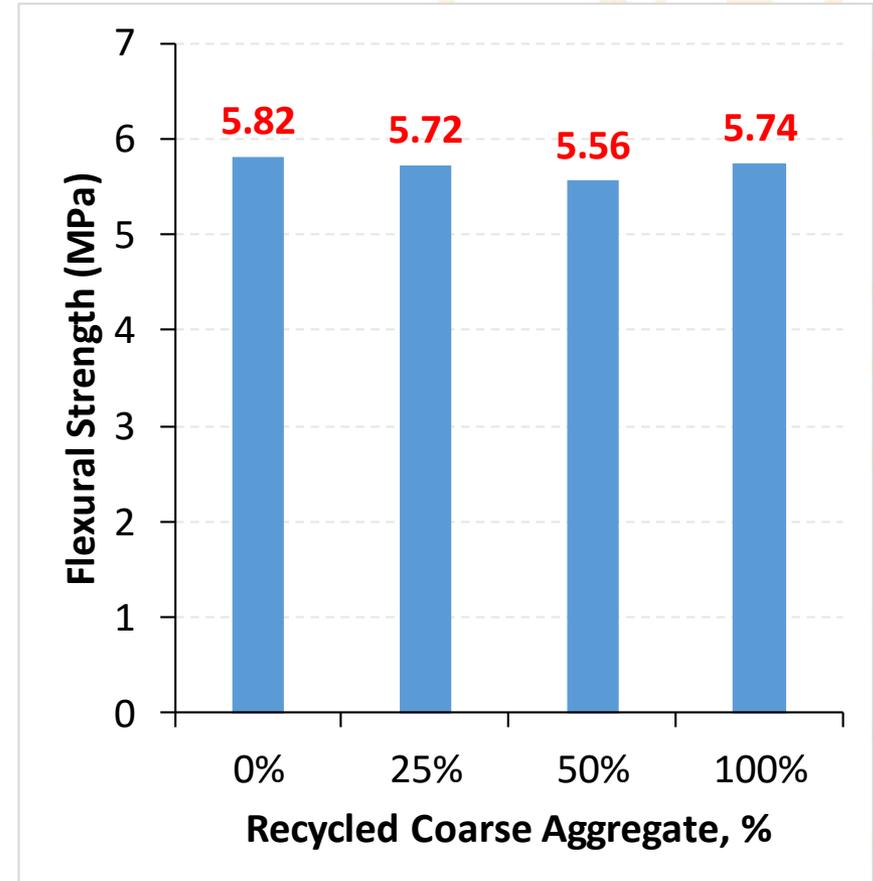
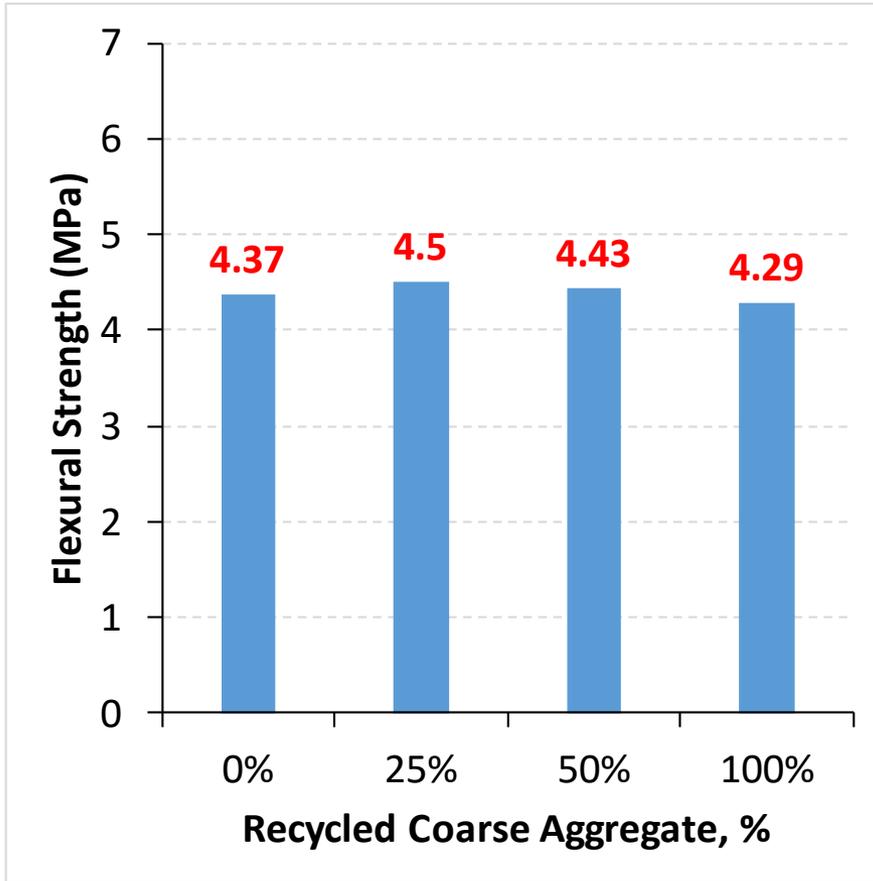
تم اختبار ثلاث عينات (100×100×500mm) لكل خليط بعد 28 يوم بناءً على ASTM C78-10.





