

دراسة السرعة الزلزالية باستخدام
الموجات فوق الصوتية لبعض الخواص
الجيوتكنيكية لمقالع الحجر الجيري في
محافظة السليمانية

رسالة مقدمة إلى كلية العلوم – جامعة بغداد
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في علوم
الأرض

من

حسن علي هاشم

بكالوريوس – 2004

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ
وَقُلْ رَبِّیْ زَدَنِیْ عِلْمًا
صَدَقَ اللّٰهُ الْعَظِیْمُ

طه آیه 114



الاهداء

الى اغلى واعز من في الوجود

الى من ربياني صغيرا (قرتا عيني) امي وابي...

الى رصيدي الذي لا ينضب في الحياة

الى سندي وربيع عمري الى اخوتي واخواتي الاعزاء...

الى كل من علمني حرفا وسقاني علما اهدي لهم ثمرة جهدي

المتواضع هذا...

حسن



إقرار المشرف على الرسالة

أقر ان إعداد هذه الرسالة جرى تحت إشرافي في قسم علم الأرض – كلية العلوم – جامعة بغداد، وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في علوم الأرض – تخصص جيوفيزياء.

التوقيع :

اسم المشرف : د. سلمان زين العابدين

المرتبة العلمية : مدرس

العنوان : قسم علوم الأرض – كلية العلوم – جامعة بغداد

التاريخ : / / 2008

توصية رئيس لجنة الدراسات العليا

بناء على التوصيات المتوافرة ، أشرح هذه الرسالة للمناقشة .

التوقيع :

الاسم : د. سعد سامي الشبخلي

المرتبة العلمية : استاذ

العنوان : قسم علوم الأرض – كلية العلوم – جامعة بغداد

التاريخ : / / 2008

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه نشهد بأننا قرانا الرسالة الموسومة :-

(دراسة السرعة الزلزالية باستخدام الموجات فوق الصوتية لبعض الخواص الجيوتكنيكية لمقال
الحجر الجيري في محافظة السليمانية) المقدمة من قبل الطالب (حسن علي هاشم) وهي جزء من
متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في علوم الأرض- تخصص (الجيوفيزياء) وما يتعلق بها وبما
حولها فوجدنا أنها (مستوفية) لمتطلبات نيل الشهادة وعليه نوصي (بقبول) الرسالة.

<u>رئيس اللجنة</u>	<u>عضو اللجنة</u>	<u>عضو اللجنة</u>
التوقيع:-	التوقيع:	التوقيع:
الاسم:أ.طارق صفاء الدين احمد	الاسم:أ.د.نوال عبد الرضا عباس	الاسم:أ.د.حسين حميد كريم
المرتبة العلمية:استاذ	المرتبة العلمية:استاذ.	المرتبة العلمية :استاذ.
العنوان:كلية العلوم/جامعة بغداد.	العنوان:كلية العلوم/جامعة بغداد.	العنوان:قسم هندسة البناء والانشاءات/ الجامعة التكنولوجية
التاريخ:	التاريخ:	التاريخ:

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم: سلمان زين العابدين
المرتبة العلمية: مدرس
العنوان:كلية العلوم/جامعة بغداد.

مصادقة عمادة كلية العلوم

التوقيع:

الاسم: أ.د.خالد شهاب المختار
المرتبة العلمية:استاذ
العنوان:كلية العلوم/جامعة بغداد
التاريخ:

المحتويات

الصفحة	الموضوع
	الفصل الأول
	المقدمة
1	تمهيد
1	1 - 1
1	اهداف الدراسة
1	2 - 1
1	منطقة الدراسة
1	3 - 1
1	موقع منطقة الدراسة
1	1-3 - 1
2	تكونية وتركيبية منطقة الدراسة
2	2 - 3 - 1
2	جيولوجية منطقة الدراسة
2	3 - 3 - 1
7	الدراسات السابقة
7	4 - 1
7	الدراسات العالمية
7	1 - 4 - 1
10	الدراسات داخل القطر
10	2 - 4 - 1
13	النسبة المئوية لـ (CaCO ₃) (MgO)
13	5 - 1
	الفصل الثاني
	الخلفية النظرية
14	تمهيد
14	1 - 2
14	نظرية المرونة
14	2 - 2
15	الجهد Stress
15	1 - 2 - 2
16	الاجهاد Strain
16	2 - 2 - 2
16	علاقة الجهد - الاجهاد
16	3 - 2
22	الموجات المرنة
22	4 - 2
22	الموجات الجسمية
22	1 - 4 - 2
22	الموجات السطحية
22	2 - 4 - 2
23	معامل المادة
23	5 - 2
25	الممانعة الزلزالية
25	6 - 2
27	المسامية
27	7 - 2
27	العوامل المؤثرة على السرعة الزلزالية
27	8 - 2

الصفحة	الفصل الثالث	العمل والحقلي الأجهزة المستخدمة
31	1 - 3	تمهيد
31	2 - 3	العمل الحقلي
31	1 - 2 - 3	مقلع سمنت سرجنار
31	2 - 2 - 3	مقلع سمنت طاسلوجة
32	3 - 2 - 3	مقلع سمنت بازيان
32	3 - 3	الاجهزة المستخدمة
32	1-3 - 3	جهاز الموجات فوق الصوتية
39	2- 3 - 3	جهاز التفريغ
40	3- 3 - 3	جهاز الفحوصات السكونية (Static)
الصفحة	الفصل الرابع	العمل المختبري والنتائج
42	1 - 4	تمهيد
42	2 - 4	العمل المختبري
42	1 - 2 - 4	تهيئة النماذج
42	2 - 2 - 4	قياس زمن الموجة الطولية والقصية
43	3 - 2 - 4	السرعة الطولية والقصية
47	4 - 2 - 4	اللاتمائل في السرعة وعامل التماثل.
50	5 - 2 - 4	قياس الكثافة.
51	6 - 2 - 4	قياس المسامية.
51	7 - 2 - 4	حساب معاملات المرونة الديناميكية.
57	8 - 2 - 4	العلاقة بين السرعة الطولية والكثافة.
57	9 - 2 - 4	العلاقة بين السرعة القصية والكثافة.
57	10 - 2 - 4	العلاقة بين السرعة الطولية والقصية.
61	11 - 2 - 4	العلاقة بين السرعة الزلزالية والمسامية.
61	12 - 2 - 4	العلاقة بين السرعة الطولية ومعاملات المرونة (E, μ, K).
61	13 - 2 - 4	العلاقة بين نسبة بوسان والنسبة V_p/V_s .
61	14 - 2 - 4	العلاقة بين الكثافة والمسامية.

62	العلاقة بين النسبة V_p/V_s والنسبة K/μ .	15 – 2 – 4
62	الممانعة الزلزالية.	16 – 2 – 4
71	معامل المرونة الساكن (Static) والحركي (dynamic).	17 – 2 – 4
75	القياسات للنماذج المشبعة	3 – 4
75	حساب السرعة الزلزالية.	1 – 3 – 4
75	الكثافة للنماذج المشبعة.	2 – 3 – 4
75	معاملات المرونة.	3 – 3 – 4
87	المعاملات الجيوتكنيكية.	4 – 4
87	معامل المادة (Im).	1 – 4 – 4
87	معامل ضغط الارض الجانبي (K_0).	2 – 4 – 4
90	3-4-4 زاوية الاحتكاك الداخلي الفعالة (ϕ)	3 – 4 – 4
90	معامل اللدونة I_p	3 – 4 – 4
94	الاستنتاجات	الفصل الخامس
97		المصادر

قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
3	خارطة العراق موضح عليها منطقة الدراسة	1 - 1
4	خارطة تكتونية لنطاق الطيات العالية	2 - 1
15	العلاقة بين الجهد والاجهاد	1 - 2
16	رمز الجهد لجسم في الابعاد الثلاث	2 - 2
20	نسبة بوسون لانواع مختلفة من الصخور	3 - 2
35	اجزاء الجهاز الرئيسية	1 - 3
39	يوضح شكل الموجة الناتج من جهاز الموجات فوق الصوتية	2 - 3
40	جهاز التفريغ.	3 - 3
41	جهاز الفحوصات السكونية.	4 - 3
44	صورة لحجر القطع.	1 - 4
44	يوضح كيفية قياس زمن الموجة الطولية والقصية.	2 - 4
48	العلاقة بين ϵ و δ للمواقع الثلاث.	3 - 4
58	العلاقة بين السرعة الطولية والكثافة للمواقع الثلاث.	4 - 4
59	العلاقة بين السرعة القصية والكثافة للمواقع الثلاث.	5 - 4
60	العلاقة بين السرعة الطولية والقصية للمواقع الثلاث.	6 - 4
63	العلاقة بين السرعة الطولية والمسامية للمواقع الثلاث.	7 - 4
64	العلاقة بين السرعة القصية والمسامية للمواقع الثلاث	8 - 4
65	العلاقة بين السرعة الطولية ومعاملات المرونة	9 - 4
66	العلاقة بين نسبة بوسان والنسبة V_p/V_s للمواقع الثلاث.	10 - 4
67	العلاقة بين الكثافة والمسامية للمواقع الثلاث.	11 - 4
68	العلاقة بين النسبة V_p/V_s والنسبة K/μ للمواقع الثلاث.	12 - 4
72	يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.	A13 - 4
73	يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.	B13 - 4
74	يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.	C13 - 4
78	السرعة الطولية للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث	14 - 4

