ملخص — تقرير الركام الخرساني المعاد تدويره (RCA)

جمعية المهندسين السوريين الأمريكيين (SAEA)

تقرير رقم CE100-26 | مايو 2026

الملخص التنفيذي

يمثل إعادة تدوير مخلفات الخرسانة والأنقاض الناتجة عن النزاع الحربي في سوريا أو الأبنية المتضررة بتأثير الهزات الأرضية (الزلازل) فرصة استراتيجية لدعم إعادة الإعمار من خلال تحويل الأنقاض إلى ركام خرساني معاد تدويره (RCA) يمكن استخدامه في إنتاج الخرسانة وأعمال البنية التحتية. ويسهم هذا النهج في خفض تكاليف البناء، وتقليل الاعتماد على المواد الطبيعية، والحد من نقل الأنقاض والتخلص منها، وخلق فرص عمل محلية،

وتعزيز مبادئ الاقتصاد الدائري والاستدامة البيئية حيث أشار التقرير لوزير الطوارئ في الجمهورية العربية السورية أن كمية الأنقاض تقدر بحوالي 50 مليون متر مكعب.

1. الخصائص الفنية والأداء

يحتوي الركام المعاد تدويره على بقايا المونة الأسمنتية الملتصقة بالركام الأصلي، مما يؤدي عادةً إلى انخفاض الكثافة، وارتفاع الامتصاص والمسامية، وزيادة التباين في الخصائص. وقد تؤثر هذه العوامل في قابلية تشغيل الخرسانة ومقاومتها وصلابتها ومتانتها.

يمكن استخدام الركام المعاد تدويره في:

- طبقات الأساس والأساس الفرعي للطرق.
- فرش وتثبيت أنابيب المرافق.
- التحكم في التعرية واستخدام الأحجار الواقية.
- الردم الإنشائي والسواتر الردمية الداعمة.
- الاستبدال الجزئي في الخرسانة الجديدة: يمكن، بوجه عام، استبدال ما يصل إلى 30% من الركام الخشن الطبيعي بالركام المعاد تدويره مع الحفاظ على أداء مقبول للخرسانة. أما نسب الاستبدال الأعلى فتتطلب معالجة مناسبة، وتصميما مدروسا للخلطات، وإجراءات فعالة لمراقبة الجودة.

2. منهجية المعالجة وضبط الجودة

يتطلب إنتاج ركام معاد تدويره صالح للاستخدام اتباع منظومة متكاملة تشمل:

- فصل المواد غير الخرسانية.
- التكسير والغربلة وإزالة المواد غير الخرسانية.
- إجراء الاختبارات اللازمة للتحقق من التدرج الحبيبي والكثافة والامتصاص ومحتوى الملوثات.
- تهيئة الرطوبة وضبط نسبة الماء إلى الأسمنت، واستخدام المواد الأسمنتية التكميلية (ك: الخبث والرماد المتطاير) والإضافات عند الحاجة.

يُعد ضبط الجودة المستمر شرطا أساسيا لضمان تجانس المواد وتحقيق الأداء المطلوب للخرسانة.

3. الفوائد الاقتصادية والبيئية

تشير التقديرات إلى أن تكلفة الركام المعاد تدويره قد تكون أقل بنحو 20–30% للطن مقارنة بالركام الطبيعي، مع إمكانية تحقيق وفورات إضافية من خلال تقليل تكاليف النقل والتخلص من الأنقاض.

كما يساهم استخدامه في تقليل استهلاك الموارد الطبيعية، وخفض كميات النفايات الإنشائية، ودعم إعادة الإعمار المستدامة. وينبغي في الوقت ذاته معالجة الغبار ومياه الجريان السطحي والضوضاء والمخلفات المتبقية بصورة مناسبة.

4. التحديات الرئيسية

تتمثل أبرز التحديات في نقص البنية التحتية والتجهيزات اللازمة للمعالجة والاختبارات، وغياب المواصفات الوطنية الواضحة، والحاجة إلى أنظمة فعالة لضمان الجودة، ومحدودية الخبرة الصناعية في استخدام الركام المعاد تدويره.

5. التوصيات ذات الأولوية

يوصي التقرير باتخاذ الإجراءات التالية:

1. **إعداد مواصفات وطنية:** تطوير معيار سوري للركام المعاد تدويره بالاستناد إلى مواصفات ASTM وAASHTO وEN.
2. **تشجيع الاستخدام في المشاريع العامة:** اعتماد سياسات للمشتريات الحكومية تشجع على استخدام المواد المعاد تدويرها.
3. **تنفيذ مشاريع تجريبية:** البدء بمشاريع نموذجية في حلب وحمص ودمشق لتقييم الأداء الفني والاقتصادي.
4. **تطوير البنية التحتية المحلية:** إنشاء مرافق للتكسير والمعالجة والاختبارات وضبط الجودة.
5. **تأهيل الكوادر:** تدريب المهندسين والفنيين والعاملين في قطاع الإنشاءات على تقنيات إعادة التدوير وتطبيقاتها ومنع مزاولة تدوير الركام إلا بترخيص من نقابة المهندسين السوريين.
6. **دعم التقنيات المتقدمة:** تشجيع استخدام تقنيات الكربنة المتقدمة والفرز باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة المواد وكفاءة المعالجة.

الخلاصة

يمثل استخدام الركام الخرساني المعاد تدويره مساراً عملياً لدعم إعادة إعمار سوريا بصورة اقتصادية ومستدامة، من خلال تحويل الأنقاض إلى مورد إنشائي ذي قيمة، وتقليل التكاليف والأثر البيئي، وتعزيز فرص العمل المحلية.

ويعتمد نجاح هذا التوجه على تطبيق الممارسات الهندسية السليمة، وتطوير المواصفات والمعايير الوطنية، وتوفير الدعم المؤسسي، وضمان الجودة في جميع مراحل المعالجة والاستخدام.