# مقاومة الشد للخرسانة

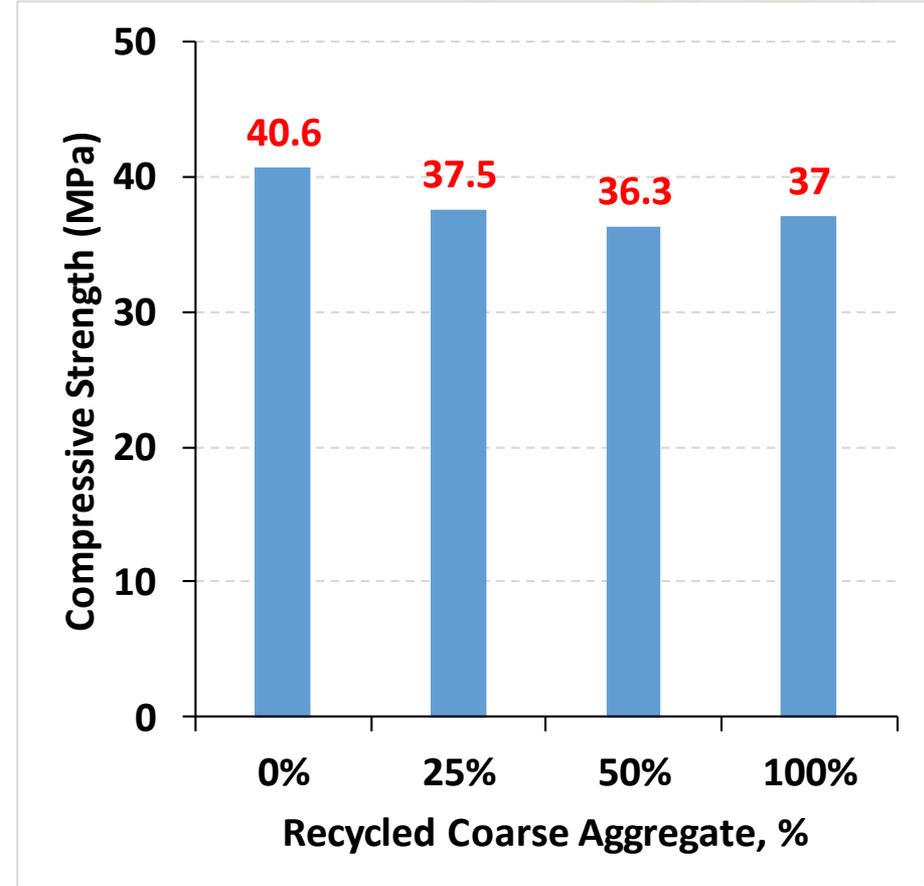