79	مقارنة السرعة القصية للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث	15 - 4
83	يوضح الكثافة الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث.	16 - 4
84	معامل يونك للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث.	17 - 4
85	معامل الصلادة للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث.	18 - 4
86	المعامل الحجمي للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث.	19 - 4

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
13	النسب المئوية لكاربونات الكالسيوم واوكسيد المغنسيوم.	1 - 1
26	الممانعة الزلزالية للمتفجرات المستخدمة	1 - 2
34	المواصفات القياسية	1 - 3
45	السرع الطولية للمواقع الثلاثة للنماذج الجافة.	1 - 4
46	السرع القصية للمواقع الثلاثة للنماذج الجافة.	2 - 4
49	عامل التماثل للمواقع الثلاث.	3 - 4
54	السرع والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج الجافة (الموقع الاول) .	4 - 4
55	السرع والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج الجافة (الموقع الثاني)	5 - 4
56	السرع والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج الجافة (الموقع الثالث)	6 - 4
69	قيم الممانعة الزلزالية (kg/m.sec) للمواقع الثلاث	7 - 4
70	العلاقات المحسوبة.	8 - 4
71	قيم معامل يونك E المحسوبة بالطرائق الساكنة	9 - 4
76	مقارنة السرعة الطولية المشبعة للمواقع الثلاث.	10 - 4
77	مقارنة السرعة القصية للمواقع الثلاث.	11 - 4
80	السرع والكثافة ومعاملات المرونة للموقع الاول للنماذج المشبعة.	12 - 4
81	السرع والكثافة ومعاملات المرونة للموقع الثاني للنماذج المشبعة.	13 - 4
82	السرع والكثافة ومعاملات المرونة للموقع الثالث للنماذج المشبعة.	14 - 4

88	قيم معامل المادة (Im) للمواقع الثلاث	15 – 4
89	قيم المعامل Ko للمواقع الثلاث.	16 – 4
91	معامل اللدونة ووصفها.	17 – 4
92	قيم المعامل ϕ للمواقع الثلاث.	18 – 4
93	قيم معامل اللدونة المحسوبة للمواقع الثلاث.	19 – 4

شكر وتقدير

الحمد لله الذي يفعل ما يشاء ولا يفعل ما يشاء غيره، الحمد لله كما يحب ان يحمد الحمد لله كما هو اهله...

وانا انهي جهدي المتواضع اتقدم بفائق الشكر والامتنان الى استادي الفاضل الدكتور سلمان زين العابدين لاشرافه واقتراحه مشروع البحث ومتابعته المستمره وتوجيهاته القيمة طوال مدة البحث. كما اتقدم بالشكر الى الاستاذ طارق صفاء الدين الذي مد يد العون خلال فترة انجاز الفحوصات المختبريه، شكري وامتناني الى اساتذتي في قسم علوم الارض والى رئاسة قسم علوم الارض وعمادة كلية العلوم في جامعة بغداد لتوفير مستلزمات الدراسة وانجاز البحث،

كما اشكر اخي وزميلي حسنين لمساعدته في انجاز العمل الحقلي وكذلك الاخوة المهندسين المشرفين على مقالع السمنت وكذلك اتوجه بالشكر الى رئاسة قسم هندسة النفط والزميل المهندس حسين في قسم هندسة النفط وكذلك الزميل احمد طالب والاستاذ سميره لمدهم يد العون في انجاز بعض الفحوصات المختبرية. وكذلك الشكر والتقدير الى رئاسة قسم الفيزياء وخصوصا الدكتور حارث الذي ساعدنا في اجراء الفحوصات السكونيه واخيرا لا يسعني الا ان اتقدم بالشكر الجزيل الى كل من ساهم في تقديم الدعم المادي والمعنوي لانجاز هذا البحث.

والله ولي التوفيق ...

المستخلص

دراسة الخواص الجيوتكنيكية بواسطة استخدام السرعة الزلزالية لصخور الحجر الجيري المستعمل في صناعة السمنت لثلاثة مواقع مختارة في محافظة السليمانية وهي: (سرجنار وطاسلوجة وبازيان)، جمعت النماذج الصخرية وعددها (30) نموذجا لكل موقع، وقطعت بشكل مكعب لمعرفة خاصية التماثل، استخدم جهاز الموجات فوق الصوتية لقياس السرعة الطولية والقصية وبثلاثة اتجاهات، وكانت السرعة الطولية للموقع الاول تتراوح بين (6287.9- 4522.5) م/ثا، والسرعة القصية تتراوح بين (2344.6-3446.9) م/ثا. اما في الموقع الثاني فكانت السرعة الطولية تتراوح بين (3925.5-5620.6) م/ثا، والسرعة القصية تتراوح بين (2802.1- 2231.8) م/ثا. بينما في الموقع الثالث السرعة الطولية تتراوح بين (4059.2-4803.4) م/ثا، والسرعة القصية تراوحت بين (2072.1-2658) م/ثا، فضلا عن قياس الكثافة لجميع النماذج. وتم حساب معاملات المرونة الديناميكية المختلفة ($E, K, \sigma, \mu, \lambda, Z, Im, k_0, \phi, Ip$) لكل موقع وكانت قيمة كل معامل تتراوح على النحو الاتي: ($E=56- 34GPa$) و ($K=42.6-31.4GPa$) و ($\sigma=0.31- 0.32$) و ($\mu=18.4-13.3GPa$) و ($\lambda=31-22.5GPa$) و ($z=1294 \times 10^3-1115 \times 10^3 kg/m^2 \cdot sec$) و ($Im=[-0.242]- [-0.27]$) و ($k_0=0.465-0.452$) و ($\phi=33-32$) و ($Ip=9.4-7.4$) فضلا عن قياس المسامية بواسطة الاجهزة المتوافرة في قسم هندسة النفط وبلغت اقل قيمة لها في الموقع الاول (2.4%) والموقع الثاني (3.8%)، واعلى قيمة في الموقع الثالث (6.19%). وتم التوصل الى العديد من العلاقات التي تربط بين السرعة الزلزالية ومعاملات المرونة المختلفة، وتم حساب معامل يونك السكوني Static لـ (9) نماذج وكانت قيمته تتراوح بين (1.2-13GPa)، وبعد اشباع النماذج بالماء لوحظ انخفاض السرعة الزلزالية وبنسبة (21%) للسرعة الطولية والقصية في الموقع الاول على التوالي. اما في الموقع الثاني فكانت نسبة الاختلاف (3%) للسرعة الطولية والقصية، بينما في الموقع الثالث فان السرعة تزداد لمعظم النماذج عند تشبعها بالماء بمقدار (5.5%) للموجتين الطولية والقصية.

1-1 تمهيد

أستخدمت طريقة الموجات فوق الصوتية لدراسة الصخور لأول مرة في يوغسلافيا سنة (1962)، وتطورت هذه الطريقة بسبب الحاجة الى معلومات تفصيلية حول نوعية الصخور كما انها كانت ضرورية لتطوير الطرائق الديناميكية التي تتضمن دراسة شاملة للصخور بالمقارنة مع دراسة الصخور بواسطة الطرائق الساكنة (static) (GRUJIC Nikola, 1974).

ان الفائدة الرئيسية من استخدام الموجات فوق الصوتية هو الحصول على سرع الموجات الطولية والقصية ومن ثم يمكن ايجاد معاملات المرونة للنماذج الصخرية التي لا تكون متطابقة مع المعاملات المحسوبة بالطرائق المختبرية الساكنة او الطرائق الزلزالية الحقلية كما أن التقييم للصخور بهذه الطريقة يعطي تصورا عن الخصائص الصخرية والتي تكون ملائمة لتقويم المؤثرات في السرع الزلزالية الناتجة من الاجهاد والتشبع بالماء التي بدورها تعتبر مهمة للتصميم الهندسي لكثير من المشاريع الهندسية (ASTM,1983).

من هنا تأتي اهمية هذا البحث لدراسة بعض الخواص الفيزيائية والجيوتكنيكية لصخور الحجر الجيري المستخدم في صناعة السمنت عن طريق قياسات السرع الزلزالية لكلا الموجتين الطولية والقصية بواسطة جهاز (NEW SONIC VIEWER) المتوافر في القسم.

