

صلاحية صخور تكوين انجانة الرملية لأغراض البناء وكحجر تحكيم للسكك الحديدية في منطقة قيتول / محافظة السليمانية

محمد راشد عيود الجبوري¹ ، أميد محمد احمد² ، ابراهيم حميد ابراهيم اللهبي¹

¹قسم علوم الارض التطبيقية ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

²قسم علوم الارض التطبيقية ، كلية العلوم ، جامعة كركوك ، كركوك ، العراق

الملخص

تم في هذه الدراسة ايجاد الخواص الجيوتكنيكية لصخور طبقة الحجر الرملي العائدة لتكوين انجانة في منطقة قيتول/ محافظة السليمانية و مقارنتها مع المواصفة العراقية القياسية (م.ق.ع) والمواصفة الامريكية القياسية (ASTM)، وذلك لتحديد ملائمتها لأغراض البناء وكحجر تحكيم لسكك الحديد من خلال القيام بمسح هندسي حقل لسنة محطات ضمن منطقة الدراسة ووصفها هندسياً ومن ثم اجراء الفحوصات الجيوتكنيكية الفيزيائية، الميكانيكية على نماذج ممثلة للمحطات المدروسة. كما تم اجراء التحليلات الكيميائية للتعرف على نسبة الاكاسيد في الصخور المدروسة.

أظهرت الفحوصات الفيزيائية ان صخور الحجر الرملي تمتلك نسبة امتصاص وكثافة جافة ضمن حدود المواصفة الخاصة بالبناء (ASTM-C-568-99,2004). وكذلك ضمن حدود المواصفة الخاصة كحجر تحكيم لسكك الحديد (Raymond,1979)، (O.R.B.D,1999). اما الفحوصات الميكانيكية (المقاومة الانضغاطية، مقاومة الانثناء والتآكل الميكانيكي) تضمنت النتائج التالية المقاومة الانضغاطية كانت قوية جداً وكذلك مقاومة الانثناء كانت متوافقة مع المواصفة الخاصة بالبناء (ASTM- C-568-99,2004). اما التآكل الميكانيكي تنطبق عليه شروط المواصفة الخاصة بركام التحكيم للسكك الحديدية (Raymond,1979)، (O.R.B.D,1999). وطبقا للمواصفات الخاصة اظهرت النتائج النهائية صلاحية صخور الحجر الرملي لأغراض البناء وكذلك صلاحيتها للاستخدام كركام في السكك الحديدية.

المقدمة

عليها جراء عمليات تكسير الصخور وتتمثل بالحجوم من 5- 70 ملم وكما يدخل ضمنها الرمل والحصى و كسارة الصخور الصناعية. ويعتبر الركام المادة الرئيسية في اعمال الرصف حيث يشكل نسبة 70- 75% من الحجم الكلي لمكونات طبقات الرصف اي ما يعادل (90- 95)% بالوزن، ان الوظيفة الاساسية للركام هي تحمل الاجهادات المختلفة[5].

يهدف البحث الى ما يأتي:

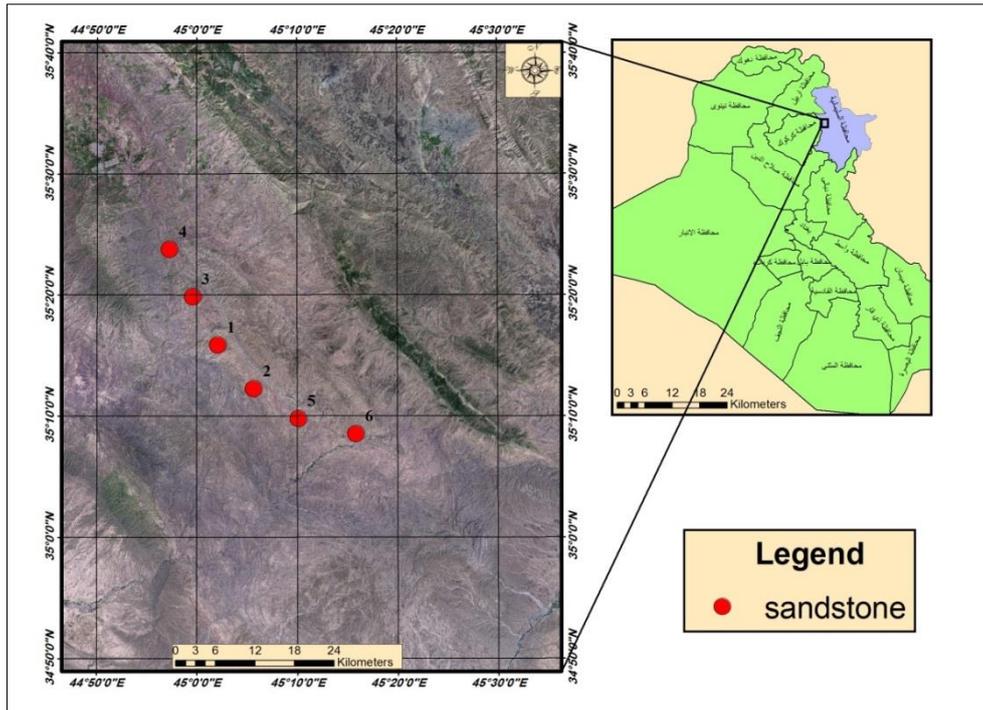
1- دراسة بعض الخواص الجيوتكنيكية لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة.

2- دراسة صلاحية صخور الحجر الرملي لأغراض البناء وركام تحكيم في السكك الحديدية.

موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمال الشرقي من العراق ضمن الحدود الادارية لمحافظة السليمانية وبالقرب من منطقة (سنكاو - جمجمال) حيث تنحصر منطقة الدراسة بين خطي طول (10°20'45) و (10°25'35) شرقاً ودائرتي عرض (20°05'35) و (15°25'35) شمالاً، وتبعد حوالي 48 كم من مركز محافظة السليمانية . كما في الشكل رقم (1).

يعد الحَجْرُ الرَّمْلِيُّ أو الصخر الرملي هو نوع من الأحجار الطبيعية، تعمل ظروف الضغط والحرارة على تماسكها بالإضافة إلى وجود أملاح معدنية تساعد على تكونها. وتتكون معظم الأحجار أو الصخور الرملية من الكوارتز والفلسبار حيث أن تلك المادتين من المكونات الأساسية في القشرة الأرضية [1]. ويستعمل الحجر الرملي في الأغراض نفسها التي يستخدم فيها الحجر الجيري وربما يعتبر الحجر الرملي، المملط جيداً بالسليكا أكثر متانة ومقاومة لظروف الطقس عند مقارنته بمعظم حجارة البناء الأخرى ويقاوم الحجر الرملي العوامل الجوية ويمكن تشكيله بسهولة، ولذلك يستخدم كثيراً في بناء المنشآت والمباني [2]. حيث يعرف حجر البناء (Dimension Stone) وحسب المواصفة المختصة بالمصطلحات المتعلقة بالأحجار الطبيعية [3]. بأنه صخرة تتواجد بصورة طبيعية تمتلك مواصفات معينة واحجام تسمح بقلعها وتقطيعها بأبعاد وأشكال محددة لغرض استعماله في أغراض مختلفة مثل أكساء واجهات المباني، ركام لرصف الطرق، احجار تحكيم، النصب التذكارية واستعمالات صناعية اخرى. و يُعرَف حجر التحكيم بأنه نوع من الحجر الذي يستخدم في انشاء السكك الحديدية ويرص تحت القضبان الحديدية .ويجب ان يكون الحجر بمواصفات خاصة، وعادة تكون من الصخور النارية او الصخور الكلسية [4]. يطلق مصطلح الركام على المواد الحبيبية يتم الحصول



شكل (1) خارطة موقعيه موضح عليها مواقع محطات منطقة الدراسة

والتي تكونت نتيجة لوجود صخور قليلة الصلابة أو رخوة كطبقات الصخور الطينية السمكية متداخلة مع طبقات قوية وصلادة من الصخور الرملية حيث يتراوح سمك التكوين ما بين (8-12م) كما موضح في اللوحة رقم (1). و ترسبات من العصر الرباعي حيث تغطي هذه الترسبات مناطق متفرقة من منطقة الدراسة ، وتتألف من ترسبات المدملكات والرمل والطين والحصى وقطع من الصخور الرسوبية والتي هي عبارة عن فتات صخري ناتج من عمليات التجوية والتعرية للصخور المنكشفة في المنطقة وعادة ما تكون مزيجاً من الجبس والحجر الجيري وتكسرات الصخور الرملية الطينية التابعة لتكويني الفتحة وانجانة.