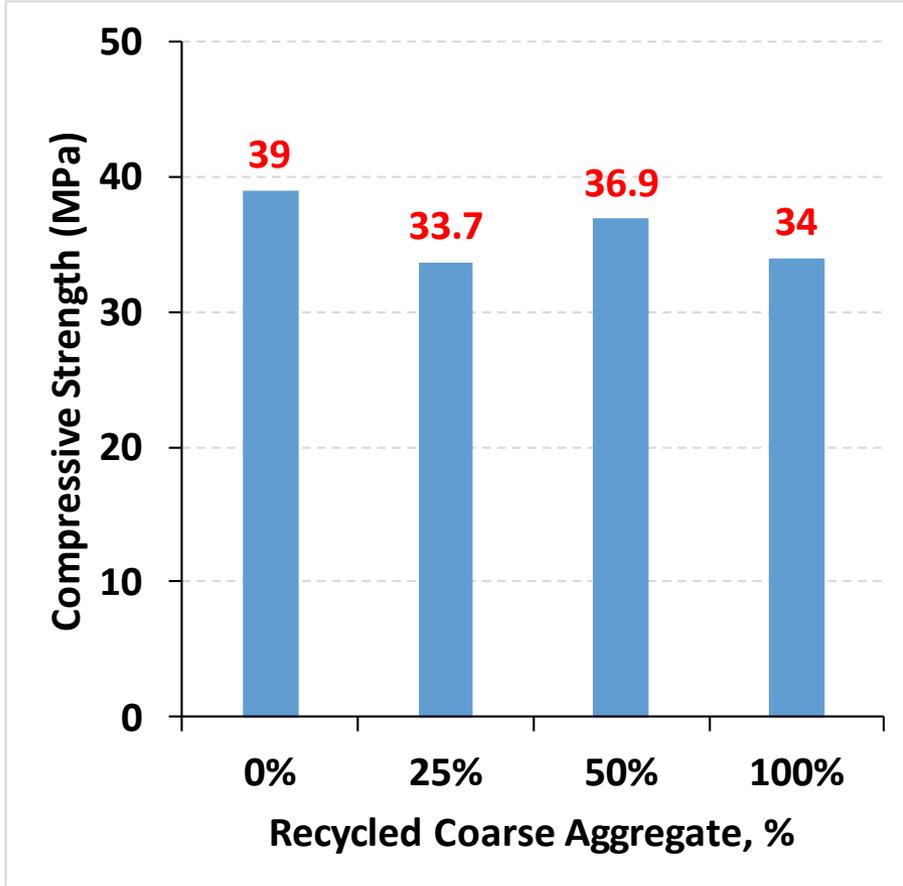
➤ تأثير الحصى الخرسانية المعاد تدويرها





