الخواص الجيوتكنيكية لصخور الحجر الجيري من تكوين الفتحة/ منطقة الفتحة، وتقييم صلاحيتها كأحجار بناء

محمد راشد عبود[1] ، أميرة إسماعيل حسين[2] ، أحمد إبراهيم محمد[1]

[1] قسم علوم الأرض التطبيقية ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

[2] مركز بحوث الموارد الطبيعية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(**تاريخ الاستلام:** 1 / 12 / 2011 ---- **تاريخ القبول:** 13 / 3 / 2012)

الملخص

تم في هذه الدراسة إيجاد الخواص الجيوتكنيكية لصخور طبقة الحجر الجيري العائدة لتكوين الفتحة/ منطقة الفتحة ومقارنتها مع المواصفات القياسية العراقية (م.ق.ع) والأمريكية لتحديد ملائمتها لأغراض البناء من خلال القيام بمسح هندسي حقلي لعشرون (20) محطة موزعة على أربعة مسارات ضمن منطقة الدراسة ووصفها هندسياً ومن ثم إجراء الفحوصات الجيوتكنيكية الفيزياوية، الميكانيكية، الديناميكية على النماذج الممثلة للمحطات المدروسة. كما تم اجراء التحليلات الكيميائية والمعدنية للتعرف على المكونات المعدنية للصخور .

بينت نتائج الفحوصات الفيزياوية انخفاض قيم الكثافة الكلية وارتفاع المسامية للنماذج المدروسة وقيم مقبولة لمعامل التشبع مما جعلها ذات مقاومة عالية للانجماد ،إضافة الى انخفاض قيم المقاومة الأنضغاطية اللامحصورة وبعد مقارنة نتائج تلك الخواص بالمواصفات القياسية الامريكية والعراقية (م. ق.ع) تبين إمكانية استخدام بعضها كأحجار بناء.

كلمات دالة: الحجر الجيري، منطقة الفتحة، تكوين الفتحة، أحجار البناء

المقدمة:

تعد الاحجار الطبيعية (Natural Stones) من اقدم مواد البناء المعروفة للانسان من بينها الصخور الجيرية (Limestone) (1)، وتعد الصخور الجيرية ذات انتشار واسع في الطبيعة وتشكل حوالي (20–25%) من المجموع الكلي للصخورالرسوبية (2)، وتمثل هذه الصخور جزءاً مهماً من العمود الطباقي في العراق، وتحتل المرتبة الثالثة عالمياً من مصادر المعادن والصخور المستخرجة (3).وتتكون الصخور الجيرية المترسبة بالطرائق الكيميائية أو العضوية من كاربونات الكالسيوم على هيئة معدن الكالسايت ($CaCO_3$) ومعدن الاراغونايت ($CaCO_3$) الذي يختلف عن الكالسايت في النظام البلوري (4)، وقد يشارك معدن الدولومايت ($Ca\ Mg\ (CO_3)_2$) ومعدن الماكنيسايت ($MgCO_3$) في تكوين هذه الصخور(5). وان سبب تعدد استخدامات الحجر الجيري في مجال البناء يعود الى اختلاف ظروف تكوينه او ترسيبه والتي أدت الى تباين أنسجته وخواصه الفيزيائية والميكانيكية و قابلية التحمل أو الديمومة (Durability) والعزل الحراري (Thermal Insulation) ووفرته وجماليته وسهولة الحصول عليه بالشكل المطلوب ولاتخفى على أحد اهمية الاحجار الجيرية في مختلف المجالات التطبيقية للحياة العامة فقد استخدمت في الاعمال البنائية والانشائية منذ قرون عديدة مثل أبنية مدينة الحضر التأريخية والتي استخدم فيها هذا النوع من الصخور منذ مايقرب من (2200 سنة). كما استخدمت القطع الصغيرة منها في بناء الجدران والسقوف، والكبيرة منها في الدعامات الصخرية والاعمال الحجرية وخير مثال على ذلك هو استخدام الكتل الصخرية الكاربوناتية في تشييد الاهرامات وقصور الفراعنة ومقابرهم في وادي النيل والثور المجنح ومسلة حمورابي وكثير من الاثار التي بقت شامخة الى حد الان.

تقع منطقة الدراسة على الجناح الشمالي الشرقي لطية مكحول في منطقة الفتحة وعلى بعد حوالي 15 كم شمالي شرقي مدينة بيجي. وتنحصر بين خطي طول ً45´30 °43 و ً9 ´31 °43 شرقاً ودائرتي عرض 35 °4 ´35 و ً45 ´5 °35 شمالاً كما في الشكل (1)

شكل (1) خارطة موقعية لمنطقة الدراسة.

