إعادة تدوير ركام الزلازل في إدلب: تقييم الخصائص واستعماله في بناء الطرقات

د. عباس الحاج علي العباس
كلية الهندسة المدنية، جامعة إدلب

الملخص:

تُعد دراسات إعادة تدوير ركام الزلازل لاستعماله في تطبيقات الطرق أمرًا بالغ الأهمية في مجال الهندسة المدنية، إذ تهدف إلى تقييم خصائص هذه المواد ومدى ملاءمتها للاستعمال في تطبيقات البنية التحتية للطرق. تتضمن هذه الدراسة اختبارات عدة مختلفة تشمل اختبارات لتحديد الخواص التي قد تؤثر على أداء هذه المواد. فاختبار لوس أنجلوس لتقييم مقاومة المواد للتآكل والاهتراء، واختبار المكافئ الرملي لتحديد مدى ملاءمة الركام للاستخدام في الطبقات الأساسية، واختبار التدرج الحب. تم تقييم عدد من عينات من خلطات لمواد حصوية ناتجة عن طحن الركام الناتج عن الزلازل من مناطق مختلفة، مثل موقع مدينة إدلب، وموقع مدينة أريحا، وموقع جسر الشغور وتمت مقارنة النتائج مع عينة معيارية لمواد حصوية ناتجة عن طحن الأحجار الكلسية من أحد المقالع الحجرية المعتمدة في شمال غرب سوريا، وذلك من أجل تحديد ملاءمة هذه المواد للاستعمال تبين أن بعض المواد المعاد تدويرها تُظهر قيمًا مقبولة وتلبي المعايير المطلوبة، في حين يتطلب استعمال البعض الآخر دراسات إضافية لضمان جودتها. أظهرت النتائج أن معاملات الاهتراء لعينات المواقع الثلاثة تتجاوز الحد المسموح به للمواد الحصوية المستعملة في الطبقة السطحية للطرق مع ذلك، يمكن الاستفادة من هذه المواد في طبقات ما تحت الأساس، لكن مع التركيز على بعض التحفظات. فلا يُنصح باستعمال المواد المعاد تدويرها من المواقع الثلاثة في تركيبة الطبقة السطحية للطرق.

الكلمات المفتاحية: زلازل، بنية تحتية، مواد معاد تدويرها، تطبيقات الطرق.

Recycling Earthquake Rubble in Idlib: Evaluation of Properties and Its Use Road Construction

Dr. Abbas Al haj Ali Al Abbas

Civil Engineering, Idleb University

Abstract:

Studies on recycling earthquake rubble for use in road applications are of great importance in the field of civil engineering. These studies aim to assess the properties of these materials and determine their suitability for use in road infrastructure applications. The study includes several different tests that evaluate characteristics potentially affecting the performance of these materials. These include the Los Angeles abrasion test to assess resistance to wear and degradation, the sand equivalent test to evaluate the suitability of aggregates for base layers, and the particle size distribution (gradation) test.Several samples of aggregate mixtures produced by crushing earthquake debris from different locations — such as Idlib, Ariha, and Jisr al-Shughur — were evaluated and compared with a standard sample of crushed limestone aggregates obtained from a certified quarry in northwestern Syria, in order to assess the suitability of these materials.It was found that some recycled materials exhibit acceptable values and meet the required standards, while others require further study to ensure their quality. The results showed that the abrasion values of the samples from the three sites exceed the permissible limits for aggregates used in road surface layers. However, these materials can be used in sub-base layers, albeit with certain precautions. Therefore, it is not recommended to use recycled materials from these three locations in layer of roads.

Keywords: Earthquakes, Recycled Materials, Road Applications.

3 .مقدمة

الزلزال هو ظاهرة طبيعية تتمثل في اهتزازات قوية تحدث في قشرة الأرض نتيجة لانزلاق الصخور على طول الشقوق الأرضية (Li et al., 2017). تتسبب الزلازل في أضرار جسيمة على البنى التحتية والمجتمعات المتأثرة. شهدت سوريا وتركيا سلسلة من الزلازل التي تسببت في خسائر بشرية ومادية كبيرة. تضررت البنى التحتية في المناطق المتأثرة بشكل خاص جراء هذه الزلازل، ما أدى إلى حاجة ماسة لإعادة بناء وإصلاح البنية التحتية المتضررة (Naddaf, 2023).

إعادة تدوير الركام المتكون نتيجة للزلازل والحروب تعد خطوة مهمة نحو تحسين البنية التحتية والحفاظ على الموارد. يمكن استعمال الركام المتكون من الأنقاض لإعادة بناء الطرق، والساحات العامة، والمنشآت العامة، والخاصة. تعد هذه العملية حلًا مستدامًا وصديقًا للبيئة، إذ تُقلل من كمية النفايات المُرسلة إلى مكبات النفايات، وتوفر مواد بناء بأسعار منخفضة(Rashwani et al., 2023). إن إعادة تدوير الركام يتيح العديد من الفوائد، منها:

1- **تقليل التكلفة:** يمكن أن يكون استعمال الركام المعاد تدويره أرخص من استعمال المواد الجديدة في البناء والتشييد (Makul et al., 2021) (Rashwani et al., 2023).