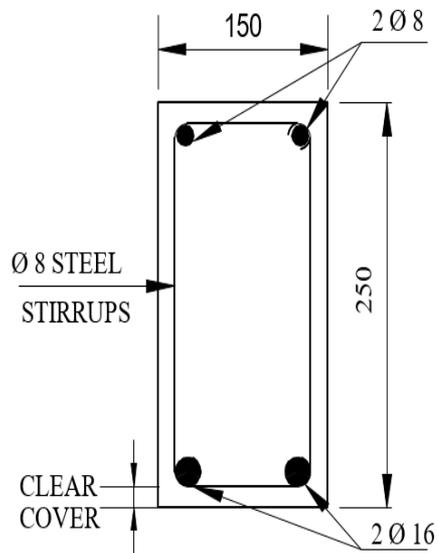
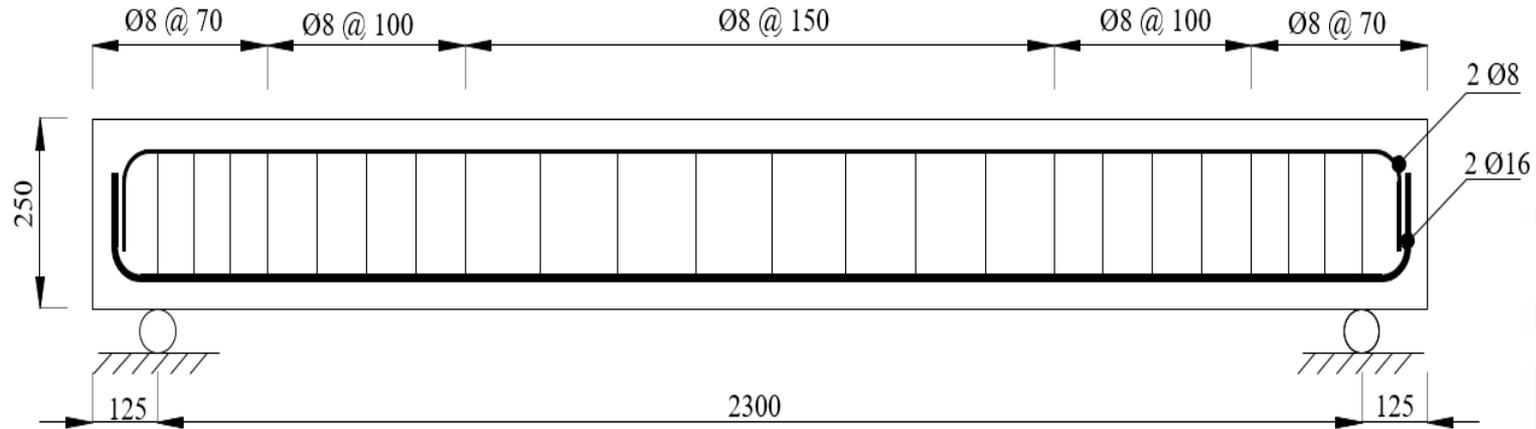
# مقاومة الانضغاط للخرسانة