جيولوجية منطقة البحث:

تكتونياً تقع منطقة الدراسة ضمن حزام حمرين – مكحول العائد الى نطاق الطيات الواطئة بحسب تقسيمات (6) الذي يعتبر الحد الفاصل بين نطاق الرصيف المستقر والرصيف غير المستقر. ومن الناحية التركيبية طية مكحول عبارة عن طية محدبة غير متناظرة ثنائية الغطس (Asymmetrical double plunging anticline) أتجاه محورها (شمال 48° غرب) بموازاة سلسلة جبال زاكروس (7) تتراوح زاوية ميل الطرف الشمالي الشرقي للطية بين (12°-32°) والطرف الجنوبي الغربي يتراوح بين (30–70) باتجاه جنوب غرب. تمتاز

المنطقة بوجود فواصل من نوع (ac)،(bc) و(hkO) بالدرجة الأولى وبدرجة أقل فواصل من نوع (hkl)، وتلعب هذه الكسور اضافة الى سطوح التطبق كسطوح ضعف تسهل من عملية القلع.

أهم المظاهر الجيومورفولوجية الموجودة في المنطقة هي التلال، والوديان المضربية التي تمتد باتجاه موازي لمضرب الطية (شمال غرب – جنوب شرق) وللوضع الطوبوغرافي للمنطقة دور كبير في عملية قلع الحجر الجيري الخام ومتابعة امتدادات طبقات الصخور الخام و تحديد سمك الطبقات المغطية لها والتي بمجملها تؤثر تأثيراً مباشراً على كلف عمليات استثمار المادة الخام.

ومن الناحية الجيولوجية ومن الاقدم للاحدث ينكشف تكوين الفتحة في منطقة الدراسة ممثلة بطبقات الحجر الجيري بسمك (2 - 4.5) م وهي المحور الاساسي للبحث الحالي تغطيها طبقات الجبس الرقيقة والهشة بسمك متغير يتراوح بين(0.5– 2 م)، ثم طبقات الجبس بسمك متراوح بين (0.5 – 2 م) اضافة الى وجود طبقات رقيقة من المارل (1م او اقل) في بعض المقاطع المدروسة وتميل جميع الطبقات بأتجاه الشمال الشرقي بزاوية تتراوح بين (12– 30 درجة) علماً ان طبيعة التماس بين طبقة الحجر الجيري والطبقات التي تعلوها وتسفلها حاداً Sharp مما يسهل من عملية القلع. معظم مكاشف طبقة الحجر الجيري في منطقة الدراسة جيدة التطبق ، وتحتوي على نسبة عالية من الحجر الجيري السرئي الحاوي على المتحجرات، واحيانا تتواجد رقائق من الجبسم الثانوي المترسب لاحقا على أسطح الفواصل والكسور .اضافة الى تكوين انجانة (Upper Miocene-Pliocene) على جانب الجنوبي الغربي لمنطقة الدراسة حيث يقسم التكوين الى عضوين، سفلي مكون من تعاقب طبقات الحجر الطيني والحجر الغريني والحجر الرملي مع وجود طبقات قليلة السمك (20-40) سم وعدسات من السيليناية (8)، وعضوعلوي يتكون من تعاقب طبقات الحجر الرملي والحجر الطيني المتكسرة وطبقات الحجر الغريني ذات السمك القليل. والحد الفاصل السفلي للتكوين يكون متوافقاً مع تكوين الفتحة، إما الحد الفاصل العلوي فيكون متوافقاً انتقالياً مع تكوين المقدادية (البختياري الأسفل)، ويعتمد على ظهور أول طبقة من الحجر الرملي الحصوي.فيما تتكشف ترسبات العصر الرباعي الى الشرق من منطقة الدراسة ممثلة برواسب نهرية تظهر بشكل مصاطب نهرية على ضفتي نهر دجلة ومؤلفة من المواد الغرينية والطينية مع مزيج من الرمل والجبس والحصى الخشن وتحتوي هذه الترسبات على أكثر من 70% من الكاربونات، وهذا ما يميزها عن ترسبات باي حسن الذي له نفس الترسبات لكنه يحتوي على اقل من 30% من الكاربونات و تعرضت طبقاته الى الطي (9).

الخلفية النظرية:

يعرف حجرالبناء (Dimension Stone) حسب المواصفة المختصة بالمصطلحات المتعلقة بألاحجار الطبيعية (10) بأنه صخرة تتواجد بصورة طبيعية وتمتلك مواصفات معينة واحجام محددة تسمح بقلعها وتقطيعها بأبعاد وأشكال لغرض استعماله في اغراض مختلفة مثل اكساء واجهات المباني،ركام لرصف الطرق،احجار تحكيم، نصب تذكارية واستعمالات صناعية اخرى، ويصنف الحجر الجيري الى ثلاثة اصناف هي قليل الكثافة (I)، متوسط الكثافة (II)،عالية الكثافة (III) (10). تحدد المواصفات القياسية الامريكية (10) والمتوافقة تماماً مع المواصفات القياسية العراقية رقم 1387 لسنة 1989 الخواص الفيزيائية والهندسية وتصنيفها للحجر الجيري ذوالابعاد كما في الجدول (1) والتي يمكن استخدامه لاغراض البناء، وتعد هذه المتطلبات ضرورية عند تقييم ملائمة الاحجار الطبيعية لاغراض البناء.

