

تقييم الخواص الهندسية للصخور في مواقع مختارة من منطقة سيكانيان -

كركوك/ شمال شرق العراق

ايلاف محمد شاكر¹، بركان سعيد عثمان²

^{2,1} قسم الجولوجيا التطبيقية، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

¹elafmuhammed192@gmail.com, ²selimburkan2015@gmail.com

الملخص

تضمن البحث اجراء دراسة بعض الخواص الجيوتكنيكية لصخور بعض المواقع المختارة من منطقة سيكانيان والعائدة جيولوجياً الى ترسبات مايوسين-بلايوسين والمتمثلة بتكوين المقدادية والواقعة في محافظة كركوك شمال شرق العراق. خضعت النماذج المأخوذة من اربع مواقع للعديد من الفحوصات الهندسية منها فحص المحتوى الرطوبي، الكثافة الجافة، المسامية، فحص الموجات فوق الصوتية، مقاومة الانضغاطية احادية المحور. حيث عكست نتائج الفحوصات البتروفيزيائية بأن الكثافة الجافة لها تتراوح بين $(1.38-2.58) \text{ gm.cm}^{-3}$ والمسامية بين $(13.22-24.5)\%$. اظهرت نتائج فحص المقاومة الانضغاطية للنماذج اللابائية بأنها تتراوح بين $(6.71-52.45) \text{ Mpa}$ وكانت سرعة الزلزالية للصخور الرملية اعلى من السرعة الزلزالية للصخور الطينية واظهرت العلاقات بين قيم الصفات الديناميكية وقيم الصفات الميكانيكية بانها جيدة ويمكن الاستفادة من هذه العلاقات في ايجاد قيم المقاومة الانضغاطية احادية المحور للصخور الرملية والطينية لمنطقة سيكانيان في حال عدم توافر نماذج الصخور القياسية.

الكلمات الدالة: تكوين مقدادية، الخواص الجيوتكنيكية، الصخور الرملية والطينية، سيكانيان، كركوك.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.4.9>

Evaluation of Engineering Properties of Rocks from Selected Location from Sikanian Region-Kirkuk / NE Iraq

Elaf Mohammed Shaker¹, Burkan Saeed Othman²

^{1,2} Department of applied Geology, Collage of Science, Kirkuk University, Kirkuk, Iraq.

¹elafmuhammed192@gmail.com, ²selimburkan2015@gmail.com

Abstract

The research included the study of some Geotechnical properties of selected Locations from the Sikanian region, which is Miocene – Pliocene and quaternary deposits. The study area located in the northeastern part of kirkuk governorate. The samples were collected from four sites. Moisture content, dry density, porosity, seismic wave velocity, and uniaxial compressive strength tests were conducted of the rock samples in the laboratory. The results of petrophysical tests showed that the Dry Density ranged between (1.38-2.58) gm.cm⁻³ and Porosity between (13.22- 24.5)%. The uniaxial compressive strength results ranged between (6.71-52.45) Mpa. The seismic velocity of the sandstone was higher than the seismic velocity of the claystone and showed a good positive correlation between Dynamic and Mechanic properties, This relation can be used to find and extract Uniaxial compressive strength values for sandstone and claystone of Sikanian region in the case of absence of standard sample.

Keywords: Mukhdadya Formation, Geotechnical properties, Sandstone and claystone, Sikanian, Kirkuk.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.4.9>