2- **حماية البيئة:** يقلل إعادة تدوير الركام من الحاجة إلى استخراج المواد الطبيعية، ما يساهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل التلوث البيئي (Paine et al., 2009) (Ozbakkaloglu et al., 2017)

3- تحسين البنى التحتية: يمكن استعمال الركام في بناء الطرق والساحات العامة والمباني، ما يسهم في تحسين البنية التحتية المتضررة (Wijayasundara et al., 2017) (Ho et al., 2013) (Zhang et al., 2019).

4- الاستدامة: يسهم إعادة تدوير الركام في تعزيز مفهوم الاستدامة في البناء والتشييد، تم استعمال الركام المعاد تدويره من مخلفات البناء والهدم بديلا" للركام الطبيعي في السنوات الأخيرة من أجل تقليل الاستهلاك المرتفع للموارد الطبيعية (Sonawane & Pimplikar, n.d) (Kazberuk Kosior & Grzywa, 2014)

5- خلق فرص عمل: تُساهم إعادة تدوير ركام الزلازل في خلق فرص عمل جديدة في مجال جمع وفرز ومعالجة الركام. بما أن هذه العمليات تتطلب العمالة اليدوية والتقنيات المتخصصة، فإنها توفر فرص عمل للسكان المحليين وتعزز الاقتصاد المحلي. تُعد منطقة إدلب واحدة من أكثر المناطق تضررًا من الزلزال الأخير في سوريا، ما أدى إلى وجود كميات كبيرة من الركام. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم إمكانية إعادة تدوير ركام الزلازل في شمال غرب سوريا واستعماله في إعادة بناء البنى التحتية والمنشآت المُتضررة. كما وستشمل الدراسة إجراء اختبارات على عينات من الركام من ثلاث مواقع في موقع مدينة إدلب) موقع مدينة إدلب، أريحا، جسر الشغور) لفحص خصائصها بهدف تدوير الركام من أجل إعادة استعماله في أعمال البنى التحتية، وتطبيقات الطرق.

4. طريقة البحث

الدراسة تهدف إلى تقييم إمكانية إعادة تدوير ركام الزلازل في شمال غرب سوريا واستعماله في تطبيقات الطرق والخرسانة من أجل إعادة تأهيل البنية التحتية والمنشآت المُتضررة. إذ تقسم مراحل

العمل الى:

4.1 **جمع المعلومات**: مراجعة المصادر العلمية المتعلقة بإعادة تدوير ركام الزلازل مثل الكتب والمجلات العلمية وتقارير المؤسسات الدولية والمواقع الإلكترونية.

4.2 تحليل المعلومات: تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لركام الزلازل، وتقييم إمكانية إعادة تدويره في تطبيقات البناء / والطرق، وتحليل الفوائد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية لإعادة التدوير.

4.3 تحديد التجارب: تحديد نوعين من التجارب الأساسية اللازمة لتحديد مواصفات المواد في: تطبيقات الخرسانة وتطبيقات الطرق.

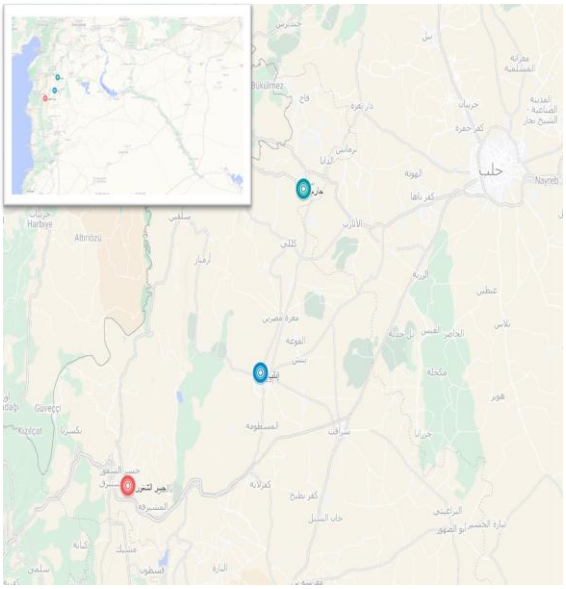
4.4 جمع العينات: جمع عينات من ركام الزلازل من ثلاث مناطق في إدلب: موقع مدينة إدلب، أريحا، جسر الشغور.

4.5 . إجراء التجارب: إجراء التجارب على عينات الركام لفحص خصائصها.