2-1 اهداف الدراسة

1. دراسة بعض الخواص الجيوتكنيكية والفيزيائية للصخور الكلسية للمقالع الثلاثة.
2. دراسة التماثل وتحديد الاتجاه العام الاضعف للصخور في المقالع الثلاثة لمساعدة العاملين في المقالع في قلع اكبر كمية من الصخور باقل كلفة ممكنة سواءا كانت جافة ام رطبة.
3. التوصل الى العلاقات الرياضية بين السرع الزلزالية وبعض معاملات المرونة المختلفة.
4. دراسة معاملات المرونة الساكنة ومقارنتها مع المعاملات الحركية.

3-1 منطقة الدراسة**1-3-1 موقع منطقة الدراسة**

تقع منطقة الدراسة في محافظة السليمانية شمال العراق ضمن نطاق الطيات العالية بين دائرتي عرض ($35^{\circ}35'$) و ($35^{\circ}25'$) شمالا، وخطي طول ($45^{\circ}35'$) و ($45^{\circ}20'$) شرقا الشكل (1-1) .

حيث تم جمع النماذج من ثلاثة مواقع وهي: موقع سرجنار بالقرب من معمل سمنت سرجنار وموقع طاسلوجه قرب معمل سمنت طاسلوجه ومقلع بازيان الواقع على الطريق الذي يصل بين محافظتي سلیمانیه وكرکوك .

2-3-1 تكتونية وتركيبية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن نطاق الطيات العالية (High Folded Zone) الذي يغطي مساحة واسعة من اقليم كردستان والممتد من منطقة زاخو في الحدود التركية في الشمال الغربي من العراق وصولاً الى الجنوب الشرقي للحدود الايرانية، (Jassim&Goff,2006) ويتصف بكونه معقد التركيب تكتونيا بسبب النهوض الذي حصل في العصر الكريتايسي والذي بلغ ذروته في نهاية العصر العصر الثلاثي (Buday&Jasim,1987). تتميز التراكيب في هذا النطاق بكونها طويلة الامتداد وعالية الارتفاع نسبياً وهي عبارة عن طيات محدبة غير متناظرة (Asymmetrical) في اغلب الاحيان ترافقها صدوع معكوسة على طول الجوانب الجنوبية او الجنوبية الغربية. ان اغلب الطيات المحدبة هي من النوع الصندوقي ترافقها طيات عدة مقعرة تكون ضيقة ومتراكبة جزئياً مع الطيات المحدبة، وفي بعض المناطق تكون هذه الطيات واسعة وتغطيها ترسبات العصر الثلاثي (Jassim&Goff,2006) الشكل (2-1) يبين خارطة تكتونية لنطاق الطيات العالية.

3-3-1 جيولوجية منطقة الدراسة

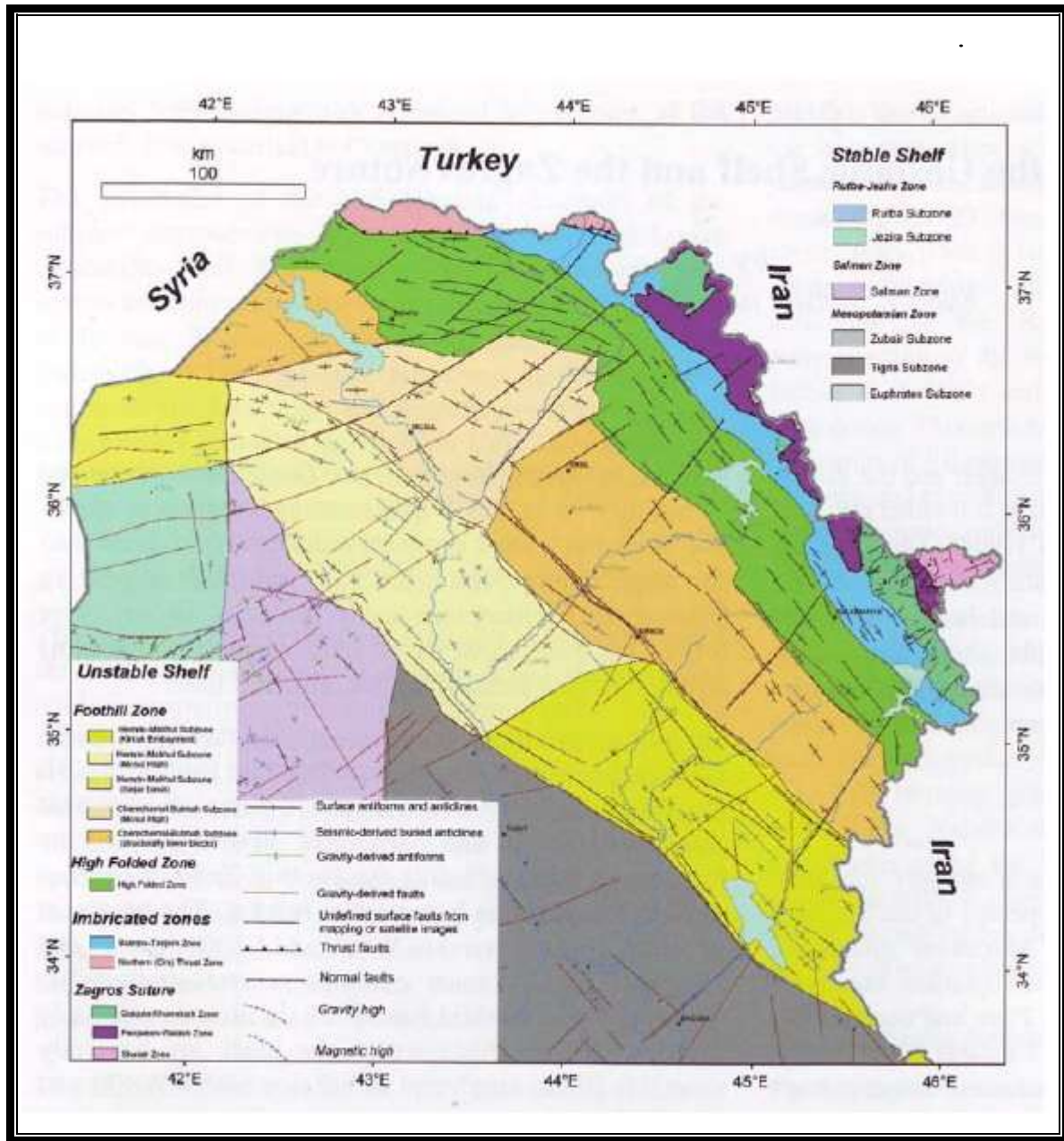
توجد في منطقة الدراسة مجموعة من التكاوين التي يمكن توضيحها بصورة مرتبة من الاقدم الى الاحدث وكما يلي:

1- تكوين بلمبو (Balambo Formation)

ينكشف هذا التكوين في وادي سيروان وقد غمرت اجزاء منه في بحيرة دربندخان، لكنه بصورة اساسية يتألف من طبقات رقيقة من الحجر الجيري الصلصالي ذي اللون الفاتح حاوياً على مستحاثات الراديولاريا والامونايت ومستحاثات اخرى وان التكوين واسع الانتشار في المنطقة الجبلية، كما انه يمتد في المنطقة المتموجة. الاجزاء العليا من هذا التكوين قد عدت ذات عمر كمباني أسفل (السباب وآخرون 1982) .



شكل (1-1) خارطة العراق موضح عليها منطقة الدراسة (website:geolgy.com).



شكل (2-1) خارطة تكتونية لنطاق الطيات العالية محورة من (Buday and Jasim,1984) بعد (Jassim and Goff,2006).

2- تكوين كوميتان (Kometan Formation)

يعود هذا التكوين الى دورة الترونيان وينتشر بصورة واسعة في وسط وشمال العراق، وقد وصف هذا التكوين لأول مرة من قبل (Dunning ton,1953) حيث المقطع النموذجي يظهر في قرية كوميتان ما بين نطاقي الفوالق الزاحفة والطيات العالية ، يتكون هذا التكوين من طبقات من الحجر الجيري ذي اللون الرمادي الفاتح والحجر الجيري الكلوبوجيرايني، كما توجد السليكا منتشرة بصورة محلية في هذا التكوين وبالقرب من منطقة عين زالة يلاحظ انتشار لحجر الصوان العفدي والدولومايت (Jassim & Goff,2006). بينما توجد الصخور الملحية في منطقة مكحول و ابار سامراء (Johnson,1961). يمتد هذا التكوين على مناطق واسعة من وسط وشمال وشمال شرق العراق السمك الكلي لهذا التكوين يتراوح ما بين (100 — 120م)، بينما يصل الى (300م) بين قره چوق وحميرين والسحنات الرسوبية لهذا التكوين تدل على انه ترسب في بيئات مختلفة تتحدد من البيئة النثرية وتمتد باتجاه البحر المفتوح، كما ان الحدود العليا والسفلى لهذا التكوين هي سطوح عدم توافق (Kassab & Jassim,1980) .