جدول (1) خواص الحجر الجيري المستخدم لأغراض البناء عن (10)

الأصناف	الخواص الفيزياوية		الخواص الهندسية	
	الامتصاص (%) بالكتلة	الكثافة (كغم \م^3)	المقاومة الانضغاطية (نيوتن/ ملم^2)	مقاومة الانثناء (نيوتن/ ملم^2)
I	12	2160 > −1760	28 > −12	3.4 > −2.9
II	12 > −7.5	2560 > −2160	55 > −28	6.9 > − 3.4
III	7.5 > −3	2560	55	6.9

المواد وطرائق العمل :

شمل العمل الحقلي اجراء القياسات ووصفاً حقلياً لصخور منطقة البحث بالاعتماد على الجداول التي اقترحها كل من (12,11). كما انجزت الفحوصات المختبرية الميكانيكية والديناميكية على النماذج المأخوذة من محطات موزعة على اربعة مسارات شاملة لمنطقة الدراسة بعد تهيئتها بشكل اسطوانات (Cores) بالابعاد المطلوبة حسب المواصفات القياسية الامريكية لكل فحص من هذه الفحوصات.فيما انجزت الفحوصات الفيزيائية بطريقة الاوزان الثلاثة على نماذج غير منتظمة الشكل .

اجريت قياسات الكثافة الكلية والوزن النوعي والمسامية ونسبة الامتصاص و الخاصية الشعرية وبعد تهيئة النماذج الخاصة بها في مختبرات قسم علوم الارض التطبيقة في جامعة تكريت اعتمادا على المواصفة القياسية الامريكية (13) وفحوصات المقاومة الانضغاطية والشدية في مختبرات قسم الهندسة المدنية / الموصل. ومقاومة الانثناء

في المختبرات الانشائية / تكريت .في حين انجزت الفحوصات الديناميكية (Vs,Vp) اضافة الى التحليل بتقنية الاشعة السينية الحائدة في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين/ بغداد.

كما اجريت التحليلات الكيميائية للنماذج المأخوذة من المحطات المدروسة في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين وشملت SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, SO_3, إضافة إلى حساب نسبة الفقدان عند الحرق (L.O.I.) Loss on Ignition كما تم حساب نسبة الجزء المتبقي غير الذائب Insoluble residue في مختبر الجيوكيمياء في قسم علوم الأرض التطبيقية– جامعة تكريت.

النتائج والمناقشة:

1– التحليلات الكيميائية

يشير الجدول رقم (2) الى نتائج التحاليل الكيميائية لستة محطات موزعة على اربعة مسارات شاملة لمنطقة الدراسة وقيم الفقدان بالحرق اضافة الى نسبة الفضالة غير الذائبة.ومن خلال هذا الجدول نلاحظ وجود (Al_2O_3) (SO_3) كأكاسيد أثرية بشكل عام في جميع نماذج المحطات المدروسة وارتفاعاً ملحوظاً في نسبة (SiO_2) و(MgO) و(Al_2O_3) مع انخفاض نسبة (CaO) لنموذج (1-b) من المسار الاول وقد يفسر هذا بوجود المعادن الطينية والكوارتز اضافة الى معدن الدولومايت وبالتالي ادت الى رفع نسبة الفضالة غير الذائبة لهذا النموذج، وعلى العكس من ذلك في نماذج المحطات الاخرى. ويمتلك نموذج المسار الثاني(2b) نسبة من (SO_3) بلغت (2.59%) وقد يعود ذلك لوجود معدن الجبس المترسب بشكل ثانوي داخل الشقوق الموجودة في طبقة الحجر الجيري بتأثير عمليات الغسل لطبقة الجبس التي تعلوها. بينما وجد انخفاضاً واضحاً في نسبة (MgO) لمحطات المسار الثاني (2a,2b) مقارنة بنسبته في نماذج محطات المسارين الاول والرابع (1a,1b, 4b) ومن الدراسة البتروغرافية أيضاً لوحظ تلون الشرائح الرقيقة لنماذج المسار الثاني كلياً بصبغة الاليزرين الحمراء اضافة الى تلون صخور المسارات (4,3,1) بشكل جزئي او قليل دلالة على وجود وجود بلورات معدن الدولومايت في صخور المسارين الاول والثالث والرابع وان المعدن السائد في صخور المسار الثاني هو الكالسايت، وهذا ما دلت عليه مخططات تقنية الاشعة السينية الحائدة. كما نلاحظ قيم عالية لنسب الفقدان بالحرق و(CaO) في أغلب المحطات مما يدل على ان المعدن السائد في الصخور المدروسة هو الكالسايت يليه الدولومايت ومعادن الكوارتز والجبس بنسب أقل ثم نسب ضئيلة من المعادن الطينية.

جدول (2) نتائج التحليلات الكيميائية لصخورالحجر الجيري في منطقة الدراسة.