اما من الناحية التكتونية فتعد منطقة الدراسة جزءاً مهماً من نطاق جمجمال - بطمة الثانوي ضمن نطاق اقدام الجبال Foot Hill (Zone) ونطاق العمادية _ شقلاوة الثانوي ضمن نطاق الطيات العليا (High Fold Zone)، وفي جزء نطاق جمجمال- بطمة الثانوي توجد طيات محدبة طويلة وضيقة مثل: طية جمجمال، طية المملحة وطيات مقعرة واسعة مثل طية قادر كرم وباسرة وهذه الطيات المقعرة مغطاة بترسبات العصر الرباعي. اما الجزء الجنوبي لنطاق الطيات العالية فتوجد فيه سلاسل جبال (قوبي قرداغ) و (سكرمة) و(كله زردة) العالية حيث تتكون من طيات مقعرة ومحدبة ضيقة ومغلقة [11].

وجيومورفولوجيا تتميز منطقة الدراسة بوجود جبال ذات ارتفاعات محدودة مع وجود مصاطب عند اقدام التلال العالية وتكون التلال التركيبية والمنحدرات متأثرة بالتعرية بدرجة كبيرة، واكثر الظواهر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة هي الجبال والمتوافقة مع تراكيب الطيات المحدبة مثل دربندي بازيان، اجداغ، قره ويس، واهم المظاهر

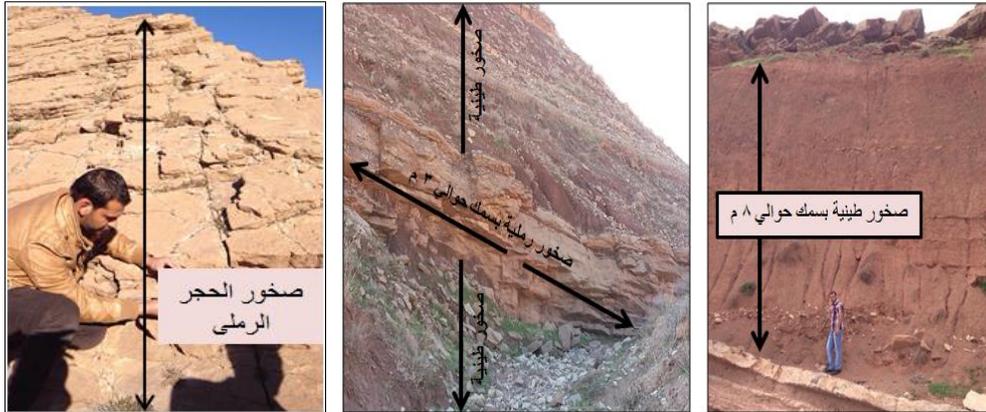
جيولوجية منطقة البحث

طباقياً تتكون منطقة الدراسة من تكوين الفتحة حيث ينتشر هذا التكوين في نطاق الطيات الواطئة حيث تغطي ترسباته جميع المناطق على حافة الرف المستقر Stable Shelf، ويعد نطاق اقدام الجبال المناطق الرئيسية لانتشار هذا التكوين [6]. يتألف التكوين من دورات ترسيبية عدة ، وهذه الدورات نتيجة العمليات المتكررة من تقدم وتراجع البحر [7]. و ينكشف تكوين الفتحة على السطح في منطقة الدراسة على شكل مكاشف صخرية من الحجر الجيري والجبس والمارل وبمعدل سمك يتراوح بين (10-12 م) اما من الناحية الصخرية فإنه يتكون من دورات رسوبية متناوبة من المارل الحجر الجيري والجبس اوالاتهايدرايت مع تداخلات من الحجر الرملي في الجز العلوي من التكوين.

اما تكوين انجانة الذي يخص البحث و تمثل ترسبات تكوين انجانة الترسبات القارية وشبه القارية، وتكون على شكل دورات ترسيبيه متعاقبة تبدأ بالمدملكات والصخور الرملية الحاوي للحصى وتنتهي بالصخور الطينية بصلابتها القليلة وتكون هشة والحصى الموجود فيها بشكل عدسات وتظهر فيها أيضا التراكيب الرسوبية كالتطبق المنقطع والتطبق المتدرج [8]. وان الارتفاع الشديد للجبال في الأجزاء الشمالية الشرقية من العراق نتيجة للحركة الألبية أدى الى تكوين مواد فتاتية ترسبت بادئ الامر في المياه البحرية مكونه تكوين انجانة حيث يغلب على ترسباتها اللون الاحمر بسبب ارتفاع الارض وأكسدة مكوناتها بالهواء [9]. يقع المقطع النموذجي لهذا التكوين في منطقة أنجانه ضمن طيه حميرين بالقرب من طريق بغداد- كركوك [10]. ولوحظ في منطقة الدراسة القريبة من قرية (قبتول) من نوع Bad Land Topography حيث تتكون من تلال عالية الارتفاع وكبيرة الحجم

الصخرية صغراً فأنتها تسقط، اما الدرجات فأنها تلي انفصال الكتل بفعل الانهيارات الرئيسية (الانزلاق، الانقلاب، السقوط الصخري).

الجيومورفولوجية الملاحظة في منطقة الدراسة هي التلال والوديان والسقوط الصخري نتجه وجود منحدر عمودي بفضل التجوية التفاضلية وعندما يصبح التماسك عبر الانقطاعات المحيطة بالكتلة



لوحه (1) توضح بعض مكاشف تكوين انجانه في منطقة الدراسة

- 1- يجفف النموذج لمدة (24) ساعة بدرجة حرارة (C° 105) للحجر الرملي ويبرد بدرجة حرارة الغرفة لمدة (30 دقيقة) ومن ثم يوزن النموذج جافاً (W.dry).
 - 2- يشبع النموذج و لمدة (48 ساعة) في حوض مملوء بالماء المقطر بدرجة حرارة (C° 20) ثم يسمح سطحه الخارجي من الماء بوساطة قطعة من القماش الرطبة ويسجل وزن النموذج المشبع (W.sat).
 - 3- يغمر النموذج ويوزن معلقاً بالحامل داخل الماء ويسجل وزنه وهو مغموراً (W.sub).
- ومن الفحوصات التي تم اجرائها.

