



تقييم الخواص الهندسية للصخور في مواقع مختارة من منطقة سikanian -

كركوك/ شمال شرق العراق

ايلاف محمد شاكر¹, برakan سعيد عثمان²

قسم الجيولوجيا التطبيقية، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.^{2.1}

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

الملخص

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

الكلمات الدالة: تكون مقدادية، الخواص الجيوتكنيكية، الصخور الرملية والطينية، سikanian، 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, sciemic 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 uniaxail 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>

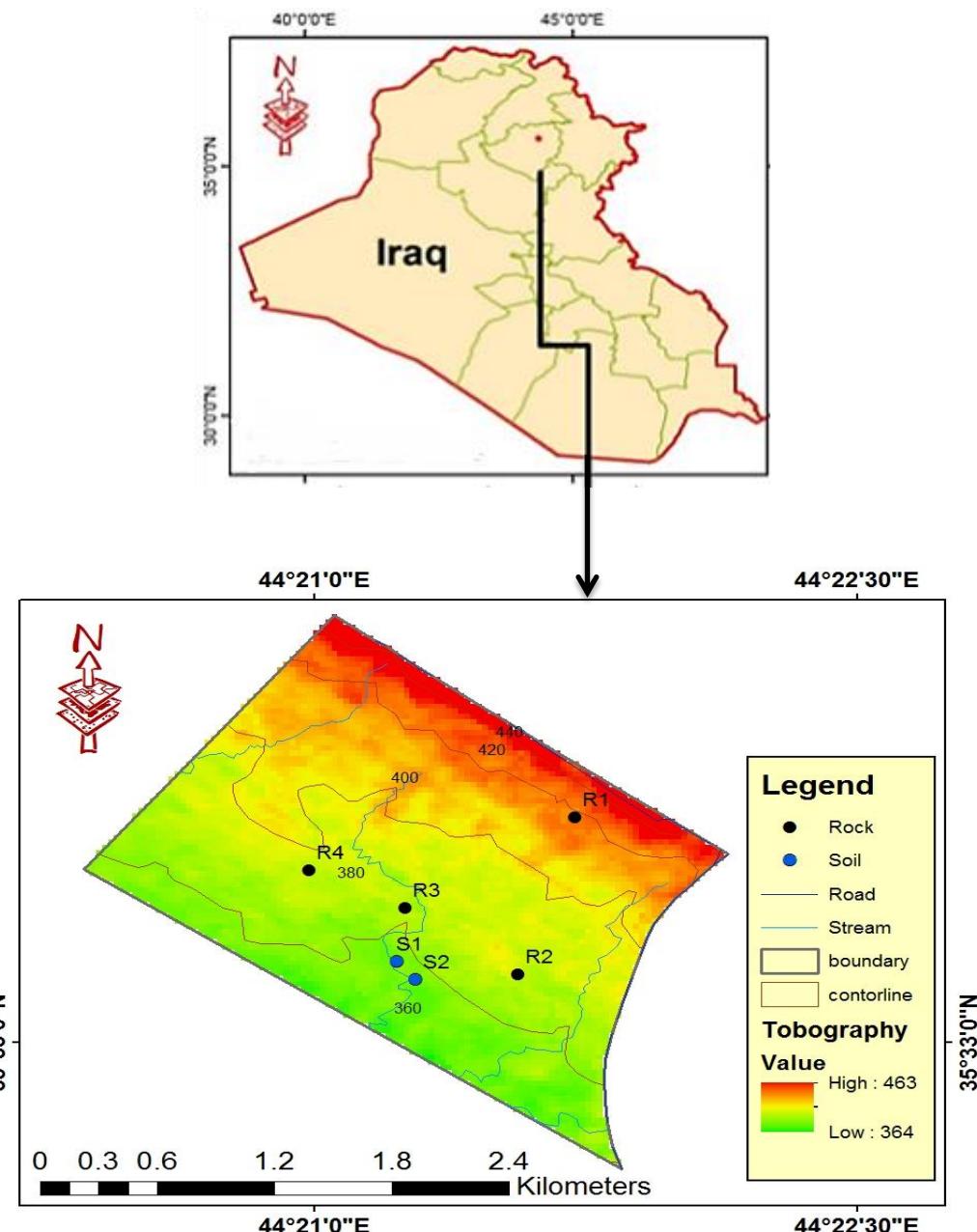
1. المقدمة:

ان الاهداف الرئيسية لمهندسي الابشارات 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 وجيوتكنلوجية تفصيلية للصخور والتربة السطحية والتحت السطحية لها وان التصميم الهندسي الناجحة والامنة يستند على نوعية وجدية استكمال المراحل الاستكشافية والمنفذة للصخور والتربة الموجودة في المنطقة [1] الصخور الرسوبية عبارة عن تجمعات من الحبيبات المعدنية التي تترسب في الاوساط المائعة مثل الماء والهواء ثم تتصلب لتصبح الصخور الرسوبية معظم الصخور الرملية ذات مسامية عالية تشكل مكمن جيد للمياه والنفط ولكن من الناحية الهندسية تسبب المشاكل في التراكيب الهندسية وخاصة عند بناء الانفاق يقل الي حد كبير من معدل الامان. وان الصخور الطينية تمتلك صفات هندسية متغيرة فمثلا صخور الغرين ذات مقاومة كبيرة لتقكك والانهيار ولكن صخور الطين عند تعرضها للماء ينتحخ ويتفكك وبالتالي يقل من مقاومتها وايضا يقل من سرعة الموجات الانضغاطية، الكثافة، المقاومة الانضغاطية و القصية ويزيد المسامية في حال احتواء الصخور للمعادن الطينية [2-4].

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

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

الدراسة. يهدف البحث الى دراسة وتقدير بعض الخواص الجيوتكنيكية للصخور في منطقة الدراسة وابحاث 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:

طبقياً تظهر في منطقة الدراسة مكافف صخرية لتكوين المقدادية (المابوسين 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 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 بيئه نهرية في حوض سريع الغوران [14,15] ويتميز طبقات صخور الرملية منها بوجود تكسيرات، تطبق متقطع وذات طبقات سميكة والذي يكون صلبة - هشة بسبب تأثيرات بعوامل التجوية والتعرية ويتميز صخور الرملية بحباتها الخشنة و بلونها الرمادي والرمادي المخضر بينما تكون صخور الطينية والغرينية على شكل طبقات نحيفة او قليلة السمك وبلون بنى فاتح وتميز بوجود تكسيرات ويكون صخورها ضعيفة - صلبة نوعا ما وكذلك تظهر في منطقة الدراسة ترسبات عصر الرباعي وتمثلة بترسبات المنحدرات Slope Deposite وترسبات مالئة 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 للصفيحة العربية ويمتد هذا النطاق من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي من العراق [16] وتركيبياً تقع منطقة الدراسة في قبة بابا والذي هو جزء من تركيب كركوك مكونة من طية محدبة غير متاظرة [17].

جيومورفولوجيا تتصف المنطقة ايضا بوجود مرتفعات في جزئها الشمالي الغربي حيث يصل اعلى ارتفاع لها الى (463) متر واطأ نقطة في المنطقة يصل الى (364) متر في الجزء الجنوبي الغربي، بشكل عام يتميز هذا النطاق بوجود شبكات انباط تصريف مائية ذات كثافات متباعدة وقد تكونت هذه الاشكال التضاريسية بفعل عوامل التكتونية والتركيبية والمناخية حيث ان نشوء هذا الاشكال قد تأثرت بالحركة البنية لجبال الذي حدثت خلال عصر المايوسين وبلايسوسين واستمرت خلال العصر الرباعي كما ان عمليات التجوية والتعرية والترسيب ايضا اثرت 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 موقع النماذج واخذ بعض القياسات الحقلية للصخور والطبقات الموجودة في المنطقة، بعد تحديد موقع النماذج تم اخذ نماذج الصخور خلال فترة زمنية (10/11/2017) وتم تحضير نماذج منتظمة وغير منتظمة الشكل للصخور لإجراء الفحوصات الديناميكية والفيزيائية والمتمثلة بفحص المحتوى الرطوبى والذي قيست حسب [19] والمسامية والكتافة 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:

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

حسب الجدول 1 يمكن ان نلاحظ ان الكثافة الجافة (dry) للصخور الرملية اعلى مما هو في الصخور الطينية ويتراوح بين $1.93-2.38 \text{ gm.cm}^{-3}$. وللصخور الرملية $1.35-2.1 \text{ gm.cm}^{-3}$ حيث يختلف الكثافة الجافة باختلاف التركيب المعدني والماء والمسامية للصخور [18] ويتراوح 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 ودرج الحبيبي وزمن الذي يستغرقه الصخرة لترسيبها [23] في نفس الجدول نلاحظ قيم الرطوبة (W%) في الصخور تتراوح بين 8.83-0.27 % وان المحتوى المائي يؤثر بشكل كبير على درجة التعرية ويقلل من قوة احتكاك الداخلي بين الحبيبات وبالتالي يقلل من المقاومة القصبية والانضغاطية والمعاملات الديناميكية في الصخور [24,25] ولأجل تقييم ومقارنة المتغيرات الناتجة من التجارب بصورة سلية وواضحة تم رسم بعض العلاقات الرياضية مابين تلك المتغيرات. **الشكل 3a** يوضح العلاقة الرياضية بين الكثافة الجافة (dry p) والمسامية (n%) علاقة خطية عكسية $r = 0.95$ ويعنى ذلك الى ان الكثافة الواطئة تكون مترافقه معها المسامية العالية [26] اما فيما يخص قيم المقاومة 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 الرطوبوي، درجة التجوية وابعاد النماذج الصخرية [27] وبنفس الوقت فهي متوافقة مع التباين الموجود في قيم (UCS) للصخور الرملية الموجودة في الدراسة [10] ويتراوح قيم السرعة الاولية والثانوية ما بين 1.91-1.048 (Mpa) و(0.946-0.696) على التوالي حيث يعتمد السرعة الزلزالية على الصخاريه، الشكل وحجم الحبيبات والكثافة [29]. **الشكل 5f، 6g** يوضح العلاقة مابين (UCS) مع السرعة الاولية (Vp) والسرعة الثانية (Vs) حيث ان العلاقة بين (UCS-Vs,Vp) هي علاقة طردية جيدة ($r=0.96$) و($r=0.86$) وممكن الاستفادة من هذه العلاقة في ايجاد واستخراج قيم UCS للصخور الرملية والطينية لتكوين مقداريه 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) اما طبيعة العلاقة ما بين ($Vp - dry\rho$) **شكل b3** فهي علاقة طردية $r = 0.95$ ويمكن تفسير ذلك من خلال ان كثافة الحبيبات المكونة للصخور تؤدي الى زيادة سرعة انتقال الموجات الزلزالية [5] وتقترن الدراسة بأجراء فحوصات اكثر للموقع التي لم يتم دراستها وايضا دراسة الصخاريه من الصفات المعدنية والتسخين والعمليات التحويليه

وذلك توصية بإجراء دراسات هيدروجيولوجية وذلك للتغير المحتمل في الواردات المائية والذي يؤثر سلبياً على خواص الهندسية للصخور.

جدول 1: يبين قيم فحوصات البتروفيزيائية.