➤ تأثير الحصى الخرسانية المعاد تدويرها



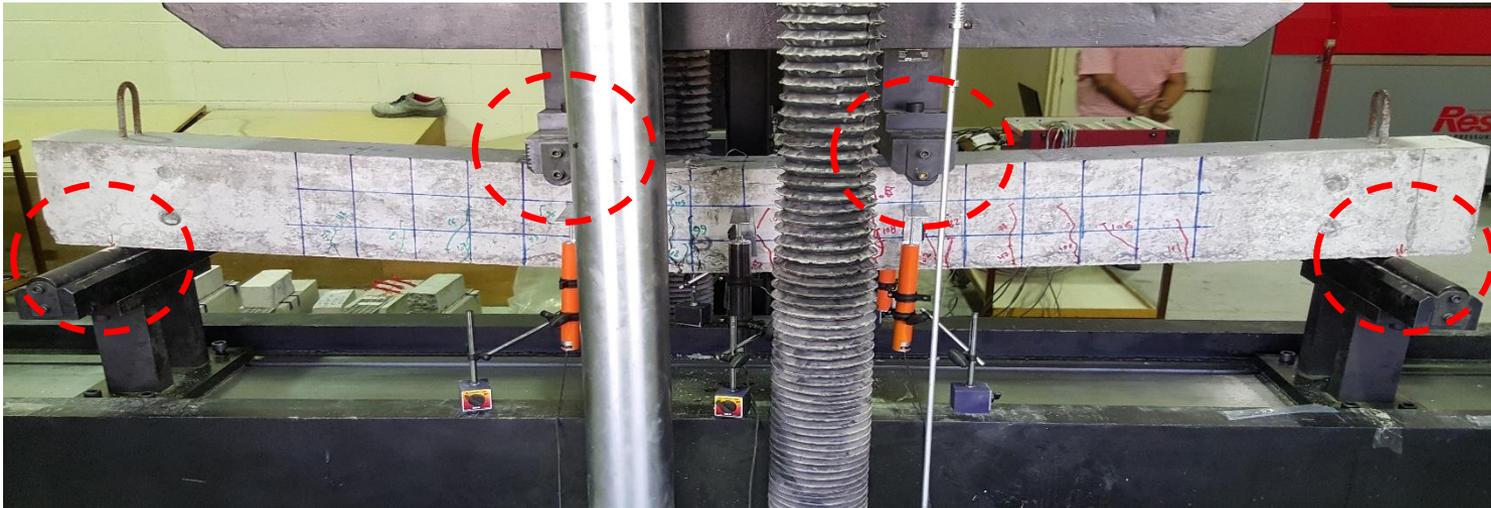
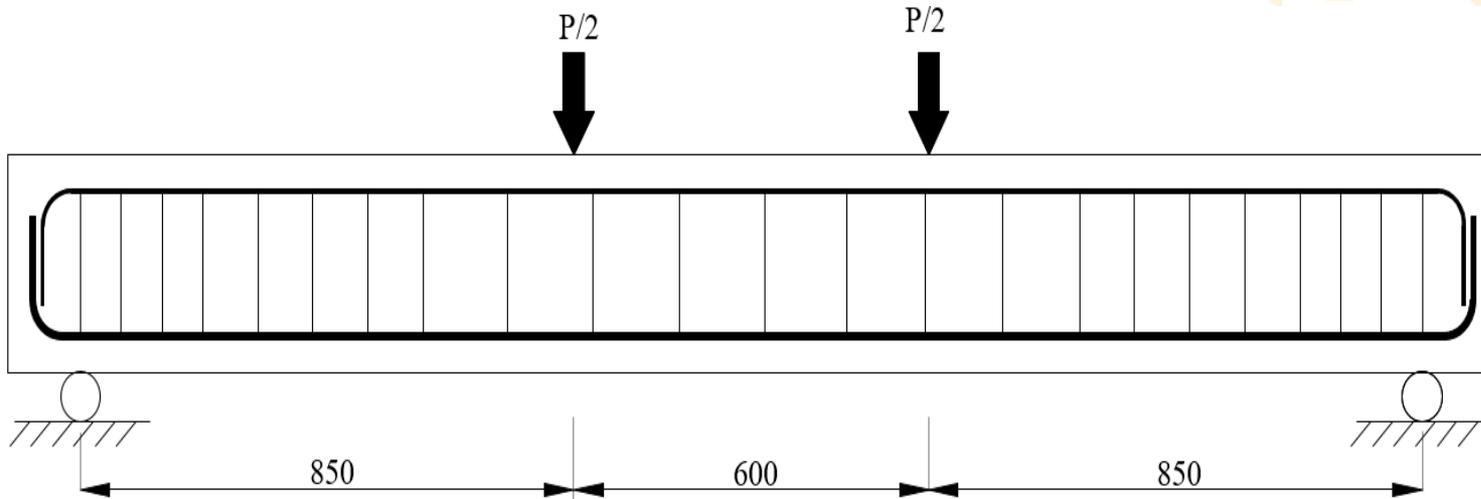


# تفاصيل الجوائز الخرسانية





# تفصيل نمط الأحمال





✓ Instron 1500 HDX Static Hydraulic Universal Testing Machine.