3- تكوين شرانش (Shiranish Formation)

يتميز هذا التكوين بكونه اكثر الوحدات العائدة لدورة (الكامبانيان — الماسترختيان) انتشارا في العراق فضلا عن انتشاره في بعض الاقطار المجاورة ،اكتشف هذا التكوين لأول مرة من قبل (Henson, 1951) في الطيات العالية شمال العراق قرب قرية شرانش شمال شرق زاخو، وهو يتكون من طبقات المارل الزرقاء وطبقات نحيفة من الحجر الجيري الطيني (Marley limestone) في الجزء السفلي منه. سمك التكوين في بعض المقاطع يصل الى (255م) بينما في مقاطع اخرى يتراوح ما بين (100 — 400م)، البيئة الترسيبية لهذا التكوين هي بيئة البحر العميق المفتوح (Kassab & Jassim,1980) .

4 - تكوين التانجرو (Tanjero Formation)

وصف هذا التكوين من قبل (Dunnington,1953) الذي عده المثال النموذجي من بين التكاوين الممثلة لمنطقة المايوجيوسنكلالين في العراق ، المقطع النموذجي لهذا التكوين ينكشف في وادي سيروان جنوب شرق السليمانية ويوصف تركيبيا ضمن نطاق التداخل وسمك التكوين يكون متغيرا بصورة واضحة ، والسطح السفلي يكون متوافقاً مع الشرانش، اما السطح السفلي فيكون

سطح توافق في بعض المناطق مع طبقات السويس الحمراء، اما عمر التكوين فهو الكامبانيان — الماسترختيان (Kassab&Jassim,1980) .

5 - تكوين عقرة بخمة (Agra / Bekhme Formation)

وصف هذان التكوينان لأول مرة على انهما تكوينان مستقلان الا ان الادلة الحالية لا تستوجب فصلهما وان كلا الوحدتين مكونان من صخور جيرية شعابية وصخور جيرية شعابية ضحلة، اما المستحاثات الموجودة فهي مكونة من السرثيات كما في تكوين الهارثة وان ماسمي بتكوين هدانية هو الاخر قد يكون الجزء الكامباني من هذه المجموعة (السياب واخرون 1982) .

6 - تكوين سنجار (Sinjar Formation)

هذه الوحدة الواسعة الانتشار وصفت لأول مرة في جبل سنجار (قرية ماميسا) ويصفها الـ (Lexique) على انها مكونة من حجر جيرى بيدي اوصاف سحنة الشعاب الطحلبية او سحنة لاغونية مليونية او سحنة ضحاضح النميولايت التي تكون صخور معادة التبلور وفي بعض مقاطعها قد تندلمت هذه الصخور، اما المستحاثات فقد ادرج (Belen, etal., 1959) قائمة طويلة من الفورامنيفرا الكبيرة والطحالب.

العمر لهذا التكوين هو الباليوسيني الاعلى — الايوسيني الاسفل بينما في المناطق المتموجة قد يكون الايوسيني فقط ، في اغلب الحالات الحد الاسفل سطح عدم توافق فوق تكوين الشيرانش، اما السطح العلوي ففي اغلب الحالات قد يكون الحد الفاصل هو عدم توافق مع تكوين الجدالة او تكوين الجركس، وسمك التكوين في المقطع النموذجي يصل الى (176م) بينما في المناطق الاخرى يكون عادة متغير ما بين (100 — 200م) (Kassab & Jassim 1980) .

7 - ترسبات العصر الرباعي (Quaternary sediments)

تتكون من الشرفات النهرية فضلا عن ان تكون الطيات المحدبة والمقعرة جعل في الامكان تعرية الحروف الجبلية العالية وترسيبها في الطيات المقعرة على شكل مراوح غرينية او غيرها من الترسبات، كما انها تكون طبقات من المدملكات التي تكون عدم توافق زاوي في اغلب الاحيان مع تكوين البختياري الاسفل والاعلى (السياب واخرون 1982) .

1-4 الدراسات السابقة1-4-1 الدراسات العالمية

هناك الكثير من الدراسات العالمية التي تخص السرعة الزلزالية ومعاملات المرونة الا انه نذكر بعض من هذه الدراسات وكما يلي :

درس (Vijaya Raghava, 1977) سرعة الموجات الطولية والمستعرضة لصخور الكرانيت في منطقة (Hyderabad) في الهند وكانت السرعة الطولية تتراوح ما بين (5500 m/s - 4800) للنماذج الصخرية المصقولة (Fresh) بينما للنماذج المتجوية فإنها تتراوح بين (1100 - 2500m/s) ، كما تمكن من حساب نسبة بوسان وكذلك معامل يونك من المعادلة التي تربط بين السرعة الطولية ومعامل يونك.

$$E = 4.27 - 2.11 \log Vp \dots\dots(1-1)$$

اذ ان :

Vp : السرعة الطولية

E : معامل يونك

قام (Roplee et al., 1994) بدراسة الخواص الجيوتكنيكية لبعض الصخور والتراب عن طريق قياس سرعة الموجات القصية بطريقة قياس السرعة الزلزالية عبر الابار. استخدم (Lynn and Booth, 1989) معلومات السرعة القصية المسجلة في داخل الابار التي تحتوي على معلومات اكثر من السرعة الطولية وعدها اداة جيدة في تحديد الكسور ومواصفات الممكن.

قام (Duncan and Devane, 1982) بدراسة الخواص الجيولوجية والجيوتكنيكية لتقدير استقرار الصخور في الطبقات المائلة والانفاق.

استقصى (Domonico, 1984) سرعة الموجات الطولية على مجموعة من النماذج المشبعة لصخور الحجر الرملي والكلسي واستفاد منها في تحديد المسامية حيث كانت تتراوح ما بين

(0.092) و (0.299) للجر الرملي ومن (0.006) الى (0.229) للجر الكلسي باستخدام العلاقة الخطية بين السرعة والمسامية (Time Average Equation) التي اقترحت من قبل بكت (Pickett) وهي:

$$1/V = A + B.n \dots\dots (2-1)$$

اذ ان:

V: السرعة الطولية او القصية

n: المسامية

A, B: ثوابت المعادلة.

استخدم (Bulloch, 1991) المعلومات الزلزالية في التحري عن التكاوين الجيولوجية الحاملة للنفط وتمكن من تحديد الخواص المكمنية بوساطة الموديلات الزلزالية الخاصة بهذا الغرض.

قام (Blangy et al.1993) بدراسة التغيرات في معاملات المرونة المحسوبة من السرعة الزلزالية والكثافة للجر الرملي التي تعكس التغير الحاصل في الصخرة ومساميتها والسائل المسامي واستنتج ان النسبة ما بين السرعة الطولية والقصية (V_p/V_s) تزداد مع زيادة المسامية.

استخدم (De ,et al.1994) تقنية الجس البئري وطريقة المقطع الزلزالي العمودي (VSP)، وقارن بين سرعة الموجات الطولية والقصية وكذلك معامل النوعية للصخور لخمسة ابار مختارة في كاليفورنيا وتكساس على التوالي، ووجد ان زمن القطع بطريقة المسح الزلزالي العمودي اكبر منه لطريقة الجس البئري بمقدار يتراوح بين (1%) و(2%) بالنسبة للسرعة القصية، بينما يصل الى (6%) او (7%) للسرعة الطولية في البئر الاول (كاليفورنيا)، اما الابار الاخرى فان النسبة تكون (6%) للموجة القصية و(2.5%) للموجة الطولية .

درس (Remy et al.,1994) مجموعة من نماذج الحجر الجيري المشبعة بالماء بعملية التفريغ (Vacuum) بوساطة تقنية الموجات فوق الصوتية لقياس السرعة الطولية وبدرجة حرارة

تحت الصفر واستنتج التحورات الحاصلة في حجم الفراغات كما انه تمكن من المقارنة بين السرعة الطولية ومعامل النوعية قبل وبعد الانجماد.

استطاع (Berge, et al.1995) تحضير مجموعة من النماذج للحجر الرملي ذات مسامية تتراوح بين (1%) و(43%) ودرسها بوساطة تقنية الموجات فوق الصوتية في حالتها الجافة والاشباع وقارن بين سرعة الموجات الزلزالية لتلك النماذج والحجر الرملي الاعتيادي، واستنتج انها كانت نوعا ما متطابقة والسبب هو تأثير المسامية في السرعة الزلزالية .

درسا (Techelaar and Luik,1995) السرعة للموجات الزلزالية الطولية والقصية بطريقة الجس داخل الابار للتحري عن التكاوين تحت السطحية واستنتجا ان استخدام زوج من الاقطاب داخل البئر يعطي نتائج افضل فيما لو كان احد الاقطاب داخل البئر والاخر على السطح، ووجدا ان سرعة الموجات الطولية والقصية للحجر الرملي الذي مساميته تصل الى (35%) هي (4650 m/s) و(2150 m/s) على التوالي.