الكثافة الجافة الكتلية (Dry density (pdry

تعرف بأنها كتلة وحدة الحجم ووحداتها (كغم/م³) [21]. وتعتمد على التركيب المعدني، المسامية، كمية الماء الموجودة بالفراغات والكسور، وتم قياس كتلة وحدة الحجم للنماذج غير المنتظمة بطريقة الاوزان الثلاثة وفق المواصفة [22] بأستخدام ميزان الكتروني حساس وبدقة (0.1 غم). حيث تراوحت قيم الكثافة الجافة لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة ما بين (2.471_ 2.547) غم/سم³ الجدول (1). لقياس الكثافة يتم بأستخدام المعادلة التالية .

$$pdry = \frac{M_{dry}}{M_{sat} - M_{sub}} * \rho_w \dots (1)$$

إذ ان:

pdry = تمثل الكثافة الجافة ب (غم/سم³).

M_d = كتلة العينة الجافة (غم).

M_{sat} = وزن العينة المشبعة بالماء (غم).

M_{sub} = وزن العينة المغمورة بالماء (غم).

ρ_w = الكثافة الماء الكتلية (غم/سم³)

محتوى الرطوبة (Moisture Content (M.c

ويدعى أيضاً بمحتوى الرطوبة المائي للصخور وهو عبارة عن نسبة وزن الماء في الصخرة الى وزنها الجاف [20]، وتعد هذه الصفة من الخواص الدالة للمواد الصخرية لما لها من علاقة بمعامل المرونة والمقاومة الشدية و الانضغاطية [23]. كما بين [18] بأن هذه

المواد وطرائق العمل

شمل العمل الحقلي اجراء القياسات ووصفاً حقلياً لصخور محطات منطقة البحث بالاعتماد على الجداول المقترحة من قبل كل من [12] و [13]. وكذلك تضمن العمل المختبري على اجراء الفحوصات الجيوتكنيكية للصخور الرملية والتي شملت، الفحوصات الفيزيائية متضمنة (الكثافة الجافة الحقيقية، المحتوى الرطوبي، نسبة الامتصاص، المسامية الجزئية، الوزن النوعي الحقيقي والظاهري واجريت في المختبرات الانشائية للكلية التقنية/ كركوك بالاعتماد على طريقة الاوزان الثلاثة حسب المواصفة القياسية [14]. اما الفحوصات الميكانيكية والتي تضمنت فحص المقاومة الانضغاطية اللاحصورة للصخور وتم تهيئة النماذج في مختبر الجيولوجيا الهندسية في قسم علوم الارض التطبيقية/ جامعة كركوك بالاعتماد على المواصفة القياسية [15]. وفحص مقاومة الانثناء بالاعتماد على المواصفة القياسية [16]. وفحص نسبة التآكل الميكانيكي (لوس انجلس) بالاعتماد على المواصفة القياسية [17]. حيث تم فحصها في المختبرات الانشائية للكلية التقنية/ كركوك. اضافة الى اجراء التحليلات الكيميائية لمعرفة نسبة الاكاسيد للصخور.

الفحوصات البتروفيزيائية

تُعد دراسة الصفات البتروفيزيائية ذات أهمية كبيرة لدراسة التصرف الهندسي لأية مادة صخرية وتحديد ملائمتها كأحجار بناء واستخدامها كركام تحكيم [18]. ومهمة للمقارنة بين نسب الامتصاص لمختلف أنواع أحجار البناء [19]. وتختلف الخواص الفيزيائية للصخور باختلاف مكوناتها المعدنية وقوة التحام الحبيبات ونوع المواد اللاصقة، وإن من أهم خواص الصخور هي مقاومتها للقوة الخارجية حيث للمقاومة علاقة بالكثافة والمسامية وهذه العلاقة ليست علاقة حدية [20] و [18].

تتلخص هذه الطريقة بما يأتي :-

تم إيجاد مقدار نسبة الامتصاص للماء بالاعتماد على طريقة الاوزان الثلاثة من المعادلة التالية:

$$W_{.ab} = (W_w / W_d) \times 100 \dots\dots(3)$$

$W_{.ab} \% =$ النسبة المئوية للامتصاص.

$W_w =$ وزن الماء في الفراغات (غم) الممتص خلال غمر النموذج بالماء لمدة (48) ساعة.

$W_d =$ وزن النموذج الجاف (غم) .

المسامية الجزئية ('n) Partial Porosity

هي نسبة حجم الفراغات الى الحجم الكلي للعينة، مقاسة بدون تغريغ الهواء الذي يشغل الفراغات [24]. حيث يجفف النموذج بدرجة حرارة (105) م ° لحين وصوله الى وزن ثابت ثم يوزن بدقة (W_{dry}). ثم يغمر جزئياً بالماء ولعمق (4) ملم وبعد (24) ساعة من وصول الماء الى السطح العلوي للنموذج يغمر كلياً بالماء ولمدة (48) ساعة، ثم يرفع ويوزن بعد ان يمسح سطحه الخارجي بقطعة قماش مبللة (W_{sat}). ومن ثم يوزن وهو معلق في الماء (W_{sub}) عندئذ تحسب قيمة المسامية الجزئية من العلاقة التالية، وتراوحت قيم المسامية الجزئية لصخور قيد الدراسة ما بين (7.30_3.38) % جدول (1)

$$n \% = \frac{W_{sat} - W_{dry}}{W_{sat} - W_{sub}} \times 100 \dots\dots(4)$$

جدول (1) قيم الخواص البتروفيزيائية للصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة.

رقم المحطة	المسامية الجزئية (n%)	نسبة الامتصاص (%W.ab)	الكثافة الجافة (ρ_{dry}) (غم/سم ³)	المحتوى الرطوبي (W.C) %	الوزن النوعي الحقيقي True.G.S	الوزن النوعي الظاهري الجاف Apparent.G.S (dry)
1	5.50	2.396	2.487	0.777	2.644	2.487
2	6.15	2.159	2.473	0.775	2.635	2.473
3	4.74	1.869	2.502	0.774	2.626	2.502
4	4.61	1.894	2.532	0.616	2.621	2.532
5	3.38	1.338	2.547	0.535	2.696	2.547
6	7.30	2.488	2.471	0.845	2.590	2.471

المعادن، حجم الحبيبات والمسامية [20]. ولقد تم قياس المقاومة الانضغاطية للامحصورة لصخور الحجر الرملي بواسطة جهاز فحص حمل النقطة (Point Load Test)، ويعد فحص حمل النقطة من الفحوصات السهلة وكثيرة الاستعمال من الناحية العملية، بسبب سهولة اجراء الاختبارات وسرعة التنفيذ في المختبر أو الحقل ولنماذج المنتظمة أو غير المنتظمة. وقد استخدم [28] ثلاث صفات لتحضير النموذج والمتمثلة بطول النموذج (L) وعرضه (W) وارتفاعه (D)، وبتسليط الحمل (Load) بواسطة الرافعة اليدوية على النموذج من خلال نقطتي التحميل (P) ينهار النموذج بشكل كسر، عندئذ يتم حساب المقاومة الانضغاطية.

يحسب معامل المقاومة (IS) الذي يمثل نسبة الحمل المسلط على مربع المسافة بين نقطتي تسليط الحمل وفق المعادلة التالية.

$$I_s = P/D^2 \dots\dots(5)$$

حيث :

$I_s =$ معامل حمل النقطة (MPa).

$P =$ الحمل المسلط على النموذج (MN).

$D =$ المسافة بين نقطتي التحميل (m).

الخواص المذكورة تقل بزيادة المحتوى الرطوبي للصخرة. وتراوحت قيم المحتوى الرطوبي لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة ما بين (0.845_0.535). جدول(1)، وتم إيجاد المحتوى الرطوبي للصخور المدروسة وفق المعادلة التالية:

$$(M.c) = \left\{ \frac{Mn - Md}{Md} \right\} \times 100 \dots\dots(2)$$

حيث :

$Mn =$ وزن العينة الطبيعي (غم).