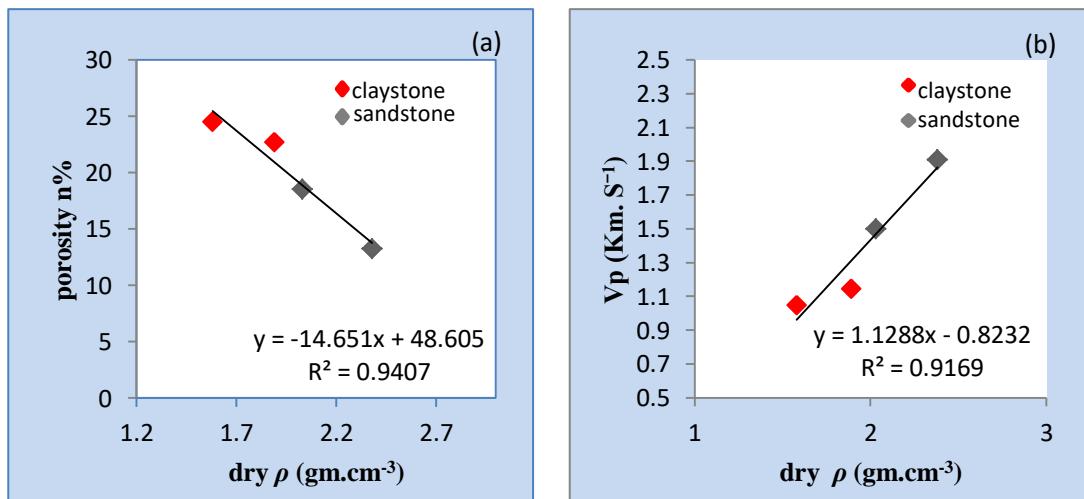
Rock Type	Locations	Porosity n%	Dry density (gm.cm ⁻³)	Moisture content(Wc)%
Sand stone	R1	13.22	2.38	1.74
Sand stone	R2	18.55	2.03	0.8
Clay stone	R3	22.7	1.89	2.74
Clay stone	R4	24.5	1.58	3.14
Max		24.5	2.38	3.14
Min		13.33	1.58	0.8

جدول 2: يبين قيم المعاملات الديناميكية.

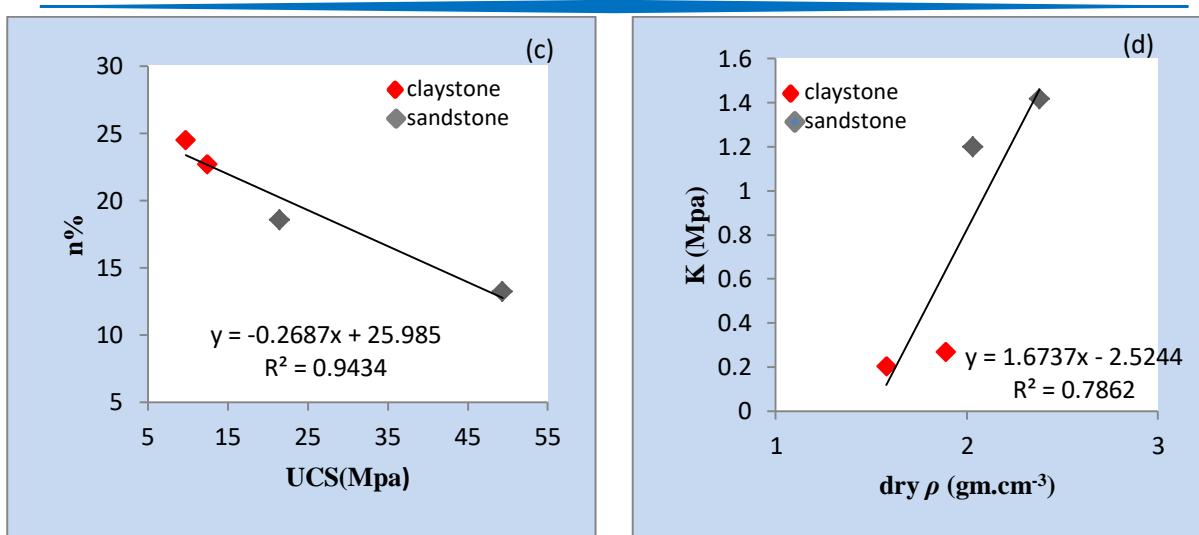
Rock type	Location	Vp (km.s ⁻¹)	Vs (km.s ⁻¹)	P (gm.cm ⁻³)	Vs.Vp ⁻¹	α	G (Mpa)	E (Mpa)	K (Mpa)
Sand stone	R1	1.894	0.933	2.664	0.49	0.43	4.751	6.64	1.351
		1.883	0.971	2.672	0.51	0.42	5.104	7.173	1.544
		1.953	0.935	2.664	0.47	0.43	4.804	6.695	1.361
	Average	1.91	0.946	2.666	0.49	0.42	4.886	6.836	1.419
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)	Average	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		