تمكنا (Potter and Fottinek,1997) من حساب معاملات المرونة (نسبة بوسان، والمعامل الحجمي، ومعامل الصلادة، والثابت اللامي، ومعامل يونك) بوساطة معلومات السرعة الزلزالية والكثافة، كما انهما استخدمتا النسبة (Vp/Vs) لمعلومات ابار اخرى موجودة في المنطقة نفسها لكي تمكنهما من حساب السرعة القصية .

درسا (Manificat and Guegen,1998) سرعة الموجات الزلزالية الطولية والقصية وعلاقتها مع التركيب الصخري والمسامية وتأثير معامل الصلادة في السرعة الزلزالية فضلا عن استنتاج النسبة (Vp/Vs) وكان مقدارها (1.56)، بينما نسبة بوسان تتغير من (0.14) الى (0.15) .

استخدم (Betzle and Castagna, 1999) الموجات فوق الصوتية وعلاقات الجهد — الاجهاد في حساب السرعة الطولية والقصية لمجموعة من النماذج الصخرية ابعادها (2.54cm)،

(5cm) قطر - طول على التوالي حيث حسبت السرعة الطولية من الموجات فوق الصوتية، اما السرعة القصية تم الحصول عليها من معاملات المرونة المحسوبة بواسطة علاقة الجهد — الاجهاد.

استخدم (Sun et al., 2000) تقنيات السرعة الزلزالية لثلاثة مواقع وقارن بين نسب التوهين لكلا الموجتين الطولية والقصية التي تساعد في معرفة واستنباط الخواص للصخور المكمية مثل النفاذية والكسور وغيرها.

1 - 4 - 2 الدراسات داخل القطر

درس (Alsinawi, 1973) سرعة الموجات الزلزالية الطولية والقصية لانواع عدة من الصخور عن طريق قياس زمن مرور الموجة المنقلة خلال النموذج الاسطواني الشكل ، كما انه قام بحساب معامل يونك ونسبة بواسان للنماذج بالطريقة الديناميكية والساكنة (Static)، وتبين ان القياسات الديناميكية تختلف عن القياسات الستاتيكية لمعامل يونك بينما تعطي كلا الطريقتين نتائج متقاربة لنسبة بواسان .

قام (خورشيد، 1986) باستخدام الطريقة الانكسارية وتمكن من حساب معاملات المرونة من السرعة الزلزالية التي حصل عليها بهذه الطريقة وقيم الكثافة المقاسة في المختبر لموقع هندسي جنوب بغداد وحدد مناطق الضعف والفجوات التي تكون السبب في حصول الهبوط لبعض المنشآت.

اجرى (السلطاني، 1986) دراسة للتقويم الجيوتكنيكي المختبري للصخور في منطقة ختي شمال العراق حيث تم اجراء الفحوصات البتروفيزيائية والفحوصات الديناميكية التي استنتج من خلالها نوع وكثافة الشحنة المستخدمة في التفجير ، كذلك توقع قيمة المقاومة القصية وزاوية الاحتكاك الداخلي، وتم ايضا اشتقاق علاقات مختلفة ما بين كل صفتين من الصفات الجيوتكنيكية المختلفة .

اجرى (Hamdi et al., 1989) قياسات مختبريه للسرعة الزلزالية الطولية والقصية المحسوبة من سرعة الموجات فوق الصوتية وقارنها مع معاملات المرونة الديناميكية لـ (81) نموذجاً صخرياً رسوبياً في شمال العراق ، وتمكن من استنتاج علاقة خطية تربط بين المعاملات

الديناميكية واستنتج انه من الممكن حساب معاملات المرونة موقعيا بوساطة قياسات السرعة الزلزالية.

استخدم (خورشيد، 1994) الطريقة الانكسارية وطريقة الموجات فوق الصوتية في موقع سد العظيم حيث اعطت الطريقة الزلزالية الانكسارية سرعة الموجات الطولية والقصية للطبقات الاربع وكانت معدلاتها هي: (431— 869m/s)، و (808—1596 m/s)، و(1063—2083m/s)، و(1131- 2285m/s) للطبقات الاربع على التوالي. بينما الموجات فوق الصوتية فقد اعطت معدل السرعة الطولية والقصية للوحدات الصخرية للموقع حيث كانت (1922 m/s) و(1055 m/s) على التوالي، وتمكن من حساب معاملات المرونة والخواص الفيزيائية والهندسية للنماذج كافة بعد قياس الكثافة.

تمكن (Jassim et al., 1996) من ايجاد بعض العلاقات الاحصائية للمسامية والنفاذية بدلالة الخصائص الصخرية الفيزيائية والديناميكية لتكوين الخصب في حقل شرق بغداد، واخذت القياسات على (71) سداة (Plug) لغرض تعيين المسامية والنفاذية وكثافة الحبيبات فضلا عن قياس السرعة الطولية والقصية وكذلك الممانعة الصوتية وبعض من معاملات المرونة باستخدام الكثافة الكلية.

قام (الصالح، 1999) باستنباط بعض الخصائص الجيوتكنيكية باستخدام الموجات الزلزالية المنكسرة الطولية والمستعرضة لمواقع مختارة بين منطقتي بيجي وسامراء حيث طبقت الطريقة الانكسارية لاربع مواقع مختارة وتم ايجاد السرعة لكلا الموجتين وكذلك العمق للطبقات، ومنها تم حساب بعض الخصائص الجيوتكنيكية وسعة التحميل القصوى لمنطقة الدراسة .
درس (الفهداوي، 2000) سرعة الموجات الطولية والمستعرضة باستخدام الطرائق الزلزالية الانكسارية لموقع اثري في المدائن جنوب بغداد، وتمكن من حساب بعض المعاملات الجيوتكنيكية وتحديد مناطق الضعف في تلك المنطقة .

تمكن (الخفاجي، 2004) من دراسة بعض الخصائص الجيوتكنيكية باستخدام الموجات الزلزالية المنكسرة الطولية والمستعرضة لموقع تربة اسس مشروع ماء الحسين — كربلاء،

واستطاع تحديد مناطق الضعف والفجوات المنتشرة في التربة في الجهة الشمالية فضلا عن تحديد منسوب المياه الجوفية .

استخدمت (Kuttah, 2004) جهاز الموجات فوق الصوتية لتحديد سرعة الموجات الطولية والمستعرضة لمجموعة من نماذج الترب الجبسية المأخوذة من ارضية الطرائق في مدينة كركوك وتمكنت من حساب معامل يونك بعد معرفة الكثافة باستخدام العلاقة :

$$E = [\rho Vs^2 (3Vp^2 - 4 Vs^2)] / (Vp^2 - Vs^2) \dots\dots\dots (3-1)$$

إذ ان :

E : معامل يونك.

VP : السرعة الطولية.

Vs : السرعة المستعرضة.

ρ : الكثافة

اجرى (علي، 2004) دراسة للصخور الكلسية والرملية في منطقة شقلاوة — اربيل في شمال العراق باستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية مختبرياً، وتمكن من قياس السرعة الزلزالية الطولية والمستعرضة ومنها حسب معاملات المرونة الديناميكية بعد معرفة الكثافة ، كما اختبر تأثير التشبع في السرعة الزلزالية واستنتج ان تأثيره ادى الى انخفاض السرعة الزلزالية في الصخور الرملية بنسبة اكبر عما هي عليه في الصخور الكلسية .

اجرى (امين، 2004) دراسة جيوفيزيائية لصخور تكوين الفرات الجيري لمجموعة من النماذج الماخوذة من عشرة ابار تم حفرها من شركة المسح الجيولوجي حيث استخدم جهاز الموجات فوق الصوتية لقياس السرعة الزلزالية للموجة الطولية والمستعرضة والاستفادة منها في حساب معاملات المرونة وبعض الخواص الجيوتكنيكية واستنتج من خلال تلك القياسات وجود مناطق ضعف في الابار في اماكن متباينة وتحت اعماق مختلفة ، كما انه استطاع حساب المعدل الرياضي العام للممانعة الزلزالية ومن ثم استنباط نوعية المتفجر الملائم لصخور الموقع فضلا عن حساب معامل يونك الساكن ومقارنته مع معامل يونك الحركي واستنتج ان قيمة المرونة الحركية تبلغ (2.37) من المرونة الساكنة .

1 - 5 النسبة المئوية لـ (CaCO₃) (MgO)

تم الحصول على بعض المعلومات من المهندسين والجيولوجيين والكيميائيين العاملين في تلك المقالع التي تخص النسب المئوية المختبرية للتحاليل الكيميائية للمقالع الثلاثة لمكونات الصخور الكلسية في المواقع الثلاثة (Ahmad, 2007) الجدول (1-1).