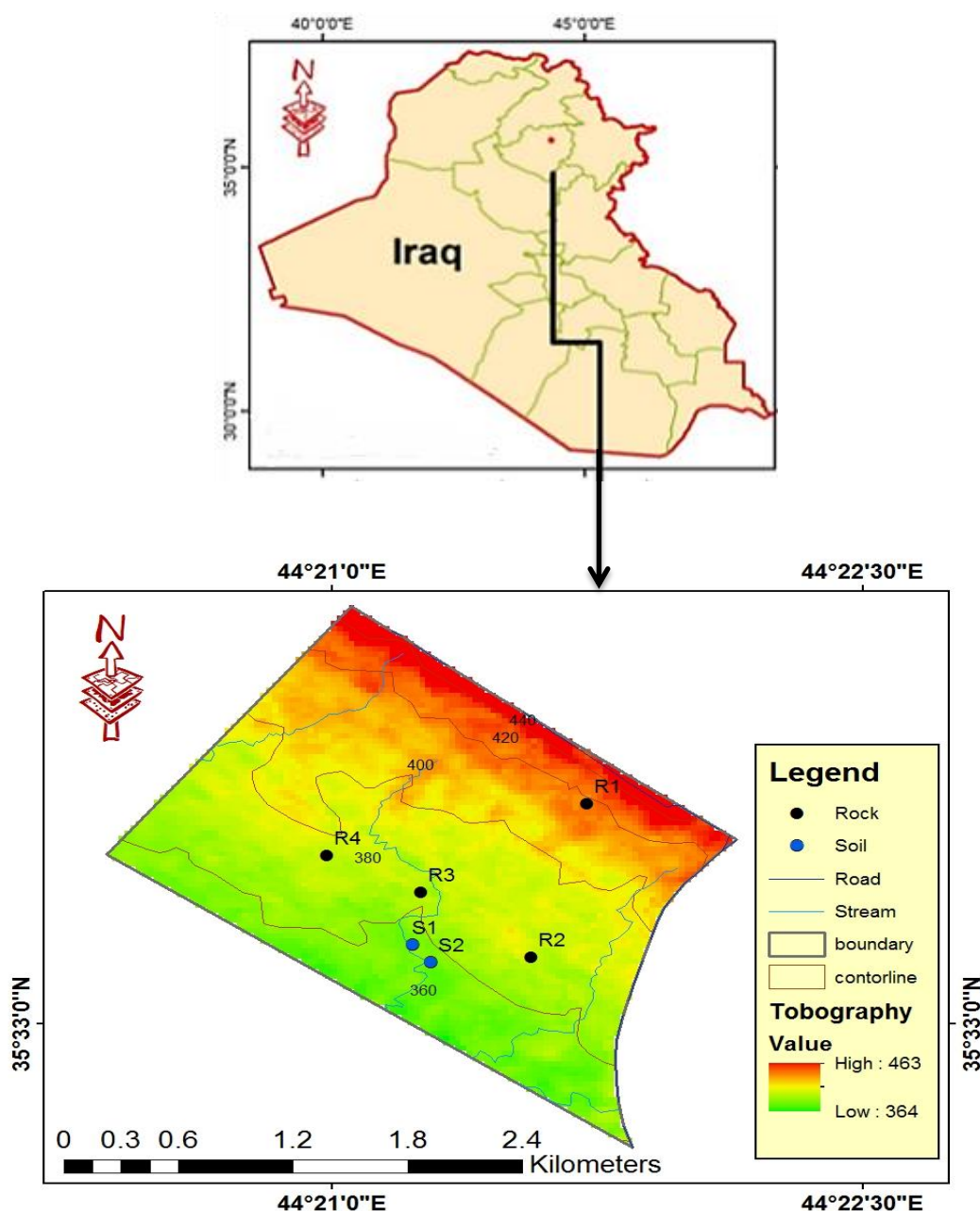
1. المقدمة:

ان الاهداف الرئيسية لمهندسي الانشاءات هو تصميم مشاريع هندسية ملائمة من الناحية الامنية و الاقتصادية من خلال تقييم قابلية تحمل الاساس للاجهادات الخارجية المسلطة عليها وكل ذلك يتطلب دراسة جيولوجية وجيوتكنيكية تفصيلية للصخور والتربة السطحية والتحت السطحية لها وان التصاميم الهندسية الناجحة والامنة يستند على نوعية وجدية استكمال المراحل الاستكشافية والنمذجة للصخور والتربة الموجودة في المنطقة [1] الصخور الرسوبية عبارة عن تجمعات من الحبيبات المعدنية التي تترسب في الاوساط المائية مثل الماء والهواء ثم تتصلب لتصبح الصخور الرسوبية معظم الصخور الرملية ذات مسامية عالية تشكل مكنم جيد للمياه والنفط ولكن من الناحية الهندسية تسبب المشاكل في التراكيب الهندسية وخاصة عند بناء الانفاق يقلل الي حد كبير من معدل الامان. وان الصخور الطينية تمتلك صفات هندسية متغيرة فمثلا صخور الغرين ذات مقاومة كبيرة لتفكك والانهيال ولكن صخور الطين عند تعرضها للماء ينقش ويتفكك وبالتالي يقلل من مقاومتها وايضاً يقلل من سرعة الموجات الانضغاطية، الكثافة، المقاومة الانضغاطية و القصية ويزيد المسامية في حال احتواء الصخور للمعادن الطينية [2-4].

تقع منطقة سيكانيان السكنية على بعد (27 km) شمال مركز مدينة كركوك وبالقرب من الطريق الواصل بين محافظتي كركوك واربيل والمحددة بين خطي الطول ($35^{\circ} 33' 0'' - 35^{\circ} 34' 0''$ شمالاً) وبين خطي العرض ($44^{\circ} 20' 0'' - 44^{\circ} 22' 30''$ شرقاً) كما في الشكل 1. تعتبر منطقة الدراسة من المناطق الحديثة والمستمرة بالتوسع العمراني، من خلال الاستطلاع على توزيع الجغرافي للأنشاءات والمجمعات السكنية تبين انه هناك عشوائية في اختيار المشاريع السكنية بدون الاخذ بنظر الاعتبار الخواص الهندسية للصخور والتربة الموجودة في المنطقة.