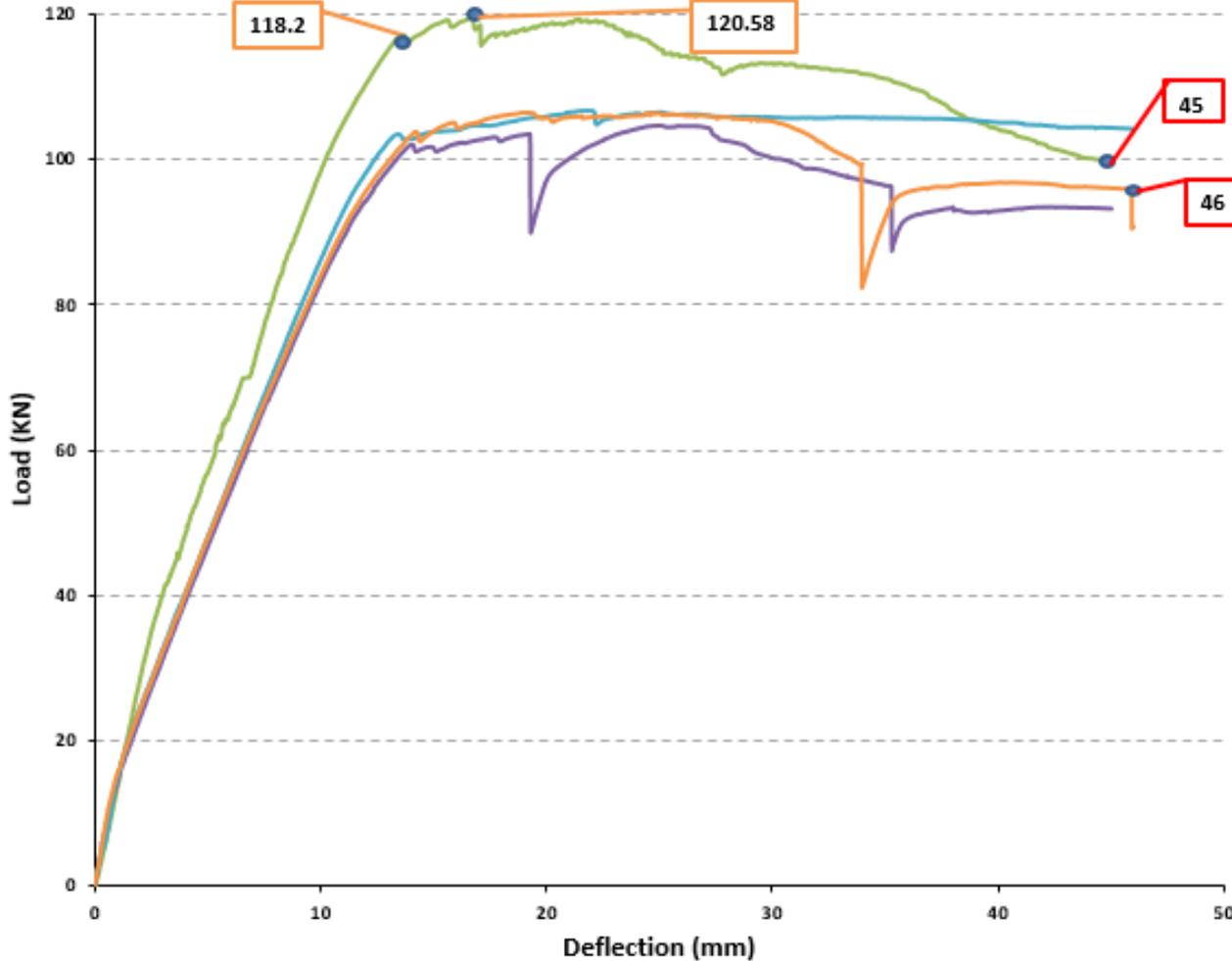
✓ اختبار التحكم في الإنحناء (1mm / min).