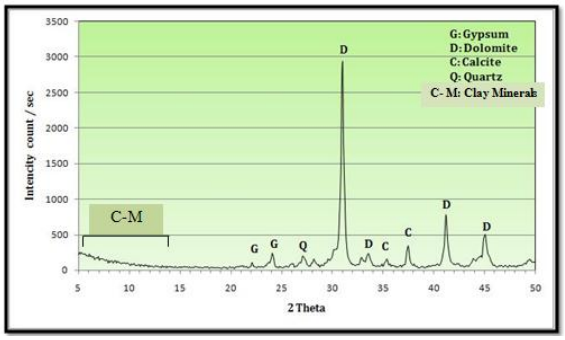
Sample No.*	SiO_2 %	AL_2O_3 %	Ca O %	Mg O %	SO_3 %	L.O.I %	I.R %
1- a	1.3	0.42	35.0	16.24	0.34	45.96	1.35
1- b	12.7	2.1	29.96	13.27	–	39.06	22.7
2- a	3.8	0.44	44.67	7.6	–	43.18	6.28
2- b	4.4	0.68	51.0	0.47	2.59	40.28	5.24
3- a	1.24	0.44	34.4	14.85	0.90	43.66	1.25
4- b	0.94	0.39	44.35	9.31	–	44.48	1.13

(–) لم يفحص

2– التحليلات المعدنية

❖ **الفحص بالاشعة السينية الحائدة**

تم في هذا الفحص التعرف على نوع المعادن المكونة للصخور عن طريق تهيئة عينات للفحص بجهاز حيود الاشعة السينية (X-Ray Diffraction). وحددت المعادن الموجودة بالاعتماد على قيم (2θ) للجهاز وشدة الانعكاس(Intensity) على المستويات الذرية لبلورات هذه المعادن .وقد وجد هناك تطابق في مخططات النماذج المأخوذة من المسارات اي تتطابق بنوع المكونات المعدنية وليس كميتها، ومن مخطط حيود الجهاز في شكل (2) لنموذج المحطة (b) من المسار الثالث القريبة من المسار الرابع تم تشخيص معادن الكالسايت والدولومايت والكوارتز اضافة الى نسب ضئيلة من معدن الجبس والمعادن الطينية.



شكل (2) مخطط الاشعة السينية الحائدة (XRD) لنموذج المحطة (b) من المسار الثالث في منطقة الدراسة.

3- الخواص البتروفيزياوية :

1. الكثافة الكتلية الكلية (Bulk Density (ρnat

تعرف بأنها كتلة وحدة الحجم (14). وتعتمد على التركيب المعدني،المسامية ، كمية الماء الموجودة بالفراغات والكسور،وتم قياس الكثافة الكتلية الجافة والرطبة للنماذج غيرالمنتظمة بطريقة الاوزان الثلاثة وفق المواصفة (13) (بدقة0.1غم) وتتلخص بالاتي:

أ- يجفف النموذج لمدة (24) ساعة بدرجة حرارة (C° 105) ويبرد بدرجة حرارة الغرفة لمدة (30 دقيقة) ومن ثم يوزن النموذج جافاً(Wdry).

ب – يشبع النموذج و لمدة (48 ساعة) في حوض مملوء بالماء المقطربدرجة حرارة(20C°) متصل بجهاز تفريغ (Dissicator) للتخلص من الفقاعات الموجودة في المسامات ثم يجفف سطحه الخارجي من الماء بواسطة قطعة من القماش المبلل ويسجل وزن النموذج المشبع(.Wsat).

ج – يغمر النموذج ويوزن معلقاً بالحامل داخل الماء ويسجل وزنه وهو مغمور(.Wsub).

. وحسابها بالقانون التالي كما في الجدول (3)

$$\text{Bulk Density} = \{\frac{Wnat.}{Wsat.-Wsub.}\}*\gamma w$$

هي كثافة الماء الكتلية (غم / سم^3) γw حيث

W nat هو الوزن الطبيعي للنموذج.

2.الوزن النوعي الظاهري (App.G.s) Apparent Specific gravity

يعرف بأنه النسبة بين وزن النموذج إلى وزن نفس الحجم من الماء ويحدد بنفس طريقة التشبيع أعلاه وبتطبيق المعادلة الاتية (13) والجدول 3 يوضح قيم الوزن النوعي الظاهري.

$$\text{App.G.s} = \{\frac{Wd}{Wsat.-Wsub.}\}$$

حيث Wd هو وزن النموذج الجاف.

3. المسامية والمسامية الكلية (n%) Porosity

هي نسبة حجم الفجوات الى الحجم الكلي للصخرة وتستخرج قيمتها بنفس طريقة التشبيع المذكورة اعلاه (15).والجدول 3 يوضح قيم المسامية المحسوبة بتطبيق المعادلة الاتية:

$$n\% = \frac{(Wsat.-Wdry)/\rho w}{(Wsat.-Wsub.)/\rho w}*100$$

4. نسبة امتصاص الماء Water absorption (W.ab.)