$Md =$ وزن العينة الجاف (غم).

نسبة امتصاص الماء (W.ab.) Water absorption

الامتصاص هي قابلية الصخرة على جذب الماء بين مساماتها وحول سطح الحبيبات إذ تعتمد قابلية الصخور للامتصاص على عوامل عدة منها: الشكل والحجم وترتيب الحبيبات وميكانيكية الصخور ومنها الرص، والتشويه والكسور... الخ. وتعد هذه الخاصية مهمة لأغراض البناء وفي تقييم صلاحيتها للعزل الحراري لان الصخرة ذات الامتصاص القليل تكون اكثر تحملاً وأقل تأثراً بالانجماد- الذوبان وتغيرات الجفاف والرطوبة [18]. حيث ان الصخور المدروسة تمتلك نسبة امتصاص تراوحت ما بين (2.488_1.338) % جدول (1) . إذ

الخواص الميكانيكية Mechanical Properties

تعد الفحوصات الميكانيكية ضرورية لغرض تقييم الصخور المستخدمة لأغراض البناء وسكك الحديد وذلك لمعرفة مدى تحملها للضغط المسلط عليها [25]. وكذلك لها أهمية اقتصادية كبيرة في استغلال الكثير من التراكيب الهندسية، وتم دراسة السلوك الهندسي للحجر الرملي في منطقة الدراسة باستخدام عدة فحوصات ميكانيكية طبقاً للمواصفات القياسية الأمريكية (ASTM). ومنها المقاومة الانضغاطية للامحصورة، مقاومة الانثناء و مقاومة التآكل الميكانيكي(السحج).تضمنت الفحوصات التالية:

المقاومة الانضغاطية اللامحصورة

Unconfined Compressive Strength

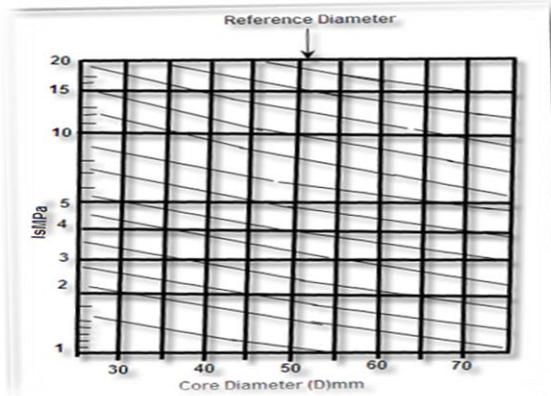
تعرف المقاومة الانضغاطية اللامحصورة للصخرة بأنها مقاومة الصخرة للضغط العمودي عند نقطة الانهيار [20]. وكذلك تعرف بأنها مجموعة القوى الممثلة بأصرة التحام الحبيبات او البلورات المكونة لمادة الصخرة والمقاومة للقوى الخارجية المسلطة عليها عمودياً، [26]، [27]. وهناك كثيراً من العوامل المؤثرة على المقاومة الانضغاطية منها: حجم النموذج، شكله، محتوى الرطوبة، معدل التحمل، درجة نعومة الأوجه. ومن العوامل المؤثرة الأخرى هي نوعية

الشكل (3) العلاقة التي تحكم المقاومة الانضغاطية الغير المحصورة (σ_C) مع معامل المقاومة IS هي :

$$\sigma_C = K \times IS (50) \text{ mm} \dots\dots(6)$$

حيث ان (K) هو عامل تحويل المقاومة والتي تتغير مع تغير او اختلاف قطر النموذج. لإيجاد قيمة العامل (K) يتم استخدام العلاقة التي تربط بين قطر النموذج (d) وعامل التحويل (K), كما في الشكل (3) أو رياضياً كما في المعادلة التالية كما ذكرت في [13].

$$K = 14 + 0.17 * d \dots\dots(7)$$

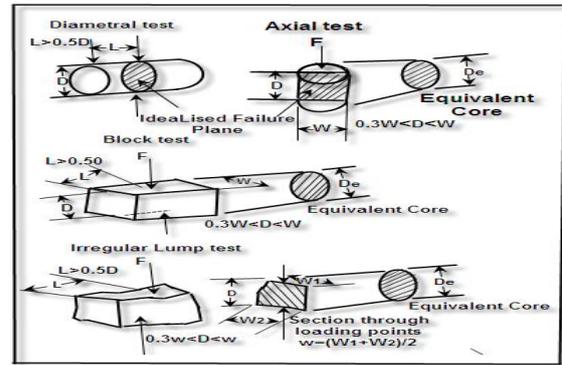


الشكل (3) يمثل اقطار النماذج ومعامل الحمل الرأسي (IS) وكيفية التصحيح محور عن [31].

ان قيمة (K) لنموذج قطرة (50) ملم تساوي (22.50) وبعد ايجاد قيمة IS(50) وقيمة المعامل (K), يمكن الحصول على المقاومة الانضغاطية الغير المحصورة (σ_C) من خلال المعادلة التالية :

$$\sigma_C = 22.50 \times IS (50) \text{ mm} \dots\dots(8)$$

القيمة الناتجة من معامل المقاومة تضرب في معامل معيارية الجهاز والذي يكون على الاغلب يساوي (1.5). بما ان قيمة معامل المقاومة يعتمد على حجم وشكل النموذج, لذا اقترح الباحثين ان يكون هناك قطر قياسي من اجل الحصول على معامل مقاومة ملائم بحيث ان مسافة القطر تساوي (50) ملم, وقد اختيرت كقطر قياسي للتغلب على النتائج المتباينة اثناء الفحص, ويمكن في بعض الاحيان استخدام عتبات لباب صخري وعينات غير منتظمة لاجراء الفحص كما موضح في الشكل (2).



الشكل (2) يمثل أشكال النماذج المختلفة لأنواع الفحوصات عن [30] In [29]

لغرض الحصول على معامل مقاومة IS = 50) mm الذي يعتبر قطراً مرجعياً لتصحيح النماذج ذات الاقطار الاكبر و الاقل من (50) ملم, اذا كانت قيمة القطر اكبر من (50) ملم فان قيمة معامل المقاومة سوف يزداد, اما اذا كانت قيمة القطر اقل من (50) ملم فان قيمة معامل المقاومة سوف تقل ونحصل على قيمة IS (50) من

جدول (2) يوضح نتائج فحص المقاومة الانضغاطية لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة.