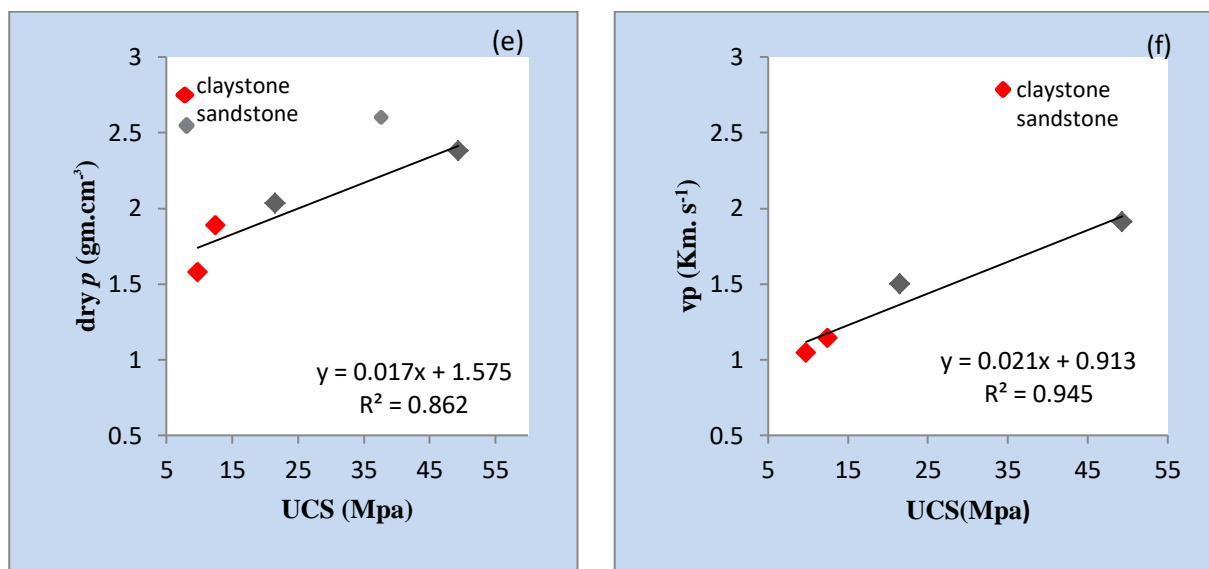


شكل 3 : a: علاقة بين المسامية والكثافة الجافة، b: علاقة بين الكثافة الجافة والسرعة الأولية.