هناك العديد من الدراسات العالمية والمحلية والبحوث حول تقييم الخواص الهندسية للصخور والكتل الصخرية وايجاد العلاقات الاحصائية بين المعاملات الهندسية للصخور مثل [5-12]. دراسة الخواص الجيوتكنيكية لصخور تكوين المقدادية في منطقة الدراسة او ضمن مناطق مدينة كركوك كانت قليلة او معدومة ماعدا دراسة [10] حيث استنتجوا بأن هناك علاقة طردية جيدة بين قيم المقاومة الانضغاطية والكثافة ومعاملات سرعة الموجات فوق الصوتية ونظراً لكون منطقة الدراسة تقتصر الى الدراسات الجيوتكنيكية للصخور الموجودة فيها وكان ذلك احد المبررات التي دعت لاجراء هذه

الدراسة. يهدف البحث الى دراسة وتقييم بعض الخواص الجيوتكنيكية للصخور في منطقة الدراسة وايجاد بعض العلاقات الرياضية بين المتغيرات الفيزيائية والميكانيكية لها ومطابقتها مع المقاييس العالمية والمحلية والاستفادة من تلك البيانات في المجالات الاكاديمية والتطبيقية في المستقبل.



شكل 1: موقع منطقة الدراسة.

2. جيولوجية منطقة الدراسة:

طباقياً تظهر في منطقة الدراسة مكاشف صخرية لتكوين المقدادية (المايوسين المتأخر - البلايوسين) وترسبات العصر الرباعي. تم وصف التكوين لأول مرة من قبل (Busk & Mayo , 1918) في جنوب غرب ايران تتالف تكوين المقدادية من الصخور الرملية والطينية والغرينية وصخور رملية حصوية وبسمك يتراوح 200 متر في قبة بابا ضمن تركيب كركوك [13]، يعتبر من اهم تكاوين الواسعة الانتشار في نطاق طيات الواطئة وترسبت في بيئة نهريّة في حوض سريع الغوران [14,15] ويتميز طبقات صخور الرملية منها بوجود تكسرات، تطبق متقاطع وذات طبقات سمكية والذي يكون صلبة - هشة بسبب تأثيرات بعوامل التجوية والتعرية ويتميز صخور الرملية بحبيباتها الخشنة و بلونها الرمادي والرمادي المخضر بينما تكون صخور الطينية والغرينية على شكل طبقات نحيفة او قليلة السمك وبلون بني فاتح وتتميز بوجود تكسرات ويكون صخورها ضعيفة - صلبة نوعا ما وكذلك تظهر في منطقة الدراسة ترسبات عصر الرباعي ومتمثلة بترسبات المنحدرات Slope Deposit وترسبات مائلة للوديان Valley Filling Deposits.



B



A

شكل 2: (A): يوضح Cross bedding للصخور الرملية، (B): ترسبات المنحدرات (Slope deposits).

اما من الناحية التكتونية تعد منطقة الدراسة جزء من نطاق الطيات الواطئة للرصيف الخارجي من الجزء الشمالي الشرقي للصفحة العربية ويمتد هذا النطاق من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي من العراق [16] وتركيباً تقع منطقة الدراسة في قبة بابا والذي هو جزء من تركيب كركوك متكونة من طية محدبة غير متناظرة [17].

جيومورفولوجياً تتصف المنطقة أيضاً بوجود مرتفعات في جزئها الشمالي الغربي حيث يصل أعلى ارتفاع لها الى (463) متر واطماً نقطة في المنطقة يصل الى (364) متر في الجزء الجنوبي الغربي، بشكل عام يتميز هذا النطاق بوجود شبكات انماط تصريف مائية ذات كثافات متباينة وقد تكونت هذه الاشكال التضاريسية بفعل عوامل التكتونية والتركييبية والمناخية حيث ان نشوء هذا الاشكال قد تأثرت بالحركة البانية لجبال الذي حدثت خلال عصر المايوسين وبلايستوسين واستمرت خلال العصر الرباعي كما ان عمليات التجوية والتعرية والترسيب أيضاً أثرت على اشكال التضاريسية الموجودة في المنطقة [18].