جدول رقم (1 - 1) النسب المئوية لكاربونات الكالسيوم واوكسيد المغنسيوم .

النسبة المئوية لـ (MgO)	النسبة المئوية لـ (CaCO ₃)	التكوين الجيولوجي	اسم المقلع
12% — 15%	80% — 88%	كوميتان	سرجنار
5% — 10%	82% — 93%	سنجار	طاسلوجة
اقل من 5%	91% — 98%	سنجار	بازيان

1-2 تمهيد

تعد الموجات الزلزالية عنصر القياس الاساسي في الاستكشاف الزلزالي، ولفهم سلوك هذه الموجات وتقويم المعلومات المستحصلة منها وتضمينها بمفهوم جيولوجي يجب ان نتعرف على المبادئ الفيزيائية الاساسية التي تميز وتتحكم بتقدم هذه الموجات وهي : مصدر توليد هذه الموجات، وتقدمها ، وامتصاصها من قبل الاوساط التي تمر فيها، وكيفية انتقالها، وانكسارها وانعكاسها على الطبقات التي تعترضها.

بصورة عامة يشار للموجات الزلزالية على انها موجات مرنة لانها تسبب تشويه للوسط الذي تسير فيه بصورة مشابهة لعملية تمدد الاشرطة المرنة ، وهذا التشويه يتكون من سلسلة من التضاضط والتخلخل لجزيئات ذلك الوسط استجابة للقوى او الاجهاد الذي تسلطة الموجة في اثناء انتقالها (Dobrin 1976).

2 - 2 نظرية المرونة

يمكن تعريف المرونة على انها خاصية من خواص الوسط الصخري التي تمثل المقاومة التي يبديها الجسم للقوى المؤثرة في حجم وشكل ذلك الجسم ، وبما ان الطرائق الزلزالية تعتمد اساسا على تقدم الموجات في الاوساط المرنة فان فهم سلوك هذه الموجات يتطلب ضرورة التعرف على المعاملات التي تصف الخصائص المرنة للوسط الذي تنتشر خلاله تلك الموجات .

النظرية التي تبحث في مسائل المرونة تستند بشكل اساسي على العلاقة بين القوى الخارجية ونتائج التغيرات في الشكل والحجم اذ ان الجسم يعود الى شكله وحجمه الاصلي، وهذه يمكن التعبير عنها بصيغ واشكال مختلفة التي يطلق عليها معاملات المرونة وهذه الاخيرة لا تكون ثابتة لصخرة معينة او وسط معين، اما طبيعة الاوساط التي تتقدم فيها الموجات فهي اما ان يكون وسطاً صلباً (Solid medium) او وسطاً مائعاً (Fluid) او يكون وسطاً صلباً مشبعاً بالسائل (Saturated medium) .

عندما نريد دراسة وسط الموديلات الرياضية عادة نفترض انه وسط متجانس (Homogenous) ومتساوي الخصائص في جميع الاتجاهات (Isotropic) والا فان تقدم الموجه سيصبح معقدا ولا يمكن فهمه ، ويسهل هذا الافتراض عمليا في تفسير التأثيرات المقاسة بدلالة الانحرافات عن الظروف المنتظمة التي تحدث داخل الارض وغالبا ما يعبر عن هذه التأثيرات بدلالة مفهومي الجهد والاجهاد (Sharma,1986) .

Stress 1 - 2 - 2

يمكن تعريف الجهد انه القيمة المحددة للنسبة التي تمثل مقدار القوة المسلطة على وحدة المساحة ويقاس بوحدة (N/m²) ويمكن التعبير عن الجهد بالصيغة الرياضية الاتية :

$$S = F/A \quad \dots\dots\dots (1 - 2)$$

اذ ان :

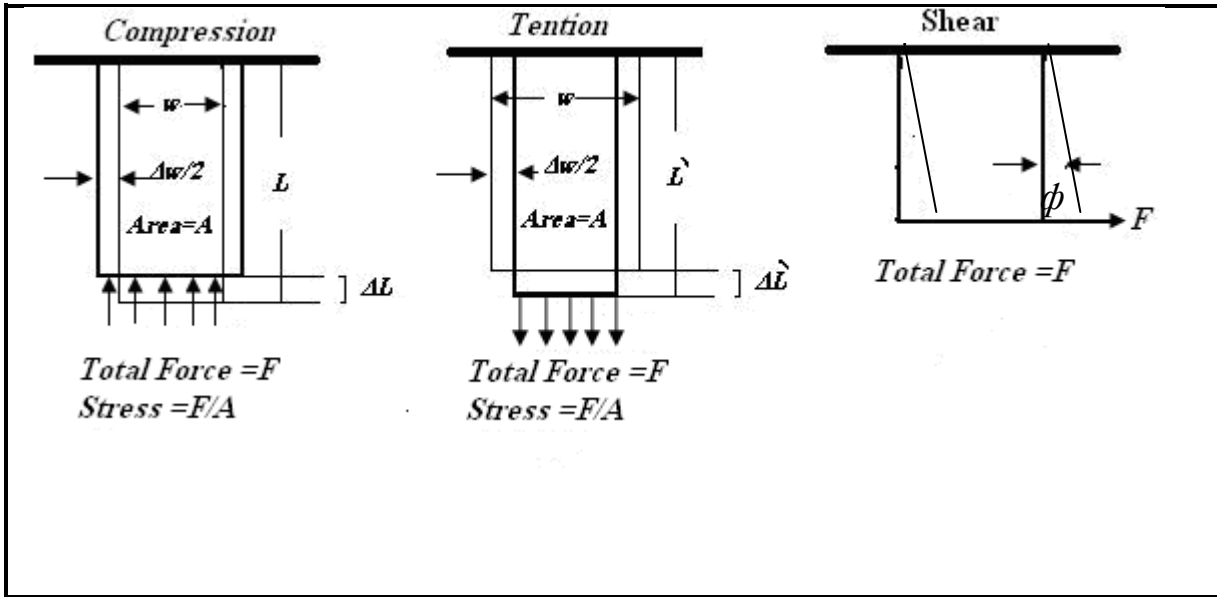
S: الجهد.

F: القوة المسلطة وتقاس بوحدة النيوتن او الداين.

A: المساحة وتقاس بالمتر او السنتيمتر مربع.

هنالك انواع عدة من الجهد فاذا كانت القوة المسلطة عمودية على وحدة المساحة فانه يسمى الجهد العمودي (Normal Stress) وهذا اما ان يكون جهدا تضاعطيا (Compressive Stress) اذا كان اتجاه القوة من الخارج نحو الجسم، او يكون جهدا شديا (Tensile Stress) اذا كانت القوة من الجسم باتجاه الخارج .

اما في حالة كون القوة المسلطة موازية للسطح فيسمى جهدا قصيا (Shearing Stress) وكل هذه الانواع التي ذكرت تؤدي الى تغيير في شكل الجسم فالجهد الشدي يؤدي الى استطالة الجسم، والجهد التضاعطي يؤدي الى نقصان طول الجسم، اما الجهد القصي فانه يؤدي الى تشويه الجسم بزاوية التشويه (ϕ) كما في الشكل (1 - 2) (Dobrin,1960)(فتوحى، 1982).



شكل (1 - 2) العلاقة بين الجهد والاجهاد.

2-2-2 الاجهاد Strain

يعرف الاجهاد انه النسبة بين التغير بالطول الى الطول الاصلي لجسم معين بسبب الجهد المسلط على ذلك الجسم ويكون مجردا من الوحدات، وتوجد ثلاثة انواع من الاجهاد اعتمادا على اتجاه الجهد ، اذا كان جهداً شديداً فان الاجهاد الناتج منه يسمى الاجهاد الطولي (Longitudinal Strain)، اما اذا كان جهداً تضاعفياً فيسمى الاجهاد الناتج بالاجهاد المستعرض (Transverse Strain)، واخيرا الاجهاد القصي (Shearing Strain) الناتج من الجهد القصي وحسب المعادلات الاتية : (Sharma, 1986)(Sjogren,1984)(Dobrin,1960).

$$\text{Longitudinal Strain} = \Delta L/L \quad \dots\dots\dots (2 - 2)$$

اذ ان :

ΔL : التغير بالطول.

L: الطول الاصلي.

$$\text{Transverse Strain} = \Delta W/W = EW \quad \dots\dots\dots (3 - 2)$$

ΔW : التغير بالعرض.