4.6 تحليل النتائج: تحديد ملاءمة ركام الزلازل/ الاعمال العدائية للاستعمال في تطبيقات البناء والطرق، وتحديد النسبة المثلى لاستعماله، وتقييم التأثير البيئي والاقتصادي لإعادة التدوير.

شملت الدراسة إجراء اختبارات على عينات من الركام جمعت من ثلاث مناطق في إدلب (موقع مدينة إدلب، أريحا، جسر الشغور) ومقارنتها مع تجارب تمت على مواد مقلع نظامية ناتجة عن طحن الأحجار الكلسية من مدينة سرمدا كما هو موضح في الشكل رقم 1.

الشكل رقم 1 مناطق جمع عينات ركام الزلازل/ الاعمال العدائية5



. اختبارات تطبيقات الطرق

تتطلب فهم وتقييم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة والمواد الحصوية في مجال الهندسة المدنية استعمال مجموعة متنوعة من الاختبارات والتحاليل. يعد تقدير الكثافة الجافة الحقلية وحساب درجة الرص جزءًا أساسيًا من هذه العمليات، إذ يساعد في فهم الحالة الرصية للتربة بعد تأثير الآليات والعوامل المختلفة. إضافة إلى ذلك، يُجرى اختبارات مثل قياس مقاومة المواد الحصوية على الصدم والاهتراء بالاحتكاك واختبار المعادل الرملي واختبار التدرج الحبي واختبار امتصاص الماء، لتقييم صلاحية هذه المواد للاستعمال في الطرق والبنية التحتية. وفي النهاية، يُعد دليل اللدونة أداة مهمة لتحديد حدود السيولة واللدونة في التربة، ما يساهم في تحسين جودة التصميم والتنفيذ في مشاريع الهندسة المختلفة.

5.1 اختبار لوس أنجلس Los Angeles abrasion

أجري اختبار لوس انجلس Los Angeles abrasion (AASHTO T96) لقياس مقاومة المواد الحصوية على الصدم والاهتراء بالاحتكاك بغية تحديد صلاحيتها للاستعمال في أعمال الطبقات المختلفة للطرق وأعمال البناء.

5.1.1 العينة المعيارية

أجري اختبار لوس أنجلس على العينة المعيارية التي جمعت من مقلع في مدينة سرمدا وزنها 5 كغ وكانت أقطار الحصويات المستعملة (9.5+12.5+19+25) ملم، إذ كانت عدد الدورات للجهاز بمقدار 500 دورة وعدد الكرات الفولاذية 12 كما يظهر في الجدول (1.1)

الجدول (1.1): تطبيقات الطرق - اختبار لوس انجلس على العينة المعيارية

وزن المواد المحجوزة على المنخل N12 الذي فتحته 1.7mm مقدرة بـ غ	3346
عامل الاهتراء %	% 33.08

تظهر نتائج اختبار لوس أنجلوس أن عينة منطقة سرمدا المعيارية أعطت معامل اهتراء قيمته 33.08% علما" ان معامل الاهتراء وفقا لدليل المواصفات الوطنية السورية يجب ألا يزيد للمواد الحصوية المستعملة في البيتون عن 30% والاعمال الطرق يجب ألا يزيد عن قيمه 40% في طبقه الأساس و50% في طبقة ما تحت الأساس لذلك يمكن استعمال هذه الحصويات في طبقة الأساس وما تحت الاساس في الطرق

5.1.2 عينة موقع مدينة إدلب

أجري اختبار لوس أنجلس على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع مدينة إدلب وزنها 5 كغ وكانت أقطار الحصويات المستعملة (9.5+12.5+19+25) ملم، إذ كانت عدد الدورات للجهاز بمقدار 500 دورة وعدد الكرات الفولاذية 12 كما يظهر في الجدول (1.2)

الجدول (1.2): تطبيقات الطرق – اختبار لوس أنجلس على الركام الخرساني المعاد تدويره من موقع مدينة إدلب

البند	تكرار التجربة	
	تجربة 1	تجربة 2
وزن المواد المحجوزة على المنخل N12 الذي فتحته 1.7mm مقدرة بـ غ	1634	2760
عامل الاهتراء %	%67.3	%44.8

تظهر نتائج اختبار لوس إنجلوس أن عينه منطقة إدلب أعطت معامل اهتراء قيمته 67.3% عند التجربة 1 وكررت التجربة لأن النتيجة شاذة وأعطت في التجربة 2 قيمة اهتراء 44.8% تعتمد التجربة 2 علما" ان معامل الاهتراء وفقا لدليل المواصفات الوطنية السورية يجب ألا يزيد للمواد الحصوية المستخدمة في أعمال الطرق يجب ألا يزيد عن قيمه 40% في طبقة الأساس و50% في طبقة ما تحت الأساس لذلك يمكن استعمال الحصويات في طبقة ما تحت الأساس في الطرق.