3. طرائق العمل:

يتضمن هذه المرحلة جمع البيانات عن موضوع الدراسة والمتمثلة بالمرحلة المكتبية، مرحلة الوصف الحقلي والجولات الاستطلاعية لتعيين مواقع النماذج واخذ بعض القياسات الحقلية للصخور والطبقات الموجودة في المنطقة، بعد تحديد مواقع النماذج تم اخذ نماذج الصخور خلال فترة زمنية (2017/11/10) وتم تحضير نماذج منتظمة وغير منتظمة الشكل للصخور لأجراء الفحوصات الديناميكية والفيزيائية والمتمثلة بفحص المحتوى الرطوبي والذي قيس حسب [19] والمسامية والكثافة الجافة حسب [20] ، فحص المقاومة الانضغاطية احادية المحور بطريقة مباشرة حسب [21] وفحص الموجات فوق الصوتية [22] وتم اجراء هذه الفحوصات في مختبر الانشائي / كلية التقنية، ومختبر الجيولوجيا الهندسية / كلية العلوم/ جامعة كركوك ومركز القومي للمختبرات الانشائية / كركوك بعد الحصول على نتائج المختبرية تم عمل جداول للوصف وعمل بعض العلاقات الاحصائية مابين المتغيرات لغرض المقارنة.

4. النتائج والمناقشة:

لغرض اجراء دراسة الخواص الجيوتكنيكية لصخور منطقة الدراسة، تم اختيار اربعة مواقع أعتماداً على التباين الصخري للطبقات الصخرية، تم جمع وتهيئة نماذج بأعداد مختلفة وحسب متطلبات الفحص والموضحة في الجداول 1، 2 و3. كانت عدد النماذج لاجراء الفحوصات الفيزيائية اربعة نماذج من اربعة مواقع اما عدد نماذج الفحوصات الديناميكية والاستاتيكية كانت اثنا عشرة نموذجاً.

حسب الجدول 1 يمكن ان نلاحظ ان الكثافة الجافة ($dry p$) للصخور الرملية اعلى مما هو في الصخور الطينية ويتراوح بين $1.93-2.38$ gm.cm⁻³. وللصخور الرملية $1.35-2.1$ gm.cm⁻³ حيث يختلف الكثافة الجافة باختلاف التركيب المعدني والموائع والمسامية للصخور [18] وترواحت قيمة المسامية (n %) بين $8.17-19.7$ % للصخور الرملية و للصخور الطينية $16.99-24.51$ % للصخور الطينية هذا الاختلاف في النتائج اما بسبب شكل الحبيبات وتدرج الحبيبي وزمن الذي يستغرقه الصخرة لترسيبه [23] في نفس الجدول نلاحظ قيم الرطوبة (W %) في الصخور تتراوح بين $0.27-8.83$ % وان المحتوى المائي يؤثر بشكل كبير على درجة التعرية ويقلل من قوة احتكاك الداخلي بين الحبيبات وبالتالي يقلل من المقاومة القصية والانضغاطية والمعاملات الديناميكية في الصخور [24,25] ولأجل تقيم ومقارنة المتغيرات الناتجة من التجارب بصورة سليمة وواضحة تم رسم بعض العلاقات الرياضية مابين تلك المتغيرات. الشكل 3a يوضح العلاقة الرياضية بين الكثافة الجافة ($dry p$) والمسامية (n %) علاقة خطية عكسية $r = 0.95$ ويعزى ذلك الى ان الكثافة الواطئة تكون مترافقة معها المسامية العالية [26] اما فيما يخص قيم القاومة الانضغاطية للصخور (UCS) كما في الجدول 3 فهي مابين $6.7-52.7$ Mpa وبمعدل 23.27 Mpa وهذا التباين الكبير في القيم بسبب اختلاف وتنوع في التركيب المعدني، المحتوى الرطوبي، درجة التجوية وابعاد النماذج الصخرية [27] وبنفس الوقت فهي متوافقة مع التباين الموجود في قيم (UCS) للصخور الرملية الموجودة في الدراسة [10] وترواحت قيم السرعة الاولى والثانوية ما بين $1.048-1.91$ Mpa و $0.696-0.946$ على التوالي حيث يعتمد السرعة الزلزالية على الصخارية، الشكل وحجم الحبيبات والكثافة [29]. الاشكال 5f، 6g يوضح العلاقة مابين (UCS) مع السرعة الاولى (V_p) والسرعة الثانوية (V_s) حيث ان العلاقة بين ($UCS-V_s, V_p$) هي علاقة طردية جيدة ($r=0.96$)($r=0.86$) ويمكن الاستفادة من هذه العلاقة في ايجاد واستخراج قيم UCS للصخور الرملية والطينية لتكوين مقادير في حال عدم توفر نماذج قياسية بالنسبة ل UCS عند ملاحظة الشكل 6h هناك علاقة خطية طردية جيدة بين المقاومة الانضغاطية UCS ومعامل الكلية (K) $r=0.27$ اما طبيعة العلاقة ما بين ($V_p - dry p$) شكل 3b فهي علاقة طردية $r = 0.95$ ويمكن تفسير ذلك من خلال ان كثافة الحبيبات المكونة للصخور تؤدي الى زيادة سرعة انتقال الموجات الزلزالية [5] وتقتصر الدراسة بأجراء فحوصات اكثر للمواقع التي لم يتم دراستها وايضا دراسة الصخارية من الصفات المعدنية والنسيج والعمليات التحويرية

وكذلك توصية باجراء دراسات هيدروجيولوجية وذلك للتغاير المحتمل في الواردات المائية والذي يؤثر سلبياً على خواص الهندسية للصخور .