هي نسبة وزن ماء الفراغات (Ww) الممتص خلال 24 ساعة الى الوزن الكلي الجاف للصخرة (Wdry) ويعبر عنها بنسبة مئوية (14)، وتعد هذه الخاصية مهمة لاغراض البناء لان الصخرة ذات الامتصاص القليل تكون اكثر تحملاً وأقل تأثراً بالانجماد- الذوبان وتغيرات الجفاف والرطوبة (16)، وتم تقديرها بنفس طريقة التشبيع السابقة جدول (3) ومن المعادلة الاتية:

$$W.ab. = (Ww/Wd)\ X100$$

5. معامل الشعرية Capillarity Coefficient(Cp)

تعد هذه الخاصية من الخواص المهمة في تقييم صلاحية الاحجار المستخدمة لاغراض البناء كونها تؤثر في ديمومة الصخرة ومدى مقاومتها لعمليات الانجماد_الذوبان، ويتلخص حساب هذا المعامل بتسجيل وزن الماء الذي يرتفع خلال النموذج مع الزمن(بصورة عمودية أوموازية لسطح التطبق) بفعل الخاصية الشعرية للصخرة بعد ان يتم تجفيف النموذج لحين الحصول على وزن ثابت ثم يغمر في الماء ولعمق(2) ملم مع ضرورة بقاء مستوى الماء في الحوض ثابتاً طيلة فترة التجربة عندئذٍ يكون ارتفاع الماء عمودياً على قاعدة النموذج (S) لمحاكاة الواقع في الطبيعة.ويتم تسجيل قراءة وزن الماء الممتص بالخاصية الشعرية (M) على فترات زمنية منتظمة (t)، وقد تم حساب معامل الشعرية في الجدول (3) من العلاقة التالية (15):

$$Cp = 100M/S\ \sqrt{t}$$

وتتم هذ الطريقة بتعليق النموذج الجاف بالحامل الحديدي الموضوع على ميزان الكتروني مصفر في اللحظة التي يبدأ فيها النموذج بأمتصاص الماء ونتيجة لأرتفاع الماء بالخاصية الشعرية في النموذج يسجل الميزان وزن الماء المرتفع بشكل مستمر مع الزمن لحين وصول الماء الى السطح العلوي للنموذج وثبوت القراءة ثم تؤخذ القراءات عند الفترات الزمنية المطلوبة وتطبيقها في المعادلة اعلاه.وقد اخذ بنظر الأعتبار المحافظة على مستوى الماء ثابتاً طوال فترة التجربة.لتجنب تأثير الجاذبية الارضية .

6. معامل التشبع Saturation Coefficient (Sc)

هو النسبة بين المسامية الجزئية (n`) والمسامية الكلية (n) و يعد مؤشراً على تصرف الصخرة تجاه عملية الانجماد والجدول (3) يوضح نتائج الفحص بالاعتماد على (15) .

$$Sc = n`/n$$

صورة (1) جهاز تفريغ الهواء المستخدم في قياس المسامية الكلية مزود بمصدر مجهز للماء

جدول (3) قيم الخواص البتروفيزياوية للصخور الجيرية في منطقة الدراسة.

رقم المسار والمحطة	الكثافة الكلية (غم/سم^3)	الوزن النوعي الظاهري	المسامية الكلية %	نسبة الامتصاص %	الخاصية الشعرية غم/سم^2/ ثانية	معامل التشبع
1-a	2.389	2.635	14.49	6.432	7.66	0.76
1-b	2.329	2.689	20.67	9.692	–	0.82
2-a	2.219	2.748	29.39	15.146	13.76	0.73
2-b	2.219	2.743	29.11	14.975	–	0.72
3-a	2.210	2.753	30.33	15.813	15.23	0.76
3-b	2.24	2.729	27.58	13.959	–	0.79
4-a	2.189	2.729	30.50	16.081	19.54	0.62
4-b	2.26	2.732	26.58	13.255	–	0.69

(–) لم يفحص

ومن خلال الجدول 3 نلاحظ ان النماذج المدروسة تمتلك كثافة كلية متوسطة حسب تقسيمها في الجدول (1) وهذا يعود الى تأثير التجوية المؤثرة على الصخور المدروسة والتي ادت الى ارتفاع ملحوظ في قيم المسامية ونسبة الامتصاص كما في الجدول (2) وبالتالي انخفاض المقاومة الانضغاطية اللامحصورة كما في الجدول 4، وقد صنف الحجر الجيري لمنطقة الدراسة الى صنفي (I,II) وبعد مقارنة هذه النتائج مع المواصفات المطلوبة كأحجار بناء في الجدول (1) تبين ملائمتها لاغراض البناء خصوصاً في الواجهات الداخلية. في حين سجلت نتائج معامل الخاصية الشعرية والتي تعتمد اساساً على نسبة الفجوات وحجمها وطبيعة الترابط فيما بينها قيم تراوحت بين -19.54 7.66 وقد يعزى ذلك لوجود الفراغات الحاوية على الاطيان وهذه الاطيان تكون غنية بالفراغات الشعرية التي تسمح بأرتفاع الماء خلالها بالخاصية الشعرية. في حين يظهر معامل التشبع (Sc) في الجدول 3 لأغلب نماذج صخور منطقة الدراسة والذي يعد مؤشراً على تصرف الصخرة تجاه عملية الانجماد قيماً اقل من (0.8) اي ان الماء لايشغل اكثر من (80%) من مساماتها (عدا نموذج 1-b) وتصنف كصخور مقاومة للانجماد حسب تصنيف Honeyborne,1982 . وهذا يؤكد ملائمتها لمختلف اجزاء البناء الداخلية البعيدة عن تأثير الماء.

4– الخواص الميكانيكية

تضمنت هذه الفحوصات إجراء فحص المقاومة الأنضغاطية اللامحصورة ومقاومة الانثناء المهمة في تحديد ملائمة الأحجار الجيرية لأغراض البناء كما مشار اليها في الجدول (1).