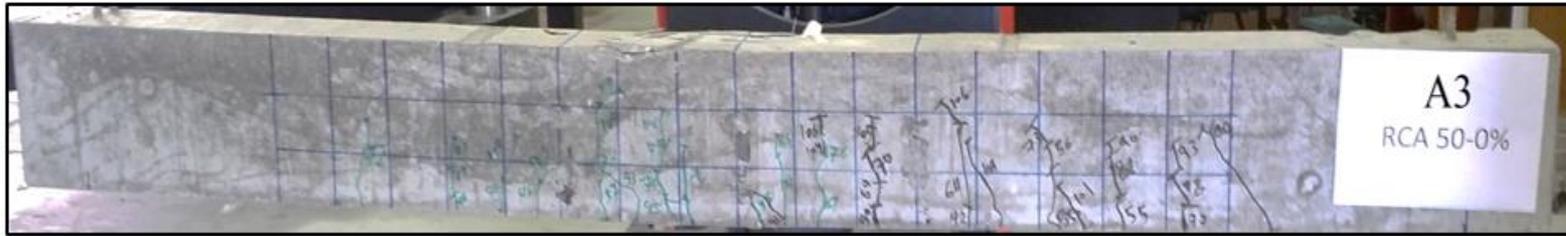
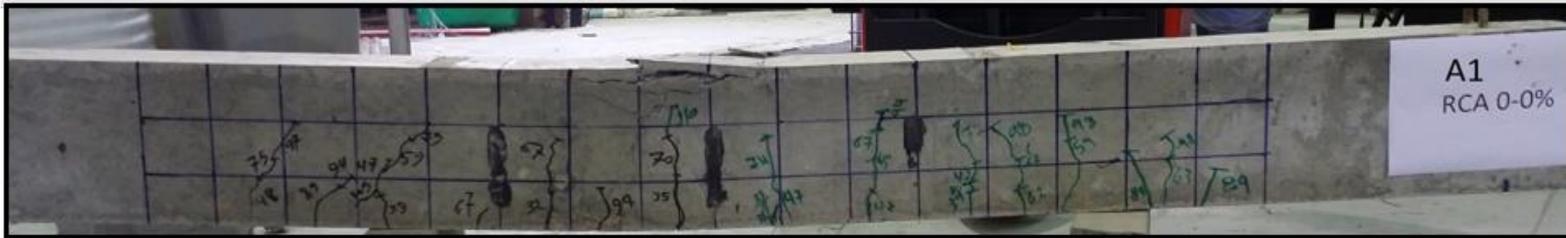
# نتائج اختبار فحص الجوائز الخرسانية

➤ تأثير تغيير نسبة الحصى الخرسانية المعاد تدويرها





# نمط الشقوق - تأثير تغيير نسبة الحصى الخرسانية المعاد تدويرها





## النتائج الرئيسية

- أظهرت الحصى الخرسانية المعاد تدويرها انخفاضاً في الكثافة النسبية و الوزن الحجمي وامتصاص أعلى بكثير من الحصى الخرسانية العادية.
- لا يوجد ارتباط واضح بين مقاومة الشد عند استخدام نسب مختلفة من الحصى الخرسانية المعاد تدويرها.
- مقاومة الانضغاط للخرسانة المصنوعة من الحصى الخرسانية المعاد تدويرها كان لها نمط مماثل لمقاومة الانضغاط من الخرسانة المصنوعة من الحصى الخرسانية العادية.
- لا توجد آثار ملحوظة من الحصى الخرسانية المعاد تدويرها على مقاومة الانضغاط.



## اقتراحات

- ✓ يجب أن تكون البحوث في مجال الانشاءات الخرسانية المعاد تدويرها بدلاً من تركيز البحوث على الحصى المعاد تدويرها.
- ✓ كل من علوم المواد وتكنولوجيا الانشاءات يمكن أن تحسن سلوك إعادة تدوير الحصى الخرسانية المعاد تدويرها. الحصى الخرسانية المعاد تدويرها يمكن أن تكون خرسانة في الانشاءات.
- ✓ من مختبرات البحوث إلى الممارسة الفعلية، مواصفات أكثر تفصيلاً أو قوانين يجب أن تتوفر لأنها تعد ضرورية.
- ✓ من شأن بعض التطبيقات الناجحة للحصى الخرسانية المعاد تدويرها في الانشاءات في قطر أن تكون مفيدة في الترويج لهذا النوع المستدام من الخرسانة ونشره.
- ✓ يمكن أن تركز الدراسات المستقبلية على الخصائص طويلة الأمد للمواد، خصوصاً في البيئة القاسية في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي.
- ✓ يمكن أن يكون التوفير كبيراً عندما يتم تكون رسوم التخلص من المخلفات عالية و/ أو عند وجود ضرائب مفروضة.



كلية الهندسة  
College of Engineering  
QATAR UNIVERSITY جامعة قطر

# شكراً لكم

## أي أسئلة؟