جدول 1: يبين قيم فحوصات البتروفيزيائية.

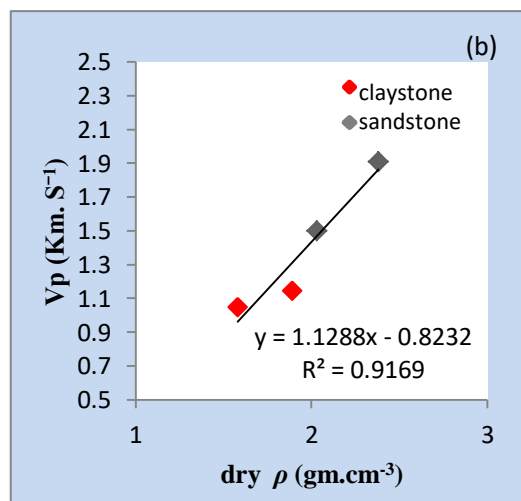
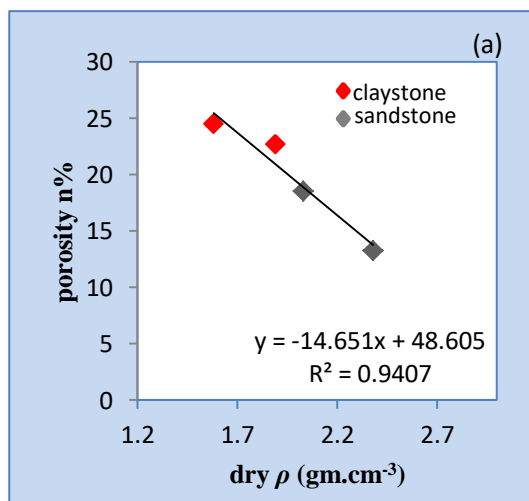
Rock Type	Locations	Porosity n%	Dry density (gm.cm ⁻³)	Moisture content(Wc)%
Sand stone	R1	13.22	2.38	1.74
Sand stone	R2	18.55	2.03	0.8
Clay stone	R3	22.7	1.89	2.74
Clay stone	R4	24.5	1.58	3.14
Max		24.5	2.38	3.14
Min		13.33	1.58	0.8

جدول 2: يبين قيم المعاملات الديناميكية.

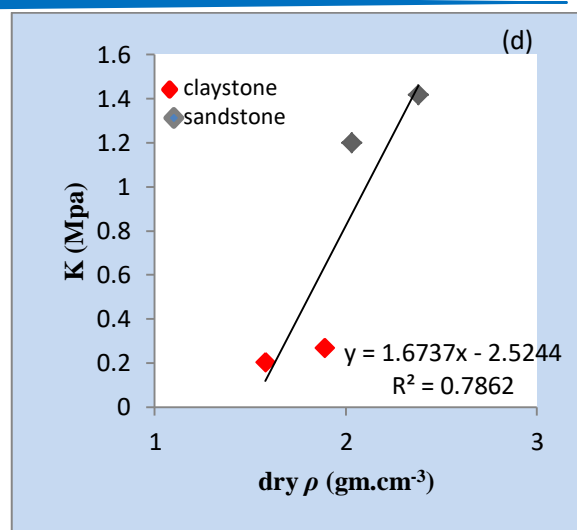
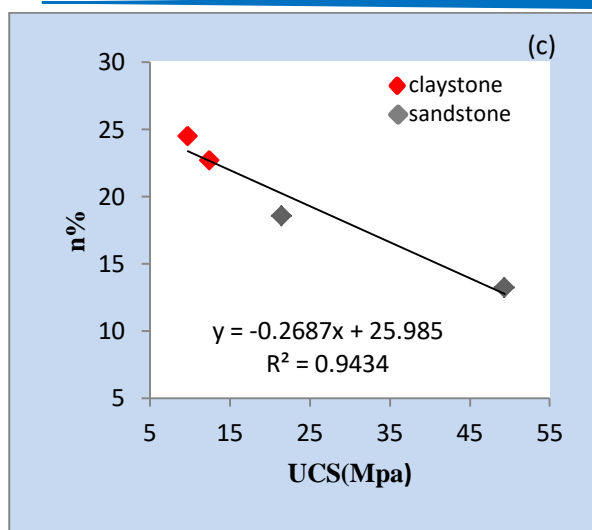
Rock type	Location	Vp (km.s ⁻¹)	Vs (km.s ⁻¹)	P (gm .cm ⁻³)	Vs.Vp ⁻	α	G (Mpa)	E (Mpa)	K (Mpa)
Sand stone	R1	1.894	0.933	2.664	0.49	0.43	4.751	6.64	1.351
		1.883	0.971	2.672	0.51	0.42	5.104	7.173	1.544
		1.953	0.935	2.664	0.47	0.43	4.804	6.695	1.361
	Average	1.91	0.946	2.666	0.49	0.42	4.886	6.836	1.419
Sand stone	R2	1.147	0.746	2.567	0.65	0.36	2.669	3.908	0.571
		1.783	1.003	2.581	0.56	0.40	5.141	7.314	1.626
		1.567	0.955	2.575	0.60	0.38	4.517	6.519	1.401
	Average	1.499	0.902	2.5748	0.60	0.38	4.109	5.914	1.199
Clay stone	R3	1.091	0.682	2.264	0.62	0.37	2.001	2.903	0.2106
		1.109	0.685	2.235	0.61	0.38	2.003	2.898	0.202
		1.236	0.756	2.211	0.61	0.38	2.423	3.500	0.396
	Average	1.145	0.707	2.236	0.61	0.38	2.142	3.100	0.269
Clay stone	R4	1.083	0.737	2.052	0.68	0.34	2.029	3.008	0.304
		1.033	0.684	2.113	0.66	0.35	1.828	2.689	0.177
		1.029	0.668	2.124	0.64	0.36	1.771	2.591	0.1301
	Average	1.048	0.696	2.097	0.66	0.35	1.876	2.763	0.204