3 عينة موقع مدينة أريحا

أجري اختبار لوس انجلس على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع مدينة أريحا وزنها 5 كغ وكانت أقطار الحصويات المستعملة (9.5+12.5+19+25) ملم، إذ كانت عدد الدورات للجهاز بمقدار 500 دورة وعدد الكرات الفولاذية 12 كما يظهر في الجدول (1.3)

الجدول (1.3): اختبار لوس أنجلس على الركام الخرساني المعاد تدويره من موقع مدينة أريحا

البند	كرار التجربة		
	تجربة 1	تجربة 2	تجربة 3
وزن المواد المحجوزة على المنخل N12 الذي فتحته 1.7mm مقدرة بـ غ	2608	2800	2914
عامل الاهتراء %	%47.84	%44	%41.72

تظهر نتائج اختبار لوس أنجلوس ان عينة منطقة أريحا أعطت معامل اهتراء قيمته 47.84% عند التجربة 1 وكررت التجربة لان النتيجة شاذة وأعطت في التجربة 2 قيمة اهتراء 44% وفي التجربة 3قيمة اهتراء 41.72% تعتمد التجربة 3 علما" ان معامل الاهتراء وفقا" لدليل المواصفات الوطنية السورية يجب ألا يزيد للمواد الحصوية المستعملة في الطرق عن قيمة 40% في طبقة الأساس و50% في طبقة ما تحت الأساس لذلك يمكن استعمال الحصويات في طبقة ما تحت الأساس في الطرق.

5.1.4عينة موقع جسر الشغور

أجري اختبار لوس أنجلس على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع جسر الشغور وزنها 5 كغ وكانت أقطار الحصويات المستعملة (9.5+12.5+19+25) ملم، إذ كان عدد الدورات للجهاز بمقدار 500 دورة وعدد الكرات الفولاذية 12 كما يظهر في الجدول (1.4).

الجدول (1.4): تطبيقات الطرق – اختبار لوس انجلس على الركام الخرساني المعاد تدويره من موقع جسر الشغور

البند	تكرار التجربة تجربة 1
وزن المواد المحجوزة على المنخل N12 الذي فتحته mm1.7 مقدرة بـ غ	2860
عامل الاهتراء %	%42.8

تظهر نتائج اختبار لوس أنجلوس أن عينة منطقة جسر الشغور أعطت معامل اهتراء قيمته 42.8% عند التجربة 1 علما" ان معامل الاهتراء وفقا لدليل المواصفات الوطنية السورية يجب ألا يزيد للمواد الحصوية المستعملة في أعمال الطرق يجب ألا يزيد عن قيمة 40% في طبقة الأساس و50% في طبقة ما تحت الأساس لذلك يمكن استعمال الحصويات في طبقة ما تحت الأساس في الطرق.

2. 5 اختبار المعادل الرملي Sand equivalent S.E

أجري اختبار المعادل الرملي Sand equivalent S.E (T 176 AASHTO) لتحديد نسبة الشوائب والمواد الغضارية في المواد الحصوية لمعرفة مدى صلاحيتها لأعمال الطرق.

5.2.1 العينة المعيارية:

أجري اختبار المعادل الرملي على العينة المعيارية التي جمعت من مقلع في مدينة سرمدا إذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول :(1.5).

رقم المحاولة	1	2	3
ارتفاع الغضار مع الرمل h1	15.5	14.5	15
ارتفاع الرمل h2	9	8.5	8.7
المعادل الرملي%	58.1	58.6	58
المعادل الرملى الوسطى %	58.2%		

الجدول (1.5): تطبيقات الطرق – اختبار المعادل الرملي للعينة المعياري

أن قيمة اختبار المعادل الرملي على العينة المعيارية التي جمعت من مقلع في مدينة سرمدا58.2%وحسب ما هو منصوص عليه في الكود السوري فإن قيمة المكافئ الرملي للمواد المستعملة في الطرق في طبقة الأساس فيجب ألا تقل عن 35% وفي طبقه ما تحت الاساس لا تقل عن 25% لذلك يمكن استخدام هذه المواد في طبقه الأساس وطبقة ما تحت الأساس.

5.2.2 عينة موقع مدينة إدلب:

أجري اختبار المعادل الرملي على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع مدينة إدلب إذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.6).

الجدول (1.6) تطبيقات الطرق – اختبار المعادل الرملي للركام المعاد تدويره من موقع مدينة إدلب

إن قيمة اختبار المعادل الرملي على العينة التي جمعت من محطة تدوير أنقاض في موقع مدينة إدلب 28.4% وحسب ما هو منصوص عليه في الكود السوري فإن قيمة المكافئ الرملي للمواد المستعملة في الطرق في طبقة الأساس فيجب ألا تقل عن 35% وفي طبقة ما تحت الأساس لا تقل عن 25% لذلك يمكن استعمال هذه المواد طبقة ما تحت الأساس.