Station No.	Diameter (mm)	Force(KN)	Diameter (m ²)	Force(MN)	IS (MN/ m ²)	IS (50)(Mpa)	$\sigma_C = IS (50) * 22.5$	Average(Mpa)	Description according (Amnon,1977)
1 a	56	13.46	3.13*10 ⁻³	1.346*10 ⁻²	4.29	4.7	105.75	114.37	Very strong
1 b	57	16.69	3.249*10 ⁻³	1.669*10 ⁻²	5.136	5.8	130.5		
1 c	60	15.56	3.60*10 ⁻³	1.556*10 ⁻²	4.322	4.75	106.87		
2 a	62	16.134	3.844*10 ⁻³	1.613*10 ⁻²	4.197	4.6	103.5	112.12	Very strong
2b	61	17.735	3.721*10 ⁻³	1.773*10 ⁻²	4.766	5.2	117		
2c	60	17.10	3.60*10 ⁻³	1.71*10 ⁻²	4.75	5.15	115.87		
3a	68	18.55	4.624*10 ⁻³	1.855*10 ⁻²	4.011	4.7	105.75	150	Very strong
3b	46	19.77	2.116*10 ⁻³	1.977*10 ⁻²	9.379	8.5	191.25		
3c	48	16.36	2.304*10 ⁻³	1.636*10 ⁻²	7.103	6.8	153		
4a	59	14.417	3.481*10 ⁻³	1.44*10 ⁻²	4.14	4.6	103.5	129.37	Very strong
4 b	56	19.84	3.136*10 ⁻³	1.98*10 ⁻²	6.326	6.85	154.12		
4c	58	16.61	3.364*10 ⁻³	1.66*10 ⁻²	4.937	5.8	130.5		
5 a	60	23.92	3.60*10 ⁻³	2.392*10 ⁻²	6.644	7.0	157.5	157.21	Very strong
5 b	58	21.72	3.364*10 ⁻³	2.172*10 ⁻²	6.456	6.8	153		
5 c	57	22.131	3.24*10 ⁻³	2.213*10 ⁻²	6.811	7.15	160.87		
6 a	60	18.24	3.60*10 ⁻³	1.824*10 ⁻²	5.069	5.8	130.5	106.5	Very strong
6 b	64	14.045	4.069*10 ⁻³	1.404*10 ⁻²	3.43	3.9	87.75		
6c	53	11.863	2.809*10 ⁻³	1.186*10 ⁻²	4.223	4.5	101.25		

الطبيعية (Natural State) في المختبرات الانشائية للكلية التقنية/ كركوك باستعمال جهاز نوع -Alfa Digital indicator DI-09 (CON)، و طريقة الفحص تتلخص بوضع العينة بحيث تكون قاعدتها السفلى والعليا أفقية بين المسندين مع قياس المسافة بين الاندز والتي يجب ان تكون بعيد متساوٍ عن مسند التحميل (المركزي) على أن تكون المساند الثلاثة موازية لبعضها البعض ثم يسلط الحمل تدريجياً بمعدل لا يزيد على (4450) نيوتن/ دقيقة بواسطة جهاز الكتروني كما موضح في اللوحة رقم (2).

وقد تم حساب مقاومة الانحناء كما في المعادلة التالية

$$R = 3WI/2bd^2 \dots\dots(9)$$

R = مقاومة الانثناء (MPa) .

W = الحمل عند الانهيار (N) .

l = المسافة بين مسندي التحميل (mm) .

b = عرض النموذج (mm) .

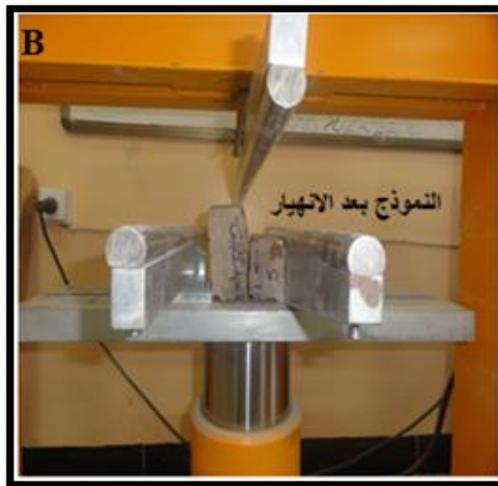
d = سمك النموذج (mm)

مقاومة الانثناء Flexural Strength (R)

وهي مقاومة الصخرة للانحناء او الانثناء [32] عن [33]. ويعد من الفحوصات المهمة لتقييم الصخور عند استخدامها في البناء كعتبات عليا وفي الشبابيك والابواب وكذلك في فتحات التكيف [33]. ووفق ماتشير اليه المواصفة الامريكية القياسية [34]. تنتقى النماذج او عينات الفحص غير المتجوية من المكاشف بحيث تمثل الوسط الحقيقي لنوع أو صنف الحجر الرملي قيد الدراسة. اذ تم تحضير عينات من الكتل الصخرية بالأبعاد (طول x عرض x ارتفاع) (203x101x57) ملم على التوالي والمبينة في المواصفة الامريكية القياسية [34] باتجاه عمودي على سطح التطبيق للحصول على أعلى مقاومة انحناء. ويمكن أن تُقَطَّع الكتل الصخرية بشكل مواز لمستويات تطبق الصخرة لضمان تسليط الأثقال على النموذج أثناء الفحص بشكل عمودي على هذه المستويات [35]. وتم صقل هذه العينات للحصول على سطح امس بحيث يكون وجهي العينة التي مقاسها (20 × 101 × 3) ملم مستوية ومتوازية قدر الامكان وقد تم فحصها بحالتها

جدول (3) يوضح نتائج قيم مقاومة الانثناء لنماذج صخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة.

Sample No.	Sample Length(cm)	Sample width(b)(cm)	Sample thickness (cm)	Distance (cm)	Force(N)	Flex.St. (R)(Mpa)
1	19.0	10.3	5.7	17.0	13.5	10.28
2	21.0	11.1	5.7	18.5	10.2	7.84
3	20.5	10.5	6.0	18.0	15.6	11.14
4	20.0	10.5	6.0	18.0	14.3	10.21
5	21.2	11.2	6.2	18.5	17.6	11.34
6	19.0	10.2	6.5	17.0	13.9	8.22



اللوحة (2) توضح عملية تهيئة وفحص مقاومة الانثناء لنماذج الحجر الرملي في منطقة الدراسة قبل الانهيار وبعد الانهيار.

الفحص [25]، وهناك عوامل عديدة تؤثر على قيمة السحق، منها صلابة المعادن المكونة للصخور ونسبة تواجد هذه المعادن فيها واحتواء المعادن على مستويات تشقق (Cleavage planes) وحجم الحبيبات وطبيعة الروابط بين الحبيبات والتغير المعدني ودرجة التجوية [37]. وتحدد نسبة السحق (التآكل) بمقدار الفقدان بالوزن الذي يطرأ على الركاب، فإذا كان الفقدان بنسبة قليلة فيعني ذلك ان للركاب مقاومة عالية للسحق ويمكن ان يستخدم كحجر لتحكيم لسكك

مقاومة التآكل الميكانيكي (السحق) Mechanical

Abrasion Resistance

هي مؤشر نوعي لمصادر الركاب المختلفة المتشابهة بالتركيب المعدني [36]. ويعد قياساً لتأثر مجموعة معينة من ركاب الصخور بالتآكل والاندثار ويستعمل عادة لفحص الركاب المستعمل في الخرسانة والطرق والاسطح المعرضة للاحتكاك الشديد نتيجة الحركة المرورية. و لتحديد مدى مقاومة الركاب للسحق عند تسليط قوة مماسية وقوة عمودية في آن واحد تستخدم كرات معدنية خاصة في جهاز

عدد الكرات واوزانها والموضحة عددها ومجموع اوزانها لكل صنف تدرج. وقد تم هذا الفحص لنماذج صخور الحجر الرملي في المختبر الانشائي للكلية التقنية/ كركوك حيث يتم الفحص الخاص بسكك الحديد والطرق بوضع عينة الفحص الجافة مع الكرات التي عددها (11) كرة متساوية الوزن ومجموع وزنها (4584)غم في الجهاز. ويتم سد غطاء فتحة إدخال العينات والكرات بإحكام ثم تدار الاسطوانة بسرعة (30-33) دورة / دقيقة لحين إكمال (500) دورة - بعد الانتهاء يتم رفع العينة من الجهاز ونخلها على منخل قطر (2.36) ملم أو أي منخل أخر اكبر من قطر فتحة (1.7) ملم، ويغسل المتبقي على منخل قطر الفتحة (1.7) ملم، للتخلص من المواد الناعمة كلياً ويجفف الجزء المتبقي على نفس المنخل في درجة حرارة (5±110 درجة مئوية) إلى إن يثبت وزنه ويسجل الوزن. ليتم بعدها حساب النسبة المئوية للسحق من العلاقة التالية

$$\text{Abr. \%} = \left\{ \frac{\text{A-B}}{\text{A}} \right\} \times 100 \dots \dots (10)$$