جدول 3: يوضح نتائج المقاومة الانضغاطية احادية المحور.

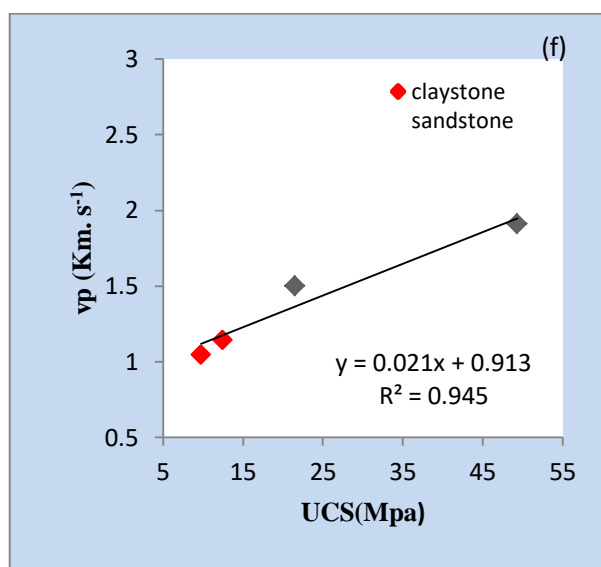
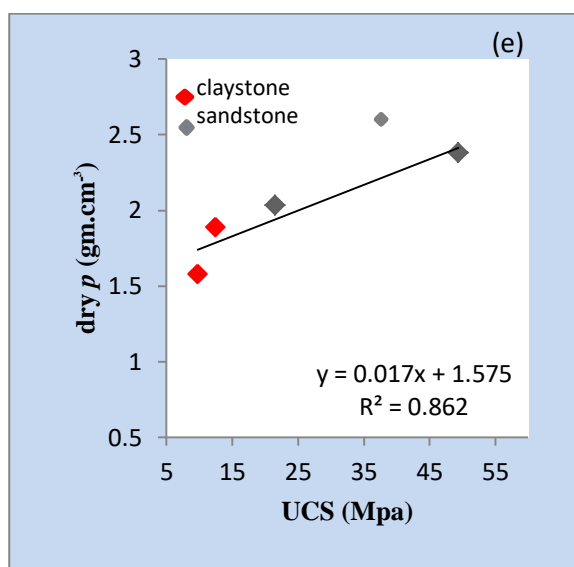
Rock Type	Location	UCS (Mpa)	Avrage	Classification According to[30]
Sandstone	R1	48.46		Moderately strong
		52.45	49.34	
		47.65		
Sandstone	R2	22.56		Moderately strong
		16.94	21.49	
		24.97		
Clay stone	R3	12.99		Moderately Weak
		12.75	12.41	
		11.46		
Claystone	R4	6.71		Moderately Weak
		8.17	9.701	
		14.22		