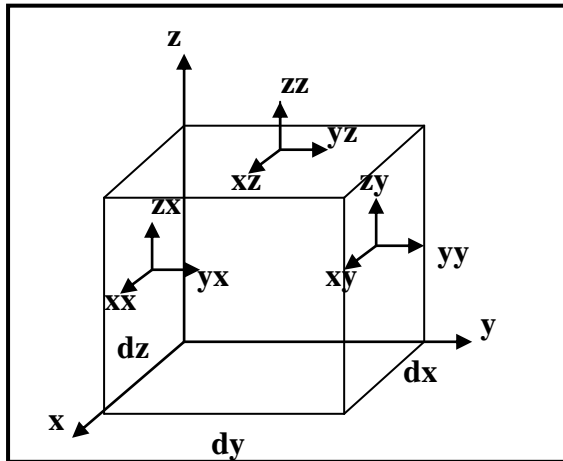
W: العرض الاصلي.

$$\text{Shearing Strain} = \phi \quad \dots\dots\dots (4 - 2)$$

ϕ : زاوية التشويه.

2-3 علاقة الجهد - الاجهاد Stress – Strain Relation

يتناسب الجهد مع الاجهاد في الاجسام المرنة تناسباً طردياً ويعبر عن تلك العلاقة بما يسمى بقانون هوك (Hook's Law) الذي يمكن كتابته بالشكل الاتي : (Sjogren,1984)



شكل (2-2) رمز الجهد لجسم في الابعاد الثلاث.

$$\begin{aligned}
 S_{xx} &= C_{11}\epsilon_{xx} + C_{12}\epsilon_{yy} + C_{13}\epsilon_{zz} + C_{14}\epsilon_{xy} + C_{15}\epsilon_{yz} + C_{16}\epsilon_{zx} \\
 S_{yy} &= C_{21}\epsilon_{xx} + C_{22}\epsilon_{yy} + C_{23}\epsilon_{zz} + C_{24}\epsilon_{xy} + C_{25}\epsilon_{yz} + C_{26}\epsilon_{zx} \\
 S_{zz} &= C_{31}\epsilon_{xx} + C_{32}\epsilon_{yy} + C_{33}\epsilon_{zz} + C_{34}\epsilon_{xy} + C_{35}\epsilon_{yz} + C_{36}\epsilon_{zx} \\
 S_{xy} &= C_{41}\epsilon_{xx} + C_{42}\epsilon_{yy} + C_{43}\epsilon_{zz} + C_{44}\epsilon_{xy} + C_{45}\epsilon_{yz} + C_{46}\epsilon_{zx} \\
 S_{yz} &= C_{51}\epsilon_{xx} + C_{52}\epsilon_{yy} + C_{53}\epsilon_{zz} + C_{54}\epsilon_{xy} + C_{55}\epsilon_{yz} + C_{56}\epsilon_{zx} \\
 S_{zx} &= C_{61}\epsilon_{xx} + C_{62}\epsilon_{yy} + C_{63}\epsilon_{zz} + C_{64}\epsilon_{xy} + C_{65}\epsilon_{yz} + C_{66}\epsilon_{zx}
 \end{aligned}
 \tag{5-2}$$

حيث تمثل المعاملات اعلاه ثوابت المرونة للمادة وهذا يتطلب ان تكون طاقة الاجهاد المرنة دالة مفردة للاجهاد (والذي يتطلب ان $C_{ji} = C_{ij}$ لجميع i, j) وعدد المعاملات غير المعتمدة الى 21، واذا كانت المادة موحدة الخواص (Isotropic) فانه يجب ان تكون المعاملات غير معتمده على الاتجاه، اذ ان : (Kramer,1996)

$$\begin{aligned}
 C_{12} &= C_{21} = C_{13} = C_{31} = C_{23} = C_{32} = \lambda \\
 C_{44} &= C_{55} = C_{66} = \mu \\
 C_{11} &= C_{22} = C_{33} = \lambda + 2\mu
 \end{aligned}
 \tag{6-2}$$

وتكون كل الثوابت الاخرى مساوية للصفر، لذا يسمح قانون هوك للمادة الموحدة الخواص والمرنة بالتعبير عن كل المركبات للجهد والاجهاد وبمصطلحي ثابتي لاما

$$\begin{aligned}
 S_{xx} &= \lambda \underline{\epsilon} + 2\mu \epsilon_{xx} \quad , \quad S_{xy} = \mu \epsilon_{xy} \\
 S_{yy} &= \lambda \underline{\epsilon} + 2\mu \epsilon_{yy} \quad , \quad S_{yz} = \mu \epsilon_{yz} \\
 S_{zz} &= \lambda \underline{\epsilon} + 2\mu \epsilon_{zz} \quad , \quad S_{zx} = \mu \epsilon_{zx}
 \end{aligned}
 \tag{7-2}$$

: μ و λ (Two Lamé's Constants)

اذ ان $\underline{\epsilon}$ يمثل الاجهاد الحجمي (Volumic strain) والذي يكون مساويا الى : (Kramer,1996)

$$\underline{\epsilon} = \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz} \tag{8-2}$$

ويوجد هناك عدد من المعاملات الاخرى لوصف سلوك الجهد — الاجهاد للمواد المرنة والموحدة الخواص وكل منها يمكن التعبير عنه بثابتي لاما (λ و μ) ، ويكون بعض من هذه المعاملات الاكثر شيوعا ما يلي: (Kramer,1996) .

1- معامل يونك Young's Modulus

عند تسليط جهد شدي او تضاعطي على جسم معين فان الاجهاد الناتج وان كان صغيرا الا انه يتناسب تناسبا طرديا مع الجهد وثابت التناسب هذا يدعى معامل يونك كما في المعادلة الاتية :

$$S = E \varepsilon \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

اذ ان :

S: الجهد.

E: معامل يونك والذي يمثل ثابت التناسب.

ε : الاجهاد (التشوية) .

تكون قيمة معامل يونك عالية للمواد الصلبة وتقل كلما قلت صلابة المواد الا ان معدلته تتراوح قيمته بين (10 - 100 Gpa) لمعظم الصخور في الطبيعة ويعتبر خاصية محددة للمادة الصلبة وهي تتغير بين صخرة واخرى (Dobrin,1976) .

2- معامل القص Shear Modulus

في حالة كون الجسم تعرض الى جهد قصي (Shear Stress) فنلاحظ ان ذلك الجهد يتناسب مع الاجهاد القصي (Shearing Strain) حتى ولو كانت قيمة التشويه او الاجهاد قليلة؛ ان حقيقة كون $\mu=0$ للسوائل والغازات (الموائع) تكون ذات فائدة عظمية حيث ان السرعة الزلزالية تتاثر جدا ب (μ) وعليه فان: (Sharma,1986).

$$S_{sh} = \mu \phi \quad \dots\dots\dots (10-2)$$

اذ ان :

μ : ثابت التناسب (معامل القص).

ϕ : الاجهاد القصي.

S_{sh} : الجهد القصي.

وبصورة عامة فان معامل القص لاغلب المواد يمثل نصف قيمة معامل يونك او اكثر من النصف بقليل (Dobrin,1976) .

3- المعامل الحجمي Bulk modulus

لو كان عندنا جسم معين ذو حجم (V) فعند تسليط جهد انضغاطي متساوٍ من الجهات اجمع فان حجم ذلك الجسم سوف يقل بمقدار (ΔV)، وبذلك يمكن تعريف المعامل الحجمي انه النسبة ما بين الجهد الانضغاطي (Compressive Stress) الى التغير الجزئي في الحجم . ويمكن التعبير عنه بالصيغة الرياضية الاتية: (Dobrin,1976) .

$$K = \frac{S}{\Delta V/V} \quad \dots\dots\dots (11 - 2)$$

اذ ان :

K : المعامل الحجمي.

S : الجهد الانضغاطي.

$\Delta V/V$: التغير بالحجم.

يقاس المعامل الحجمي بوحدة الـ باسكال = N/m^2 ، وزيادة هذا العامل تعني زيادة قابلية الصخرة للضغط المسلط عليها وهناك معامل اخر يطلق عليه الانضغاطية (Compressibility) وهو عكس المعامل الحجمي (Dobrin,1960) .

$$\beta = 1/k \quad \dots\dots\dots (12 - 2)$$

اذ ان :

β : الانضغاطية .

K : المعامل الحجمي.