A = وزن النموذج قبل الفحص (غرام)
B = وزن النموذج الجاف (بالغرام) المتبقي على منخل قطر الفتحة (1,7) ملم بعد الفحص

الحديد والعكس صحيح. وقد تمّ تهيئة عينات الفحص حسب المواصفة القياسية الأمريكية [36] والمواصفة العراقية [38] كما موضح في الجدول (4). والتي تشير الى انه يجب ان تتكون العينة من مجموعتين وفق تدرج معين في المناخل الخاصة والتدرج يتكون من جزئين متساويين بالوزن ومجموع وزنيهما (5 كغم) ويكون مقياس الجزء الأول بحيث يعبر منخلا قطر الفتحة (20) ملم ويتبقى على منخل قطر الفتحة (12.5) ملم، ومقياس الجزء الثاني يعبر من منخل قطر الفتحة (12.5) ملم ويتبقى على منخل قطر الفتحة (10) ملم. بعدها يتم تسخين العينة في فرن درجة حرارته (5 ± 110) درجة مئوية إلى أن يثبت وزنها ثم توضع داخل جهاز لوس انجلوس والذي يتكون من اسطوانة فولاذية مجوفة مغلقة النهائيين قطرها الداخلي (5±710) ملم وطولها الداخلي (5±508) ملم مركبة على عمود قصير يرتبط بنهايتي الاسطوانة ولا يخترقها بحيث تسمح بدوران الاسطوانة بوضعها الأفقي مع وجود فتحة في الاسطوانة لغرض ادخال العينة وكرات السحق الفولاذية ويصمم هذا الغطاء بحيث يعطي نفس المحيط الدائري للأسطوانة من الداخل، تكون الكرات الفولاذية ذات القطر (46.8) ملم تقريبا ووزنها (390-445) غم وجدول (5) يبين

الجدول (4) يوضح صنف التدرج والاوزان المارة والمتبقية على كل منخل بالغرام للمقاسات الصغيرة [38] والمطابقة لل [36].

وزن المقاسات المبينة (غم)				رقم المنخل (م ق ع 23) لسنة 1989	
صنف التدرج (عدد الكرات المستخدمة)					
4 (6 كرات)	3 (8 كرات)	2 (11 كرة)	1 (12 كرة)	متبقياً على	ماراً من
000	000	000	1250	25 ملم	38.1 ملم
000	000	000	25 ± 1250	19 ملم	25 ملم
000	000	10 ± 2500	10 ± 1250	12.5	19 ملم
000	000	10 ± 2500	10 ± 1250	9.5	12.5 ملم
000	10 ± 2500	000	000	6.3	9.5 ملم
000	10 ± 2500	000	000	4.75	6.3 ملم
10 ± 5000	000	000	000	2.36	4.75 ملم
10 ± 5000	10 ± 5000	10 ± 5000	10 ± 5000	المجموع	

جدول (5) يوضح صنف التدرج وعدد واوزان الكرات المطلوبة للفحص [36].

صنف التدرج	عدد الكرات	مجموع وزن الكرات (غم)
1	12	25 ± 5000
2	11	25 ± 4584
3	8	20 ± 3330
4	6	15 ± 2500

جدول (6) يوضح نتائج مقاومة التآكل لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة.

Station No.	Total dry weight of sample before test(g)	Total dry weight of sample remained on sieve 1.7(g)	Abr.%
1	5000	3893	22.14
2	5000	3840.0	23.20
3	5000	3919.5	21.61
4	5000	3844.0	23.12
5	5000	4257	14.86
6	5000	3739.5	25.21

الصخور لعمليات التجوية [41]. إذ تراوحت نسبة الفضالة غير الذائبة في صخور الحجر الرملي في محطات منطقة الدراسة ما بين (0.11-0.52) كما في الجدول (7).

2- نسبة الفقدان عند الحرق Loss On Ignition

تتلخص طريقة القياس بأخذ مقدار (1 غم) من المادة التي نريد قياس (L.O.I) لها على شكل باوذر ثم يسخن داخل الفرن الى ما يقارب (950 C) ومن ثم نقوم بوزن المادة المتبقية في الفرن حيث يتم حسابها وفق المعادلة التالية [39].

$$\text{L.O.I} = \frac{\text{الوزن المتبقي}}{\text{الوزن الكلي}} \times 100 \dots (11)$$

حيث تراوحت نسبة الفقدان عند الحرق ما بين (13.76-20.23) كما في الجدول (7).

جدول (7) يوضح نسب التحليلات الكيميائية لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة.

Station No.	L.O.I %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	SO ₃ %	IR %
1	17.45	47.1	7.75	3.83	19.68	2.3	0.75	0.87	0.11	0.16
2	17.65	49.85	7.97	1.32	19.35	2.3	0.41	0.82	0.09	0.24
3	13.76	53.81	10.61	4.79	12.36	2.6	0.58	0.92	0.05	0.52
4	15.07	50.1	10.24	4.56	15.31	2.53	0.72	0.89	0.12	0.46
5	16.78	47.5	8.74	3.35	17.66	3.02	0.89	0.99	0.73	0.34
6	20.23	44.5	5.91	2.39	22.12	3.32	0.4	0.7	0.32	0.11

الصخور المدروسة. وصنفت صخور الحجر الرملي الى الصنف الثاني (II) حسب الكثافة في كافة محطات قيد الدراسة فهي ضمن المديات المسموح بها حسب متطلبات الحجر الرملي لاستخدامها لأغراض البناء [42]. كما في الجدول (8). وهي كذلك من ضمن المدى المسموح به كحجر تحكيم للسكك الحديدية [43]، [44]. إذ إن المدى المسموح به هو أن لا يقل عن (2.4 غم/سم³) كما في الجدول (10).

ومن خلال الفحوصات الميكانيكية أظهرت نتائج فحص المقاومة الانضغاطية غير المحصوره لصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة اختلاف في القيم حيث تراوحت القيم ما بين (106.5 MPa - 157.21) وان هذه التغيرات لها علاقة بالتغير في قيم المسامية والكثافة حيث نلاحظ قيم المقاومة الانضغاطية تقل مع زيادة قيم المسامية وتزيد مع زيادة الكثافة تم تصنيف صخور منطقة الدراسة بانها صخور ذات قيم عالية جداً حسب [14] وهي قيم تقع ضمن الحدود المطلوبة لحجر البناء، وكحجر تحكيم لسكك الحديدية التي يجب أن لا تقل عن (80 Mpa). اما مقاومة الانثناء فقد تراوحت

التحليلات الكيميائية Chemical analysis

تضمنت تحليل نسبة الفضالة غير الذائبة (I.R) ونسبة الفقدان بالحرق (L.O.I) اضافة الى ايجاد النسب المئوية للأكاسيد الرئيسية المكونة لصخور المنطقة والمتمثلة ب (SiO₂)، (Al₂O₃)، (CaO)، (SO₃)، (K₂O)، (Na₂O)، (Fe₂O₃)، (MgO)، وقد تم التحليل وفق المواصفة القياسية الامريكية (39). في مختبرات السيطرة النوعية لشركه سممت ماس/ العراق، لصخور الحجر الرملي قيد الدراسة وادرجت نتائج التحليلات الكيميائية في الجدول (7).