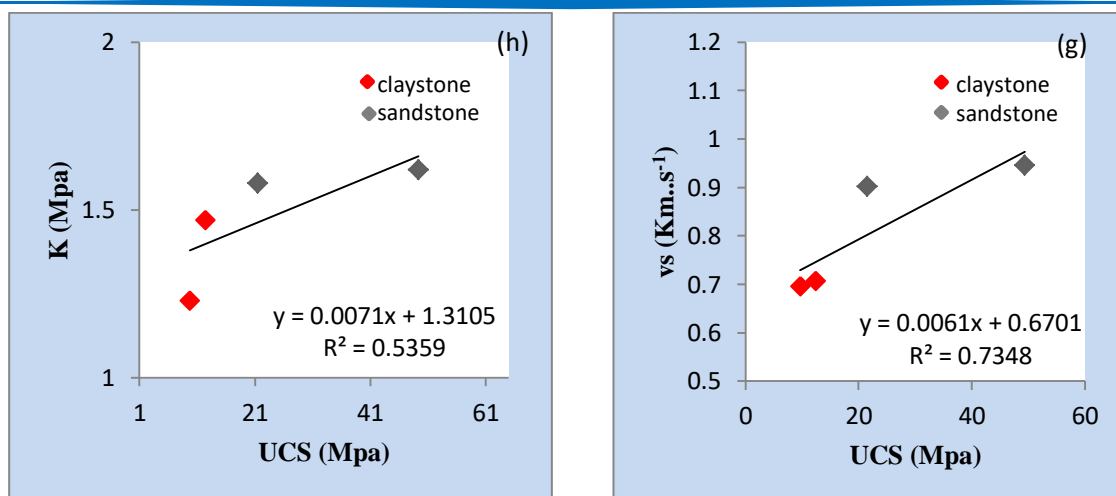
شكل 3: a: علاقة بين المسامية والكثافة الجافة، b: علاقة بين الكثافة الجافة والسرعة الاولى.



شكل 4: c: علاقة بين الكثافة الجافة ومعامل الكلية، d: علاقة بين المقاومة الانضغاطية والمسامية.



شكل 5: e: علاقة بين المقاومة الانضغاطية والكثافة الجافة، f: علاقة بين المقاومة الانضغاطية والسرعة الاولى.



شكل 6: (g) علاقة بين المقاومة الانضغاطية والسرعة الثانوية، (h): علاقة بين المقاومة الانضغاطية ومعامل الكلية.

جدول 4: يبين التحليل الاحصائي للنتائج بطريقة الانحدار الخطي البسيط.

parameter to be related	regresion equation	corelation coefficien(r)	Symbols
dry ρ - n%	$n\% = -14.651 \rho_{dry} + 48.605$	0.95	(n%)porosity ρ_{dry} (dry density)
dry ρ - Vp	$Vp = 1.1288 \rho_{dry} - 0.8232$	0.95	السرعة الاولى (Vp)
dry ρ - K	$K = 1.6737 \rho_{dry} - 2.5244$	0.88	معامل الكلية (K)
UCS-n	$n\% = -0.2687 (ucs) + 25.985$	0.96	معامل القص (G)
ucs- dry ρ	$\rho_{dry} = 0.017 (ucs) + 1.575$	0.92	الكثافة الجافة (p dry)
UCS-Vp	$Vp = 0.021 (ucs) + 0.913$	0.96	معامل يونك (E)
UCS-Vs	$Vs = 0.0061 (ucs) + 0.6701$	0.85	السرعة الثانوية (Vs)
UCS-K	$K = 0.0071 (UCS) + 1.3105$	0.72	الانضغاطية المقاومة (ucs) احادية المحور

5. الاستنتاجات:

بينت الفحوصات البتروفيزيائية بأن كثافة الجافة للصخور الرملية اعلى مما هو للصخور الطينية وكانت العلاقة بين الكثافة الجافة والمسامية علاقة عكسية. ومن خلال نتائج فحص الموجات فوق الصوتية بينت بأن هناك اختلاف في قيم سرعة الموجات فوق الصوتية للصخور الرملية والطينية ويعزى هذه التباين الى اختلاف نوعية الصخور من المحتوى المعدني او الكثافة حيث يتناسب السرعة الانضغاطية والقسية مع الكثافة تناسباً طردياً ومع المسامية تناسباً عكسياً بينما

اظهرت نتائج المقاومة الانضغاطية احادية المحور بطريقة المباشرة بأن الصخور ذات المقاومة القوية بأعتدال - الضعيفة بأعتدال.

المصادر:

- [1] F. G. Bell, "*Engineering geology*", 2nd Ed., Elsevier (2007).
- [2] W. Terry and A. Shakoor, "*Geology applied to engineering*", Waveland Press, (2008).
- [3] Z. Zhou, X. Cai, L. Chen, W. Cao, Y. Zhao, and Xiong, C. "*Influence of cyclic wetting and drying on physical and dynamic compressive properties of sandstone*", Engineering Geology, 220, (2017).
- [4] L. Zhang, "*Engineering Properties of Rocks*", Butterworth-Heinemann, (2016).
- [5] E. Yasar and Y. Erdogan, "*Correlating Sound Velocity with the Density, Compressive Strength and Young's Modulus of Carbonate Rocks.*", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 41(5), 871 (2004).
- [6] G. Tsiambaos and N. Sabatakakis, "*Considerations on Strength of Intact Sedimentary Rocks*", Engineering Geology, 72, 261 (2004).
- [7] Li. Huamin, Li. Huigui, K. Wang. And Li. Chuang Li, "*Effect of Rock Composition Microstructure and Pore Characteristics on Its Rock Mechanics Properties*", International Journal of Mining Science and Technology, 28(2), 8 (2018).
- [8] K. Stan, Iwona and F. Adam, "*The Changes of P-Wave Velocity of Rock Samples over Time*", Procedia engineering, 191, 483 (2017).