5.2.3 عينة موقع مدينة أريحا:

أجري اختبار المعادل الرملي على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من أريحا إذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.7).

رقم المحاولة	1	2	3
ارتفاع الغضار مع الرمل h1	28	28.4	27.5
ارتفاع الرمل h2	8	7.9	7.9
المعادل الرملي%	28.6	27.8	28.7
المعادل الرملي الوسطي %	%28.4		

الجدول (1.7): تطبيقات الطرق – اختبار المعادل الرملي للركام المعاد تدويره من موقع مدينة أريحا

رقم المحاولة	1	2	3
ارتفاع الغضار مع الرمل h1	25	25	25.2
ارتفاع الرمل h2	7.3	7.1	7.5
المعادل الرملي%	29.2	28.4	29.8
المعادل الرملي الوسطي %	%29.1		

إن قيمة اختبار المعادل الرملي على العينة التي جمعت من محطة تدوير أنقاض في موقع مدينة أريحا 29.1%وحسب ما هو منصوص عليه في الكود

السوري فإن قيمة المكافئ الرملي للمواد المستعملة في الطرق في طبقة الأساس فيجب ألا تقل عن 35% وفي طبقة ما تحت الأساس لا تقل عن 25% لذلك يمكن استعمال هذه المواد طبقة ما تحت الاساس.

5.2. 4 عينة موقع جسر الشغور:

أجري اختبار المعادل الرملي على عينة من ركام الزلازل التي تم جمعها من موقع جسر الشغور حيث تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.8).

الجدول (1.8) :تطبيقات الطرق - اختبار المعادل الرملي للركام المعاد تدويره من موقع جسر الشغور

رقم المحاولة	1	2	3
ارتفاع الغضار مع الرمل h1	28.8	29	29.1
ارتفاع الرمل h2	7.7	7.4	7.8
المعادل الرملي%	26.7	25.5	26.8
المعادل الرملي الوسطي %	%26.4		

إن قيمة اختبار المعادل الرملي على العينة التي جمعت من محطة تدوير أنقاض في مدينة جسر الشغور 26.4% وحسب ما هو منصوص عليه في الكود السوري فان قيمه المكافئ الرملي للمواد المستعملة في الطرق في طبقة الأساس فيجب ألا تقل عن 35% وفي طبقة ما تحت الأساس لا تقل عن 25% لذلك يمكن استعمال هذه المواد في طبقة ما تحت الأس

اختبار التدرج الحبي Grain-size Analysis of Aggregate

لتحديد التدرج الحبي تم اعتماد (ASTM C136)

تم تحديد النسب المئوية الوزنية للحبات ذات أقطار معينة، بهدف تحديد إمكانية استعمال المواد الحصوية في الأعمال الهندسية.

5.3. 1 العينة المعيارية:

أجري اختبار التدرج الحبي على العينة المعيارية التي جمعت من مقلع في مدينة سرمدا حيث تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.9).

الجدول (1.9) :التدرج الحبي للعينة المعيارية

فتحة المنخل mm	وزن محجوزgr	وزن محجوز تراكمي gr	النسبة المئوية المحجوزة%	النسبة المئوية المارة %	الحد الأدنى	الحد الأعلى
50	224	224	2	100	100	100
37.5	794	1018	11	89	70	100
25	620	1638	18	82	45	80
12.5	1690	3328	37	63	30	60
4.75	2234	5562	62	38	20	50
2	1330	6892	77	23	15	40
0.425	1446	8338	93	7	5	25
0.075	616	8954	99	1	0	10
pan	9000	9000	100	0	*	*

5.3.2 عينة موقع مدينة إدلب

أجري اختبار التدرج الخبي الرملي على عينة من ركام الزلازل التي تم جمعها من موقع مدينة إدلب حيث تظهر نتائج الاختبار في الجدول رقم (1.10).

الجدول (1.10): اختبار التدرج الحبي للركام المعاد تدويره من موقع مدينة إدلب

فتحة المنخل mm	وزن محجوزgr	وزن محجوز تراكمي gr	النسبة المئوية المحجوزة%	النسبة المئوية المارة %	الحد الأدنى	الحد الأعلى
50	186	186	2	100	100	100
37.5	568	754	8	92	70	100
25	726	1480	16	84	45	80
12.5	844	2324	26	74	30	60
4.75	1808	4132	46	54	20	50
2	1820	5952	66	34	15	40
0.425	1634	7586	84	16	5	25
0.075	604	8190	91	9	0	10
pan	9000	9000	100	0	*	*

5.3.3 عينة موقع مدينة أريحا

أجري اختبار التدرج الخبي الرملي على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع مدينة أريحا أذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.11).