1. المقاومة الأنضغاطية أحادية المحور Uniaxial Compressive Strength

تعرف المقاومة الانضغاطية للصخرة بأنها العلاقة بين القوة الداخلية في الصخرة والقوة الخارجية المسلطة عموديا عليها،وتمثل أيضا مقاومة الصخرة للضغط العمودي عند نقطة الانهيار، وتم الحصول على المقاومة الانضغاطية بتهيئة النماذج الأسطوانية الشكل والعمودية على اتجاه التطبق في مختبرات فحص المواد/الكلية التقنية/ الموصل نسبة طولها الى قطرها (1:2) و(1:1) وقسمت بدورها على ثلاث مجاميع لفحص المقاومة الانضغاطية في الحالة الطبيعية في مختبر الصخور/ قسم الهندسة المدنية/ جامعة الموصل وفق المواصفة القياسية (17) بأستخدام جهاز انضغاط رأسي نوع (ELE) انكليزي

الصنع برقم (14181103) والذي يسلط قوة مقدارها (1500 kN) كحد أقصى وحساسية (0.1 kN) ويزداد مقدار الحمل بمعدل (0.75 N/mm^2/sec) على أن يكون فشل النموذج خلال 5− 10 دقيقة (18). يوضع النموذج بين صفيحتي ماكنة التحميل ومن ثم تعريضه لحمل رأسي والإجهاد الناتج لحظة الانهيار يسمى المقاومة الأنضغاطية للنموذج وتحسب بما يلي:−

$$\sigma c = \frac{P}{A}$$

حيث ان σc= المقاومةالأنضغاطية للنموذج (N/mm^2)، p = القوة المسلطة عند الأنهيار (N)،

A = مساحة مقطع النموذج العمودي على اتجاه القوة (mm^2). وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على المقاومة الأنضغاطية الرأسية منها نوعية المعادن وحجم الحبيبات والمسامية والمحتوى المائي ومعدل التحميل...الخ (16). وبين كل من (19) أن اختبار المقاومة الأنضغاطية يحتاج الى نماذج ذات نهايات متوازية لحد(1° ∓) واقترحت (ASTM,1942,) في (19) المعادلة التصحيحية لحساب المقاومة الأنضغاطية احادية المحور لأحجار البناء الطبيعية،حيث يمكن الحصول منهاعلى قيمة المقاومة عند نسبة طول الى قطر يساوي(1:1) لتجاوز تأثير بعض الاختلافات في اطوال النماذج اللبابية التي يتم فحصها. والمعادلة هي

C1= σc /(0.778) + (0.222*D/L)

حيث ان C1 = المقاومة الانضغاطية لنموذج فيه (L/D=1:1)، σC = المقاومة الانضغاطية لنموذج فيه (1/3< L/D <2) ،

L = طول النموذج، D= قطرالنموذج.

جدول (4) قيم المقاومة الانضغاطية للنماذج المدروسة في الحالة الطبيعية.

حالة النموذج	رقم المسار	رمز النموذج	طول النموذج L (ملم)	قطر النموذج D (ملم)	نسبة القطر/ الطول D / L	القوة عند الانهيار F (كيلونيوتن)	المقاومة الانضغاطية اللامحصورة UCS (ميكاباسكال)	المقاومة الانضغاطية المصححة (ميكاباسكال)
الطبيعية Natural state	1	a	74	68	0.91	37.8	10.017	10.221
		b	85	68	0.8	32.2	8.872	9.284
	2	a	130.9	68	0.51	19.1	5.263	5.905
		b	Cube	-	-	23.8	5.553	5.553
	3	a	72	68	0.94	19.8	5.456	5.529
		b	135	68	0.50	33.7	9.286	10.445
	4	a	132.5	68	0.51	48.5	13.364	14.995
		b	72.4	68	0.93	54	14.880	15.114

وعند مقارنة النتائج في الجدول (4) مع القيم المثبتة بالمواصفة القياسية الامريكية (ASTM C-568, 2004) نلاحظ انخفاضاً واضحاً لها وقد يعود هذا الى تأثير عمليات التجوية ممثلة بالاذابة واعادة التبلور التي اثرت على صخور المسارات الاربعة والتي ادت الى تكوين فجوات وبالتالي تضعف الترابط بين حبيبات الصخرة ، وتصنف ضمن الصنف الاول **(I)** من ناحية مقاومتها الانضغاطية لذلك يمكن استخدام هذه الاحجار في اجزاء البناء التي لاتحتاج مقاومة عالية للانضغاط مثل الواجهات لكن يفضل استخدامها في اماكن بعيدة عن الماء بسبب مساميتها العالية التي قد تسبب تلف الصخرة نتيجة التمدد بالانجماد.