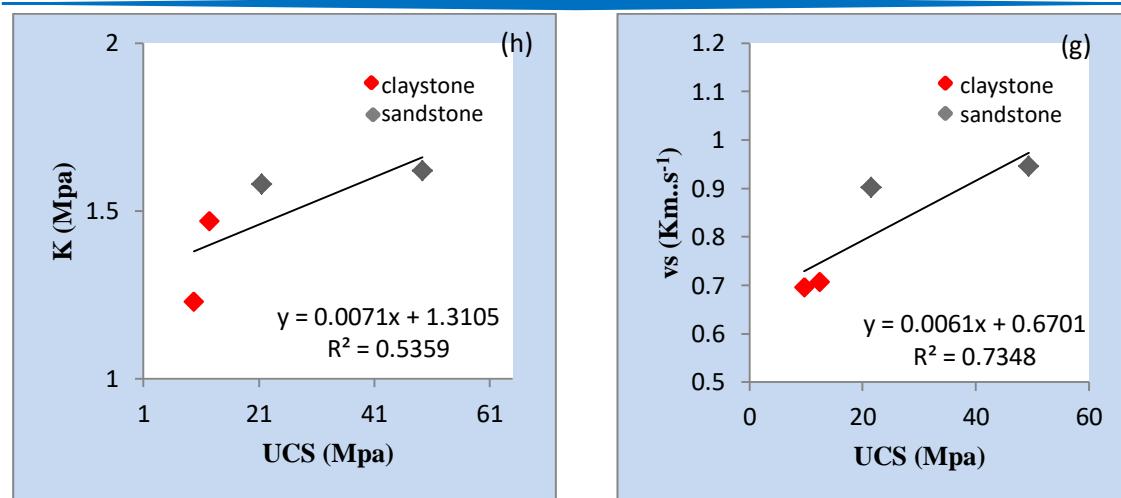
د: علاقة بين المقاومة الانضغاطية والمسامية.

شكل 4: c: علاقة بين الكثافة الجافة ومعامل الكلية،



f: علاقه بين المقاومة الانضغاطية والكثافة الجافة،

شكل 5: e: علاقه بين المقاومة الانضغاطية والسرعة الاولية،



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

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

parameter to be related	regresion equation	corelation coeffcien(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 الاولية (Vp)
dry ρ - K	$K = 1.6737 \rho_{dry} - 2.5244$	0.88	معامل الكلية (K)
UCS-n	$n\% = -0.2687 (ucss) + 25.985$	0.96	معامل القص (G)
ucss- dry ρ	$\rho_{dry} = 0.017 (ucss) + 1.575$	0.92	الكثافة الجافة (p dry)
UCS-Vp	$Vp = 0.021 (ucss) + 0.913$	0.96	معامل يونك (E)
UCS-Vs	$Vs = 0.0061 (ucss) + 0.6701$	0.85	السرعة الثانوية (Vs)
UCS-K	$K = 0.0071 (UCS) + 1.3105$	0.72	انضغاطية المقاومة (ucss) احادية المحور

5. الاستنتاجات:

بيّنت الفحوصات البتروفيزيائية بأن كثافة الجافة للصخور الرملية أعلى مما هو للصخور الطينية وكانت العلاقة بين الكثافة الجافة والمسامية علاقة عكسيّة. ومن خلال نتائج فحص الموجات فوق الصوتية بيّنت بأن هناك اختلاف في قيم سرعة الموجات فوق الصوتية للصخور الرملية والطينية ويعزى هذه التباين إلى اختلاف نوعية الصخور من المحتوى المعدني أو الكثافة حيث يتاسب السرعة الانضغاطية والقصية مع الكثافة تناصباً طردياً ومع المسامية تناصباً عكسيّاً بينما

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

باعتدال.

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 البلاسبي والفتحة وانجاته في منطقة شقلاؤة في شمال العراق" ، رسالة ماجستير، كلية العلوم -جامعة بغداد، بغداد، العراق، 101، (2006).
- [12] اسيا عبد الرحمن عيسى الاسدي، " *التقويم الجيوتكنيكى لصخور منطقة الازakah جنوب شرق منطقة الموصل - شمال العراق*" ، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية العلوم، 225 (2004).
- [13] V. Sissakian and S. Butaina 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, Parague 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 Petroleum 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).