- [9] M. Neves, Ch. Holt, R. McConnell and M. George, "*Geotechnical Design and Construction of Improvements to Existing Railway Lines*", Procedia engineering 143, 1384 (2016).
- [10] B. O Saeed and D. A. Khalil, "*Correlation Study Some Dynamic Properties with Density, Point Load Index and Uniaxial Compressive Strength of Some Units of Mukdadya (lowerBakhtiari) Formation*", Tikrit Journal of Pure Science, 22(6), (2017).
- [11] ظاهر خليل علي، "دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والجيوتكنيكية لصخور البلاسي والفتحة وانجانة في منطقة شقلاوة في شمال العراق"، رسالة ماجستير، كلية العلوم –جامعة بغداد، بغداد العراق، 101، (2006).
- [12] اسيا عبد الرحمن عيسى الاسدي، "التقويم الجيوتكنيكي لصخور منطقة الزاكة جنوب شرق منطقة الموصل –شمال العراق"، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية العلوم، 225 (2004).
- [13] V. Sissakian and S. Buthaina Al-Jibouri, "*Stratigraphy Of The Low Folded Zone*", Iraqi Bull, Geol Min Special, 5,132 (2012).
- [14] T. Buday, "*The Regional Geology of Iraq: Stratigraphy and Paleogeography*", Geological Survey And Mineral Investigation, Baghdad, Iraq (1980).
- [15] Z. Saad, Jassim and J. Goff, "*Geology of Iraq*", Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 337 (2006).
- [16] F. Saffa, Fouad, "*Tectonic map of Iraq, scale 1: 1000 000, 2012*", Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 11(1), 7 (2015).

-
- [17] H. Dunnington, "*Generation, Migration, Accumulation and Dissipation of Oil in Northern Iraq*", Habitat of oil in northn Iraq, Amer. Assoc Petroluim Geologist,Iraq (1958).
- [18] S. Yacoub, S. O. Arsalan and Kadhim T, "*Geomorphology of the Low Folded Zone*" , *Iraqi Bulletin ,Geol Min ,Special Issue(5)* ,37 (2012).
- [19] ASTM D 2216, "*Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*", West Conshohocken, 5p (2010).
- [20] ASTM C 127- 01, "*Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*" (2004).
- [21] ISRM, "*Suggested Methode for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials ISRM.Committee on Standarization of Laboratory Tests*" , International Society for rock mechanic, 137 (1979).
- [22] ASTM D 2845-00, "*Standard Test Methode for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock*", (2004).
- [23] P. Suping, and J. Zhang, "*Engineering Geology for Underground Rocks*". Springer Science & Business Media (2007).
- [24] A.Satter, A. Iqbal, G. M. & J. Buchwalter, "*Practical enhanced reservoir engineering*". assisted with simulation software. Pennwell Books (2008).
- [25] Ch.Fabein, J. Berthonneau , B.Philipe and H. Vincent, " *Influence of water content on the mechanical behaviour of limestone: Role of the clay minerals content*", Rock Mechanics and Rock Engineering, 49(6), 2033 (2016).

-
- [26] E.Mohamad, I. Komoo, K. Kassim and N.Gofar N, "*Influence of moisture content on the strength of weathered sandstone*", Malaysian Journal of Civil Engineering, 20(1), (2008).
- [27] O.Ademeso, A. Anthony,.J. Adeyinka and B. Olaleye,Muriana, "*The inter-relationship of bulk density and porosity of some crystalline basement complex rocks: A case study of some rock types in southwestern Nigeria*", International organization of Scientific resreach Journal of Engineering, 2(4), 555 (2012).
- [28] Z.Mohamed, K. Mohamed and G. Cho," *Uniaxial compressive strength of composite rock material with respect to shale thickness ratio and moisture content*", Electron Journal Geotechnical Engineering, 13, (2008).
- [29] P.Sharma, T. Singh, "*A correlation between P-wave velocity, impact strength index, slake durability index and uniaxial compressive strength*", Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 67(1), 22 (2008).
- [30] Anon, "*The description of rock masses for engineering purposes, Report by the Geological Society Engineering Group Working Party* ", Quarterly Journal of engineering geology, 10(4), 355 (1977).