لجدول (1.11): اختبار التدرج الحبي للركام المعاد تدويره من موقع مدينة أريحا

فتحة المنخل mm	وزن محجوزgr	وزن محجوز تراكمي gr	النسبة المئوية المحجوزة%	النسبة المئوية المارة %	الحد الأدنى	الحد الأعلى
50	496	496	5	100	100	100
37.5	924	1420	14	86	70	100
25	834	2254	23	77	45	80
12.5	2146	4400	44	56	30	60
4.75	2894	7294	73	27	20	50

40	15	16	84	8446	1152	2
25	5	5	95	9512	1066	0.425
10	0	2	98	9812	300	0.075
*	*	0	100	10000	10000	pan

5 .3.4 عينة موقع جسر الشغور:

أجري اختبار التدرج الخبي الرملي على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع جسر الشغور إذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.12)0

الجدول (1.12): اختبار التدرج الحبي للركام المعاد تدويره من موقع جسر الشغور

الحد الأعلى	الحد الأدنى	النسبة المئوية المارة %	النسبة المئوية المحجوزة%	وزن محجوز تراكمي gr	وزن محجوزgr	فتحة المنخل mm
100	100	100	0	0	0	50
100	70	82	18	1652	1652	37.5
80	45	74	26	2316	664	25
60	30	58	42	3802	1486	12.5
50	20	40	60	5418	1616	4.75
40	15	28	72	6504	1086	2

5.4 حدود أتربرغ حد السيولة ـ دليل اللدونة:

أجري اختبار حدود أتربرغ حد السيولة – دليل اللدونة limit– plasticity Atterberg Limits,liquid

index (AASHTO T89,AASHTO T90) حيث هو الحد بين السيولة للتربة وحالة الليونة فيها. ويمكن قياسها بجهاز كازاغراند وهو عبارة عن جرن نحاسي نصف كروي، يسقط من ارتفاع 1 سم على قاعدة من الإيبونيت وذلك بواسطة حركة ميكانيكية بسيطة.

5.4.1 العينة المعيارية

أجري اختبار حدود أتربرغ على العينة المعيارية التي جمعت من مقلع في مدينة سرمدا إذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.13).

الجدول (1.13): حدود أتربرغ حد السيولة ـ دليل اللدونة للعينة المعيارية

رقم المحاولة	وزن االعلبة فارغ gr	وزن العلبة مليئة رطبة gr	زن العلبة مليئة جافgr	وزن التربة رطبgr	وزن التربة جافgr	الرطوبة %	عدد الضربات
1	58.84	108.74	98.48	49.90	39.64	25.9	13
2	58.84	94.59	89.00	35.75	30.16	18.5	41

Liquid Limit/ السيولة حد	Plasticity İndex/	دليل اللدونة
23	3.6	

تجرة حد السيولة بالنسبة للعينة المعيارية من مقلع سرمدا فقد كانت قيمتها 23% وحسب الكود السوري يجب ألا تزيد قيمته عن 25% اي ان هذه العينة تعتبر مقبولة حسب الكود السوري، دليل اللدونة 3.6 وحسب الكود السوري يجب ألا يزيد عن 6 وهو محقق.

5.4.2 عينة موقع مدينة إدلب:

تم اجراء اختبار حدود أتربرغ حد السيولة – دليل اللدونة على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع مدينة إدلب إذ تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1. 14).

الجدول (1.14): حدود أتربرغ حد السيولة ـ دليل اللدونة للركام المعاد تدويره من موقع مدينة إدلب

رقم المحاولة	وزن االعلبة فارغ gr	وزن العلبة مليئة رطبة gr	ن العلبة مليئة جاف gr	وزن التربة رطب gr	وزن التربة جاف gr	الرطوبة %	
1	58.52	138.53	128.45	80.01	69.93	14.4	45
2	58.84	106.97	97.66	48.13	38.82	24.0	17

Liquid Limit/ السيولة حد	Plasticity İndex/	دليل اللدونة
21	2.8	

تجربة حد السيولة بالنسبة للعينة من موقع ادلب فقد كانت قيمتها 21% وحسب الكود السوري يجب ان لا تزيد قيمته عن 25% اي ان هذه العينة تعتبر مقبولة حسب الكود السوري، دليل اللدونة 2.8 وحسب الكود السوري يجب ان لا يزيد عن 6 وهو محقق.

5.4.3 عينة موقع مدينة أريحا:

أجري اختبار حدود أتربرغ حد السيولة – دليل اللدونة على عينة من ركام الزلازل التي تم جمعها من موقع مدينة أريحا حيث ظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.15).