2 – **مقاومة الانثناء Flexural Strength (R)**

هي مقاومة الصخرة للانحناء او الانثناء، وتعد خاصية مهمة في تطبيقات البناء عند استخدام الصخور في العتبات العليا للابواب والشبابيك (20). حيث تم تحضير عينات من الكتل الصخرية بالابعاد (طول x عرضxارتفاع) (57x203x101) ملم على التتالي والمبينة في المواصفة الامريكية القياسية (21) بأتجاه عمودي على سطح التطبق للحصول على أعلى مقاومة انثناء. وتم صقل هذه العينات للحصول على سطح املس بحيث يكون وجهي العينة التي مقاسها(203x101) ملم مستوية ومتوازية قدر الامكان وقد تم فحصها بحالتها الطبيعية (Natural State) وتتلخص طريقة الفحص بوضع العينة بحيث يكون سطحها الذي مقاسه (100x200mm) افقياً على المسندين وتكون المسافة بينهما (180mm) وببعد متساوي عن مسند التحميل(المركزي) على ان تكون المساند الثلاثة موازية لبعضها البعض ثم يسلط الحمل تدريجيا بمعدل لا يزيد على (4450) نيوتن/ دقيقة لحين فشل العينة. ويتم حساب مقاومة الانثناء(R) لكل عينة وفق المعادلة الاتية (21) جدول (5):

$$R = 3Wl/2bd^2$$

حيث R = مقاومة الانثناء (نيوتن / ملم^2)

W= الحمل عند الانهيار(نيوتن).

l = المسافة بين مسندي التحميل (ملم).

b = عرض النموذج (ملم)، d = سمك النموذج (ملم)

جدول (5) يوضح قيم مقاومة الانثناء لنماذج محطات المسارات المختارة في منطقة الدراسة.

رقم المسار	1	2	3	4
رمز المحطة	A	a	b	A
القوة عند الانهيار (نيوتن)	14000	1500	6000	15250
مقاومة الانثناء (نيوتن/ ملم^2)	5.731	0.614	2.456	6.242

وعند مقارنة النتائج في الجدول (5) مع القيم المثبتة بالمواصفة القياسية الامريكية (10) نلاحظ انخفاضاً كبيراً لها خصوصاً محطات المسار الثاني. وتصنف ضمن الصنف الاول **(I)** للمسارين الثاني والثالث ، ومن الصنف الثاني **(II)** بالنسبة للمسارين الاول والرابع من ناحية مقاومتها للانثناء لذلك يمكن استخدام هذه الاحجار حسب مقاومتها وخصوصاً محطات المسارين الاول والرابع في العليا للابواب والشبابيك.والجداول (7,6) توضح معدل قيم الخواص المعتمدة في تقييم صلاحية صخور المنطقة كأحجار بناء.

جدول (6) معدل الخواص الجيوتكنيكية المعتمدة في تقييم الحجر الجيري كأحجار بناء وحسب المواصفة (10)

رقم المحطة / المسار	نسبة الامتصاص بالكتلة %	الكثافة الكلية غم/سم^3	مقاومة الانثناء (نيوتن/ ملم^2)	المقاومة الانضغاطية اللامحصورة Mpa
1 /a	8.6	2.210	5.731	9.752
2 / a	15.05	1.935	0.614	5.725
3 / a	14.88	1.940	2.456	7.987
4 / a	14.66	1.940	6.242	15.054

جدول (7) تقييم صلاحية صخور المنطقة كأحجار بناء اعتماداً على قيم الخواص المذكورة في جدول رقم (5)

نسبة الامتصاص بالكتلة %	الكثافة الكلية غم/سم^3	مقاومة الانثناء (نيوتن/ ملم^2)	المقاومة الانضغاطية اللا محصورة (ميكاباسكال)	التقييم الاجمالي للخواص
ناجحة	ناجحة	ناجحة	ناجحة	ناجحة
فاشلة	ناجحة	فاشلة	ناجحة	مسموح بها
فاشلة	ناجحة	فاشلة	ناجحة	مسموح بها
فاشلة	ناجحة	ناجحة	ناجحة	ناجحة

من الجدول (7) يتبين ان صخور منطقة الدراسة في كل مسار لاتحقق جميع الخواص المطلوبة أذ تنجح في خاصيتين او ثلاث وتفشل في بقية الخواص لذا تصنف بأنها صخور مسموح بها كأحجار بناء وخاصة صخور المسارين الأول والرابع كونها تحقق أغلب الخواص المطلوبة لهذا الغرض وتعتمد صلاحيتها المطلقة على موقع الصخرة الذي تشغله ضمن أجزاء البناء المختلفة.

الاستنتاجات

1. بينت نتائج التحليلات الكيميائية والمعدنية ان المعدن السائد في صخور المنطقة هو الكالسايت يليه الدولومايت وبنسب قليلة معادن الكوارتز والجبس ومعادن طينية.

2. ارتفاع نتائج الفحوصات البتروفيزياوية انعكس تأثيره بشكل واضح على الخواص الميكانيكية الاخرى مثل المقاومة الانضغاطية احادية المحور ومقاومة الانثناء وادى الى انخفاضها.

3. ان ارتفاع نسبة المسامية وانخفاض المقاومة الأنضغاطية الشديد للصخور يجعلها سهلة القلع والتكسير بالأبعاد المرغوب فيها وهذا عامل مشجع اخر لإمكانية استخدام هذه الصخور كأحجار بناء.