1- تحديد نسبة الفضالة غير الذائبة (IR%) Insoluble Residues

تعرف نسبة وزن المواد غير الذائبة (غير الكربوناتية) الى وزن العينة الاصيلي بالفضالة غير الذائبة [40]، وتستخدم في تقدير مقاومة

مناقشة النتائج والتقييم الجيوتكنيكي لصخور الحجر الرملي لأغراض البناء وكحجر تحكيم للسكك الحديدية في منطقة الدراسة

من خلال الفحوصات البتروفيزيائية للصخور الحجر الرملي وجد بانها تمتلك نسبة امتصاص قليلة في جميع محطات قيد الدراسة ووجد انخفاض عام نسبياً في قيمها وسجلت اقل قيمة لها في صخور المحطة الخامسة (1.338%) وهذا يرجع الى المسامية القليلة والبالغة (3.38%) وهي اقل قيمة بين قيم المسامية في محطات الصخور المدروسة ويعود ذلك الى صغر حجم حبيباتها وطبيعتها المادة المألثة بينها. وبهذا فهي ضمن المديات المسموح بها حسب متطلبات الحجر الرملي لاستخدامها لأغراض البناء [42]. كما في الجدول (رقم 8). وهي ايضا من ضمن المدى المسموح كحجر تحكيم للسكك الحديدية [43]، [44]. حيث لا تزيد عن (3 %). كما في الجدول (رقم 10). واطهرت نتائج الكثافة الجافة في الجدول (1) قيم متراوحة بين (2.471-2.547 غم/سم³) لصخور المحطتين الخامسة والسادسة على التوالي وهذا الاختلاف في الكثافة يعود لقلّة المسامية حيث المحطة رقم خمسة تمتلك اقل قيمة بين قيم المسامية في محطات

المحطة السادسة مع قيم قليلة لنسبة الفضالة غير الذائبة كما في الجدول (7) وظهرت نتائج التحليلات الكيميائية في الجدول وجود (SO_3) (K_2O) (Na_2O) كأكاسيد رئيسية بشكل عام في جميع نماذج المحطات المدروسة، ارتفاعاً ملحوظاً في نسبة (MgO) و (Al_2O_3) و (Fe_2O_3) مع انخفاض نسبة (CaO) ونسبة فقدان بالحرق $(L.O.I)$ وهذا يرجع الى وجود المعادن الطينية كالبايوتايت ومعدن الهيماتايت والمغنيتايت واحياناً كلورايت والتي ظهرت بشكل واضح خلال دراسة الشرائح الدقيقة للنماذج نفسها. اضافة الى ارتفاع نسبة (SiO_2) في جميع نماذج المحطات المدروسة لوجود معدن الكوارتز بشكل اساسي فيها.

قيمتها من (7.84 - 11.34) نيوتن/ملم² للصخور الرملية في منطقة الدراسة وهي قيم تقع ضمن الحدود المطلوبة لحجر البناء. وفيما يخص قيمة مقاومة السحق (التآكل) للركام تراوحت (14.86% - 25.21%). وهي من ضمن الحد المسموح به الذي يجب أن لا تزيد عن (25- 30%). من ملاحظة نتائج التحاليل الكيميائية للصخور المدروسة في الجدول (7) حيث تراوحت قيم الفقدان عند الحرق $(L.O.I)$ بين (13.76- 20.23%) و سجلت اقل قيمة لها في صخور المحطة الثالثة وهذا يتوافق مع قيمة نسبة الفضالة غير الذائبة العالية للنموذج نفسه (0.52%) في حين كانت قيمة الفقدان عالية نسبياً في نماذج صخور

الجدول (8) يبين متطلبات الحجر الجيري لاستخدامها لأغراض البناء والمستخدم في تقييم الحجر الرملي لأغراض البناء [42]

المتطلبات الهندسية	المتطلبات الفيزيائية			الصف
	مقاومة الانثناء (ميكاباسكال)	المقاومة الأنضغاطية (ميكاباسكال)	الكثافة (كغم/م ³)	
3.4 > -2.9	28 > -12	2160 > -1760	12 <	I
6.9 > -3.4	55 > -28	2560 > -2160	12 > -7.5	II
6.9	55	2560	7.5 > -3	III

الجدول (9) يبين التقييم النهائي لصخور المحطات الحجر الرملي كأحجار بناء ومدى مطابقتها للمواصفة [42]

رقم المحطة	نسبة الامتصاص %	الكثافة (كغم/م ³)	قيمة المقاومة الأنضغاطية اللامحصورة (MPa)	مقاومة الانثناء (MPa)	التقييم النهائي
1	(III) +	(II) +	(III) +	(III) +	ناجح
2	(III) +	(II) +	(III) +	(III) +	ناجح
3	(III) +	(II) +	(III) +	(III) +	ناجح
4	(III) +	(II) +	(III) +	(III) +	ناجح
5	(III) +	(II) +	(III) +	(III) +	ناجح
6	(III) +	(II) +	(III) +	(III) +	ناجح

الجدول (10) يبين المواصفات الميكانيكية والفيزيائية للركام المستخدم كحجر تحكيم للسكك الحديدية [43]، [44].

ت	المواصفات الميكانيكية والفيزيائية للركام	المديات المسموح بها
1	الكثافة الجافة الحقيقية	لا تقل عن 2.4 غم/سم ³
2	نسبة امتصاص الماء	لا تزيد عن 3%
3	قيمة مقاومة السحق (التآكل) للركام	لا تزيد عن 25- 30 %
4	المقاومة الأنضغاطية اللامحصورة	لا تقل عن 80 ميكاباسكال

الجدول (11) يوضح التقييم النهائي لصلاحية لصخور منطقة الدراسة كحجر تحكيم للسكك الحديدية.

رقم المحطة	الكثافة الجافة الحقيقية غم/سم ³	نسبة الامتصاص %	قيمة مقاوة سحق الركام %	المقاومة الأنضغاطية اللامحصورة MPa
1	+	+	+	+
2	+	+	+	+
3	+	+	+	+
4	+	+	+	+
5	+	+	+	+
6	+	+	+	+

+ ناجحة

الاستنتاجات

1- صلاحية الصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة لأغراض

من خلال الفحوصات البترو فيزيائية والميكانيكية تم الحصول على

البناء ويمكن ان تستخدم كعقبات عليا لفتحات الابواب والشبابيك.

2- صلاحية الصخور الحجر الرملي في منطقة الدراسة كحجر تحكيم

الاستنتاجات التالية:

للسكك الحديدية وذلك لانها تحقق جميع الفحوصات الفيزيائية

والميكانيكية المطلوبة .