الجدول (1.15) :حدود أتربرغ حد السيولة - دليل اللدونة للركام المعاد تدويره من موقع مدينة أريحا

رقم المحاولة	وزن االعلبة فارغ gr	وزن العلبة مليئة رطبة gr	العلبة مليئة جاف gr	وزن التربة رطب gr	وزن التربة جاف gr	الرطوبة %	عدد الضربات
1	58.84	108.74	98.48	49.90	39.64	25.9	13
2	58.84	94.59	89.00	35.75	30.16	18.5	41

Liquid Limit/	السيولة حد	Plasticity İndex/	دليل اللدونة
23		3.6	

تجربة حد السيولة بالنسبة للعينة من موقع اريحا فقد كانت قيمتها 23% وحسب الكود السوري يجب ألا تزيد قيمته عن 25% اي ان هذه العينة تعتبر مقبولة حسب الكود السوري، دليل اللدونة 3.6 وحسب الكود السوري يجب ألا يزيد عن 6 وهو محقق

5.4.4 . عينة موقع جسر الشغور

أجري اختبار حدود أتربرغ حد السيولة – دليل اللدونة على عينة من ركام الزلازل التي جمعت من موقع جسر الشغور حيث تظهر نتائج الاختبار في الجدول (1.16).

الجدول (1.16) حدود أتربرغ حد السيولة - دليل اللدونة للركام المعاد تدويره من موقع مدينة إدلب

رقم المحاولة	وزن االعلبة فارغ gr	وزن العلبة مليئة رطبة gr	زن العلبة مليئة جاف gr	وزن التربة رطب gr	وزن التربة جاف gr	الرطوبة %	عدد الضربات
1	58.83	103.44	93.42	44.61	34.59	29.0	10
2	58.83	104.65	59.34	45.82	36.51	25.5	29

Liquid Limit/ السيولة حد	Plasticity İndex/	دليل اللدونة
26.2	3.18	

تجربة حد السيولة بالنسبة للعينة من موقع إدلب فقد كانت قيمتها 26.2% وحسب الكود السوري يجب ألا تزيد قيمته عن 25% أي أن هذه العينة تعتبر مقبولة بتسامح بسيط حسب الكود السوري، دليل اللدونة 3.18 وحسب الكود السوري يجب ألا يزيد عن 6 وهو محقق

6. مناقشة النتائج

6 نتائج تجارب تطبيقات الطرق

يحتوي الجدول (1.17): على نتائج تجارب تطبيقات الطرق

الجدول (1.17): نتائج تجارب تطبيقات الطرق

مصدر العينة	مقلع في سرمدا	موقع مدينة إدلب	موقع مدينة أريحا	موقع جسر الشغور
معامل الاهتراء %	33.1	67.3 44.8	47.8 44 41,7	42.8
المعادل الرملي %	58.2	28.4	29.1	26.4
التدرج الحبي	محقق	محقق	محقق	محقق
حد السيولة	16.1	21	23	26.2
دليل اللدونة	2.4	2.8	3.6	3.18
اختبار امتصاص الماء للمواد الخشنة %	3.4	9.1	7	7.5
اختبار امتصاص الماء للمواد الناعمة %	4.5	12	5.3	5.1
الكثافة الجافة المخبرية gr/cm3				1.97
الكثافة الجافة الحقلية gr/cm3				1.94
درجة الرص %				98.6

بناء على نتائج الفحوصات المخبرية التي أجريت على عينات من المواد المُستخرجة من مواقع (موقع مدينة إدلب، موقع مدينة أريحا، موقع جسر الشغور) لتقييم ملاءمتها للاستخدام في تطبيقات الطرق.

1. اختبار لوس أنجلوس: أظهرت النتائج أن معاملات الاهتراء لعينات المواقع الثلاثة تتجاوز الحد المسموح به للمواد الحصوية المستعملة في الطرق. مع ذلك، يمكن الاستفادة من هذه المواد في طبقات ما تحت الأساس مع الأخذ بعين الاعتبار بعض التحفظات وإجراء المزيد من الدراسات.

2. 2. اختبار المكافئ الرملي:

أشارت النتائج إلى أن قيم المكافئ الرملي للعينات الثلاثة تُلبي متطلبات استخدامها في طبقات ما تحت الأساس للطرق.

3. اختبار التدرج الحبي: كانت نتائج هذا الاختبار مُطابقة للمواصفات لجميع العينات.

4. اختبار حد السيولة: أظهرت النتائج أن قيم حد السيولة للعينات الثلاثة مقبولة حسب الكود السوري.

5. اختبار دليل اللدونة: كانت نتائج هذا الاختبار مُطابقة للمواصفات لجميع العينات.

6. اختبار امتصاص الماء: أظهرت النتائج أن قيم امتصاص الماء لعينة موقع

مدينة إدلب تتجاوز الحد المسموح به، بينما كانت قيم العينات الأخرى مقبولة.