4. صنفت أغلب صخور المنطقة الى الصنفين (I,II) بعد مقارنتها بالمواصفة القياسية الامريكية (10) ممايؤكد ملائمتها كأحجار بناء وخصوصاً صخور المسارين الاول والرابع.

5. ان سمك طبقة الحجر الجيري في منطقة الدراسة والذي يتراوح بين (2 - 4.5) متر يكون مشجعا لاستغلال هذه الصخور كأحجار بناء، اضافة الى الامتداد الجغرافي الواسع للطبقة وقلة سمك الطبقة الجبسية التي تغطيها ووجود سطح فاصل حاد وواضح بين الطبقة والطبقة الغطائية ووجود مجاميع الفواصل التي تسهل من عملية القلع، كل هذه تعد عوامل مشجعة لاستغلالها لهذا الغرض.

6. ارتفاع قيم المسامية والخاصية الشعرية قد تحد من استخدام مثل هذه الصخور في الاماكن المعرضة لتأثير الماء .

المصادر :

1. ASTM–C 1528 -2.,(2004) " Standard Guide for Selection of Dimension Stone for Exterior Use".13p

2. Pettijohn, F.J.,(1975) " Sedimentary Rocks" Harper Row.Pub.3 Adition, New Yourk, 628p.

3. Flugel, E., (2004) " Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis Interpretation and Application", Springer-Verlag, Berlin, pp. 976.

4. ASTM-C 119- 02 c.,(2004) "Standard Terminology Relating to Dimension Stone1,6 p.

5. Thabet,K.M and Al-asho,M.O.,(1993)" Basics of geology for engineerings" Mosul, University of mosul.

(ثابت، كنانة محمد، العشو، محمد عمر ، " أسس الجيولوجيا للمهندسين " ، جامعة الموصل)

6. Buday,T. and Jassim,S.Z., (1987) " The Regional Geology of Iraq" Vol.2,Tectonism Mamatism and

Metamorphism, Edited by Kassab,I.I, and Abbas, M.J. Some Baghdad, Iraq, 352p.
7. **Numan, N.M.S., (2001)** " Cretaceous and Tertiary Apline Subjuctional History in Northern Iraq" Iraqi Jour. of Earth Sci. , Vol.1, no. 2, pp.54-74.
8. **Hamza, et al., (1990)** "Regional geological stage report, SEGESMI, Baghdad.
9. **Jassim. S.Z. and Goff.J.C.,(2006)** "Geology of Iraq, Minisitry of foreign affairs of the Czech Republic& Heritage Oil Company, 345 p.
10. **ASTM-C 568 – 03.,(2004**) " Standard Specifications for Limestone Dimension Stone.2p.
11. **Anon.,(1972)** " The preparation of maps and plans in terms of Engineering Geology " Quarterly Journal of engineering geology,Vol.5,No.4,pp.293-382.
12. 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.
13. **ASTM- C 97-09., (2010)** " Standard test methods for absorption and Bulk specific gravity of Dimension stone"3p.
14. **ASTM C 127- 01.,(2004)** " Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate"6p.
15. **Honeyborne, D. B.,(1982)** " The building limestone of france", Building research establishment report, HMSO.
16. **Griffin,J. A., (2008)** " development of a rating classification for rock to be used as toe- bench material" Master thesis,kent state. university,131p.
17. **ASTM- D 2938-95.,(2004)** " Standard test methods for unconfined compressive strength of intact rock core specimens"3p.
18. **International society rock mechanics.,(1979)**" Suggested Method for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials" ISRM. Committee on Standarization of Laboratory Tests". Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geodesy. Abstr. Vol. 16. PP.137-140.
19. **Obert ,L. and Duvall,W.I.,(1967)**" Rock Mechanics and the Desing of Stricture in Rock" Wiley.Newyork.
20. **Grisafe, D.A.,(1965)** "Kansas Building Limestone", Mineral Resources Series, K.G.S. University of Kasas.
21. **ASTM-C 99-87.,(2004)** " Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone"3p.

Geotechnical Properties of Limstone rocks in Fatha Formation / Fatha area to evaluate its Suitability as a building stone.

Mohammed Rashid abood [1] , Amera Ismail Hussein[2], Ahmed Ibrahim Mohammed [1]
[1] *Department of Applied Geology , college of science, university of Tikrit, Tikrit , Iraq*
[2] *Center of natural resources researches , university of Tikrit , Tikrit , Iraq*

(**Received:** 1 / 12 / 2011 ---- **Accepted:** 13 / 3 / 2012)

Abstract
Geotechnical Properties of Limstone rocks in Fatha Formation , Fatha area were determined in order to American standard specificatios to evaluate its Suitability as a building stone, The study included (20) selected stations , in which a detailed engineering geological survey had been done according to Anon,1972, 1977 for (4) travers. Geotechnical tests on collected samples of all stations were accomplished, chemical and mineralogical tests were done on the limestone sample to determine its mineralogical components.
The results showed decrease in the petrophysical properties (density) and rising of porosity and a reliable of saturation coefficient which resulted to highly frost resistance, in addition to decrease of uniaxial compressive strength, these properties were compared with Iraqi, American standard specificatios The results confirm the suitability of some samples for using as a building stone
Key words: Limstone, Fatha area, Fatha Formation, building stone