المصادر

- 20- علي، مقداد حسين وحجاب، باسم رشدي والجسار، سنان هاشم، 1991: الجيولوجيا الهندسية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد 576 ص.
- 21- ASTM-C- 127-01., 2004: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption Of Coarse Aggregate1
- 22- ASTM- C-97-09., 2010: Standard test methods for absorption and Bulk specific gravity of Dimension stone.3p.
- 23- Zhang, L., 2005: Engineering Properties of Rocks: Elsevier Geo-Engineering Book Series, Lexington, MA, vol. 4, pp. 36-223
- 24-Honeyborne, D. B., 1982: The building limestone of france ”, Building research establishment report, HMSO.
- 25- صالح, ضياء غاوي, 2012: صلاحية صخور الحجر الجيري من تكوين الفتحة لاغراض البناء وركام الطرق في محافظة نينوى / شمال العراق, بحث منشور, مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة, المجلد 6, العدد 3, 13 ص.
- 26- السلطاني, ضياء غاوي صالح, 1992: الصفات الجيوتكنيكية والتقييم المنجمي السطحي لصخور الرخام في منطقة خيتي شمال العراق, رسالة ماجستير, كلية العلوم – جامعة الموصل , 130 ص.
- 27- ASTM- D-2938-95., 2004: Standard test methods for unconfined compressive strength of intact rock core specimens”3p.
- 28 - Zeng,Z.,2002: Imaging hydraulic Fractures using microseismicity. Ph D dissertation,univ Oklahoma.
- 29- Brook,N.,1985: The equivalent Core diameter Method of Size and Shape Correction in Point Load testing. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol.22.pp.61-70-
- 30- Hamasur,G.A.,2009: Rock mass Engineering of the Proposed Basara Dam Site, Sulaimani Kurdistan Region, NE-Iraq, The College of Science, University of Suleiman / Suleiman- Iraq, the Degree of Doctor of Philosophy in Geology,182P.
- 31- Broch,E.&Franklin,J.A.,1972: The Point-Load Strength Test, International Journal and rock Machanics of Mining and Science,V.,PP669- 697.
- 32- محمد, احمد ابراهيم, 2011: الخواص الجيوتكنيكية لصخور الحجر الجيري من تكوين الفتحة وصلاحيتها كأحجار بناء وتحكيم للسكك الحديدية في منطقة الفتحة” رسالة ماجستير, قسم علوم الارض التطبيقية, كلية العلوم, جامعة تكريت, 88 ص
- 33- Grisafe, D.A.,1976: Kansas Building Limestone, Mineral Resources Series, K.G.S. University of Kasas.
- 34- ASTM-C- 99-87., 2004: Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone”3p
- 35- نجم الدين, أحمد محمد, 2006: تأثير نوعية السوائل على بعض الخواص الهندسية لصخور الحجر الجيري المختارة من منطقة أسكي موصل, رسالة ماجستير, كلية الهندسة, قسم الهندسة المدنية, جامعة الموصل, 96 ص.
- 1- قاموس المورد الحديث لمنير البعلبكي ود.رمزي البعلبكي 2013 : دار العلم للملايين لبنان طبعة ص 1024
- 2- Edensor, T. & Drew, I. Building stone in the City of Manchester: St Ann's Church
- 3 -ASTM-C- 568 - 03., 2004: Standard Specifications for Limestone Dimension Stone,2p.
- 4- Raymond, G.P., Gaskin, P.N. and Svec, O., 1967: Selection and performance of railroad ballast proceeding of the American Society Of Civil Engineers.
- 5- الدارسية, محمد عبد الله وعبد الهادي, عدلي محمد, 2011 : خاما البناء, مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع, عمان, 510 ص.
- 6-Buday, T., Aqif, A. S., and Tyracek, j.,1973: The Regional Geology of Iraq , Internal Report of SOM , Baghdad , Iraq
- 7- Bellen, R.C., Dunnington, H.W., Wetzel, R.,Morton,D.m., 1959: Lexique stratigraphique International, V.3, Iraq, Asie, Paris, Internat. Geol. Cong. Comm.Strat.Pt.,P.333
- 8- بابا شيخ, سردار محمد رضا, 2000: هيدرو جيو كيميائية مياه الكهوف والعيون في منطقة (سناكو – جمجمال) _ محافظة السليمانية " رسالة ماجستير, قسم علوم الارض , كلية العلوم , جامعة بغداد
- 9- العمري, فاروق صنع الله وصادق , علي,1977: جيولوجية شمال العراق, 196 ص, مطبعة كلية العلوم, جامعة الموصل.
- 10- Jassim, S.Z. and Goff, J.C., 2006: Geology of Iraq, Dolin, Prague and Moravian Museum Brno, (pub), 525 p.
- 11-Buday ,T. and assim, S. Z.,1987: The Regional geology of Iraq (Stratigraphy Paleontology) Vol. 2, S. E., Geological Survey and Mineral Investigation, Baghdad , Iraq, 359p
- 12-Anon,1972: The preparation of maps and plans in terms of Engineering Geology ,Repor by Geological society engineering group working party Quarterly Journal of Engineering Geology,Vol.5,No.4,pp.293-382.
- 13 -Anon,1977: The description of rock masses for engineering purposes, Report by the Geological Society Engineering Group Working Party, Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol.10, pp.355-388
- 14-ASTM-C- 97-09., 2010: Standard test methods for absorption and Bulk specific gravity of Dimension stone,3p.
- 15-ASTM-C- 170-90.,2004: Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone,3p.
- 16- ASTM-C- 99-09.,2010 : Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone,3p.
- 17- ASTM-C-131-96., 2004: Standard test methods for Resistance to degradation of small- size coarse aggregate by abrasion and impact in the los Angeles machine,4p
- 18- Griffin,J. A., 2008: development of a rating classification for rock to be used as toe- bench material” Master thesis, kent state university,131p
- 19-ASTM –C-1528 -02., 2004:Standard Guide for Selection of Dimension Stone for Exterior Use”.13p.

39-ASTM- C-114., 2004: Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
 40-ASTM- D-3042-97., 2004: Standard Test Method for Insoluble Residue in Carbonate Aggregates.5p.
 41- Flugel, E., 2004: Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis Interpretation and Application”, Springer-Verlag, Berlin, pp. 976.
 42- ASTM-C- 568 – 99., 2004: Standard Specifications for Limestone Dimension Stone,2p.
 43-Raymond ,G.P., 1979: Design for railroad ballast and Subgrade support ,Geotechnical Engineering Division. ASCE 104.No.GT,p.45-60.
 44- Organization of Road and Bridge design department,(O.R.B.D) .,1999 : Handbook for railway bridges, Iraq State Government,118p.

36- ASTM- C-131-96.,2004: Standard test methods for Resistance to degradation of small- size coarse aggregate by abrasion and impact in the los Angeles machine.4p.

37- علي, عبد الوهاب احمد,1989: التقييم الجيوتكنيكي لركام الحجر الجيري من تكوين الدمام (الصحراء الغربية/ العراق) لغرض استخدمة في اكساء الطرق, رسالة ماجستير ,جامعة الموصل-كلية العلوم,141 ص

38- الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية,1989: المواصفة القياسية العراقية رقم (41) لفحص السحج (التآكل) باستعمال جهاز لوس انجلوس 5 ص

Suitability of Injana Sandstone rocks for building Stone and Rail way ballast stone/Ketol area /Sulymania Governorate

Mohammed R. Abood¹ , Aomed Ahmed Mohammed² , Ibrahim Hameed Ibrahim¹

¹Department of Applied Geology, Collage of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

²Department of Applied Geology, Collage of Science, University of Kirkuk, Kirkuk, Iraq

Abstract

The study aims to find the geotechnical properties and engineering geological evaluation of sandston rocks which belong to Injana Formation /Ketol area/Sulymania Governorate/ and make a comparison with Iraqi standard and American society for testing and material (ASTM) specifications. In order to determine their Suitability for building purpose and rail way ballast stone by detailed geological survey of sandstone rocks and laboratory tests (6) station in addition chemical analysis and mineral components.

Petro physical test such as (Absorption, density) and Mechanical tests such as (Unconfined compressive strength, Flexural strength, Abrasion resistance) show these rocks are suitable as building stone according to (ASTM,C-568-99,2004).and suitable as rail way ballast stone according to Iraqi specifications (Raymond,1979) (O.R.B.D,1999).