7. **اختبار بروكتور:** أظهرت النتائج أن درجة رص عينة موقع جسر الشغور مقبولة

7. الاستنتاجات

- لا يمكن استعمال عينات المواقع الثلاثة في الطبقة السطحية الإسفلتية للطرق.
- يمكن استعمال عينات المواقع الثلاثة في طبقات ما تحت الأساس للطرق مع الأخذ بعين الاعتبار بعض التحفظات وإجراء المزيد من الدراسات:

- يمكن استعمال المواد المعاد تدويرها المأخوذة من الأماكن الثلاثة (إدلب، أريحا، جسر الشغور) في طبقة ما تحت الأساس للطرق ويمكن استعمالها تجاوزا في طبقة الأساس

- لا يمكن استعمال العينات المأخوذة من الأماكن الثلاث في الطبقة السطحية الإسفلتية.

- يلزم إجراء المزيد من الاختبارات لتقييم سلوك هذه المواد على المدى الطويل.

8. التوصيات

بناءً على نتائج التحليلات والتجارب، توصي الدراسة بما يلي:

1. استعمال المواد المعاد تدويرها في تطبيقات الطرق

طبقة ما تحت الأساس: يُمكن الاستفادة من المواد المعاد تدويرها المُستخرجة من مواقع) موقع مدينة إدلب، القياسات، جسر الشغور) في إنشاء طبقة ما تحت الأساس للطرق.

طبقة الأساس: مع الأخذ بعين الاعتبار بعض التحفظات، يُمكن استعمال المواد المعاد تدويرها من المواقع المذكورة في طبقة الأساس، لكن يتطلب ذلك دراسات ومزيدًا من الاختبارات المذكورة سابقا للتأكد من ملاءمتها ومقاومتها للمتطلبات الهندسية.

2. قيود استعمال المواد المعاد تدويرها في الطبقة السطحية

لا يُنصح باستعمال المواد المعاد تدويرها من المواقع الثلاثة) موقع مدينة إدلب، موقع مدينة أريحا، موقع جسر الشغور) في تركيبة الطبقة السطحية الإسفلتية للطرق، وذلك لضمان جودة عالية ومتانة للطبقة وتجنب أي أخطار محتملة على سلامة مستعملي الطريق.

. المراجع

1. 327. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000587
2. Ho, N. Y., Lee, Y. P. K., Lim, W. F., Zayed, T., Chew, K. C., Low, G. L., &
3. https://www.researchgate.net/publication/316846160
4. Kosior-Kazberuk, M., & Grzywa, M. (2014). Recycled Aggregate Concrete as Material for Reinforced Concrete Structures. Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 7(2), 60–66. https://doi.org/10.5755/J01.SACE.7.2.7135
5. Li, G., West, A. J., Densmore, A. L., Jin, Z., Zhang, F., Wang, J., Clark, M., & Hilton, R. G. (2017). Earthquakes drive focused denudation along a
6. Makul, N., Fediuk, R., Amran, M., Zeyad, A. M., Klyuev, S., Chulkova, I., Ozbakkaloglu, T., Vatin, N., Karelina, M., & Azevedo, A. (2021). Design
7. Naddaf, M. (2023). Turkey–Syria earthquake: what scientists know. Nature, 614(7948), 398–399. https://doi.org/10.1038/D41586-023-00364-Y
8. Ozbakkaloglu, T., Gholampour, A., & Xie, T. (2017). Mechanical and Durability Properties of Recycled Aggregate Concrete: Effect of Recycled Aggregate Properties and Content. Journal of Materials in Civil Engineering, 30(2), 04017275. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002142
9. Paine, K., Dhir, R., Paine, K. A., Collery, D. J., & Dhir, R. K. (2009). Strength and deformation characteristics of concrete containing coarse recycled and manufactured aggregates.
10. Rashwani, A., Kadan, B., Seyedian Choubi, S., Alhammoudi, Y., Hanein, T., Guadagnini, M., Meral Akgul, C., & Provis, J. L. (2023). Rebuilding Syria from the Rubble: Recycled Concrete Aggregate from War-Destroyed Buildings. Journal of Materials in Civil Engineering, 35(4). https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004654
11. Strategy for Recycled Aggregate Concrete: A Review of Status and Future Perspectives. Crystals 2021, Vol. 11, Page 695, 11(6), 695. https://doi.org/10.3390/CRYST11060695
12. tectonically active mountain front. Earth and Planetary Science Letters, 472, 253–265. https://doi.org/10.1016/J.EPSL.2017.04.040
13. Ting, S. K. (2013). Efficient Utilization of Recycled Concrete Aggregate in Structural Concrete. Journal of Materials in Civil Engineering, 25(3), 318–