4 - نسبة بوسان Poisson's Ratio

عند تعرض الجسم الصخري الى جهد شدي او جهد تضاغطي فانه في كلا الحالتين يعاني من حصول تشويه في الاتجاه الموازي لاتجاه الجهد والاتجاه العمودي عليه ، وبذلك يمكن تعريف نسبة بوسان على انها النسبة بين الاجهاد القصي والاجهاد الطولي الناتج من تأثير ذلك الجهد .

$$\sigma = \frac{\Delta w/w}{\Delta L/L} = \epsilon W/ \epsilon L \quad \dots\dots\dots (13 - 2)$$

(Dobrin,1976)

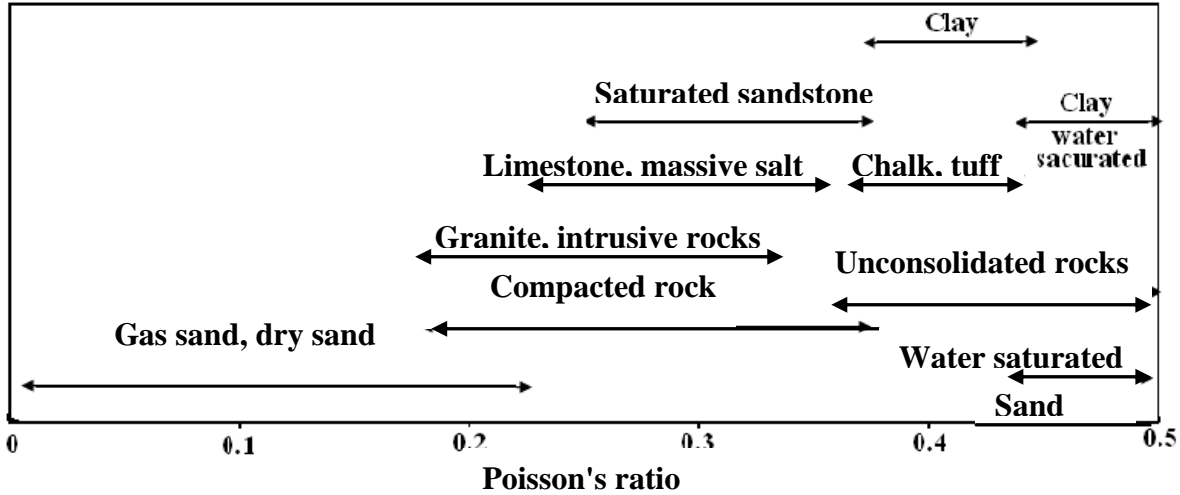
اذ ان :

σ : تمثل نسبة بوسان .

$\Delta w/w$: الاجهاد القصي .

$\Delta L/L$: الاجهاد الطولي.

تتراوح قيمة نسبة بوسان بين (0.0 – 0.5) شكل (2 – 3) ، وتكون مساوية الى (0.25) لمعظم المواد في الطبيعة ، كما ان النسب العالية تدل على المواد الهشة والصخور المشبعة حيث تزداد هذه النسبة مع زيادة التشبع والعكس صحيح (Dobrin, 1976) (Sjogren, 1984).



شكل (2-3) نسبة بوسان لأنواع مختلفة من الصخور (Mari et a., 1999)

5 - ثابتي لامى

الثابت اللامى (λ) ومعامل القص (μ) تستخدم بصورة كبيرة للاوساط المتجانسة التي تكون فيها معاملات المرونة غير معتمدة على اتجاه معين وكذلك للاوساط غير المتجانسة ، ويمكن التعبير عن هذين الثابتين بدلالة معامل يونك ونسبة بوسان :

$$\lambda = \mu E / (1 + \sigma) (1 - 2\sigma) \quad \dots \dots \dots (14 - 2)$$

$$\mu = E / 2(1 + \sigma) \quad \dots \dots \dots (15 - 2)$$

الثابت اللامى (μ) يكون مماثل الى معامل الصلابة ، وعندما تكون نسبة بوسان مساوية الى (0.25) فان كل من ثابتي لامى لهما القيمة نفسها التي تكون مساوية الى (2E/5) ، كما ان هناك علاقة تربط بين ثابتي لامى والمعامل الحجمي (Sjogren, 1984).

$$K = E / 3(1 - 2\sigma) = 3\lambda + 2\mu / 3 \quad \dots \dots \dots (16 - 2)$$

توجد بعض العلاقات موجودة في (Brown, 1997, Revol, 1999) التي تربط بين معاملات المرونة المختلفة وسوف نذكر بعض من هذه العلاقات لاستخدامها في البحث (ASTM,1983):

$$E = [\rho V^2 s (3V^2 p - 4V^2 s)] / (V^2 p - V^2 s) \dots\dots\dots (17 - 2)$$

E : معامل يونك.

Vp : سرعة الموجه الاولية (الطولية).

Vs : سرعة الموجه القصية.

ρ : كثافة الوسط.

$$G = \mu = \rho V^2 s \dots\dots\dots (18 - 2)$$

اذ ان:

μ : معامل القص .

$$\sigma = (V^2 p - 2V^2 s) / [2(V^2 p - V^2 s)] \dots\dots\dots (19 - 2)$$

اذ ان:

σ : نسبة بوسان.

$$K = \rho (3V^2 p - 4V^2 s) / 3 \dots\dots\dots (20 - 2)$$

اذ ان :

K : المعامل الحجمي.

كما ان هناك معامل اخر يسمى بالانضغاطية (Compressibility) وهو مقلوب المعامل

الحجمي.

$$\beta = 1/k \dots\dots\dots (21-2)$$

$$\lambda = \rho (V^2 p - 2V^2 s) \dots\dots\dots (22-2)$$

اذ ان:

λ : الثابت اللامي.

2- 4 الموجات المرنة

عند تعرض الجسم المرن الى جهد مؤثر فان الازاحة الناتجة تتحرر على شكل موجة مرنة تتقدم باتجاه ذلك الجهد المسلط (Sjogren ,1984)، وعليه فان هناك نوعين من الموجات يمكن الحصول عليها.

2- 4- 1 الموجات الجسمية

يمكن ان يتعرض الوسط المرن الى نوعين من التشويه هما تشويه انضغاطي وتشويه قصي، لذلك فان الموجات الملتقطة في علم الزلازل جميعها هي بالاساس موجات انضغاطية او قصية ، ان الفرق الرئيس بين هذين النوعين هو ان احدهما يشمل تغييرا في الحجم من دون اي تغيير في الشكل ، في حين ان الاخر يتضمن تغييرا في الشكل من دون اي تغيير في الحجم حيث تكون حركة الدقائق للوسط باتجاه مسار الموجة في حالة الموجه الانضغاطيه مسببة تمردا وتقلصا متعاقبا للوسط كما في حالة الموجات الصوتية، وتسمى هذه الموجات بالموجات الاولية (Primary Wave) التي يرمز لها بالرمز P ، ويمكن التعبير عن سرعة هذه الموجات بوساطة المعادلة الاتية :

$$V_p = \sqrt{\frac{k + 4/3 \mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{(1 - \sigma)E}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)\rho}} \quad \dots\dots\dots (23-2)$$

اما في حالة الموجات القصية او الثانوية (Secondary) فتكون حركة الدقائق عمودية (مستعرضة) على اتجاه مسار الموجه ، وهذه الموجات تسير فقط في الاوساط الصلبة ولا تخترق الاوساط السائلة . اما سرع هذه الموجات فتعطى بالمعادلة الاتية: (Sharma,1986)

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad \dots\dots\dots (24-2)$$

من المعادلتين اعلاه نلاحظ ان سرعة الموجة الطولية تكون اكبر من السرعة القصية، وقد توصل معظم الباحثين الى ان سرعة الموجات الطولية (Vp) تكون قريبة من (1.7 Vs) او اكثر بقليل لمعظم الصخور التي لها نسبة بوسان بحدود (1/4) . (Sharma,1986)

2- 4- 2 الموجات السطحية

هي الموجات التي تسير على امتداد السطح الحر فقط للجسم المرن، وهناك نوعان من الموجات السطحية في المادة الصلبة : موجات رايلي (Rayleigh wave) التي تكون حركة

الدقائق فيها مركبة نوعا ما من الاهتزاز الطولي والمستعرض مؤدية الى حركة تراجعية بيضوية في المستوى العمودي على طول اتجاه سير الموجة. ان سرعة موجات رايلي هي 0.9 من سرعة الموجة القصية تقريبا، كما ان تموج الارض او الاهتزازات الارضية البسيطة التي تحدث في اثناء العمل الحقلي الزلزالي تكون من موجات رايلي أساسا (Kramer, 1996).

اما النوع الثاني من الموجات السطحية : موجات لوث (Love waves) التي تكون فيها حركة الدقائق للوسط افقية ومستعرضة باتجاه سير الموجه، ويمكنها التقدم على طول سطح جسم متجانس فضلا عن حدوثها في الاوساط غير المتجانسة ، مثال على ذلك يمكن ان تسير موجات لوث في الطبقة السطحية ذات السرعة القليلة التي تلو وسط اخر سرعته اعلى (Sharma, 1986).

2 - 5 معامل المادة (Im) Index of Material

يعتبر من المعاملات الجيوتكنيكية المهمة ويمثل درجة كفاءة المواد بسبب اعتماده على بعض معاملات المرونة وعليه فهو يتاثر بتركيب المواد ، ودرجة التصلب ، والشقوق والفواصل ، ووجود او عدم وجود السوائل في الفجوات بين الحبيبات التي لها علاقة بتاثيرها على الخواص الفيزيائية ويمكن اشتقاق المعادلة لهذا المعامل من النسبة بين ثابتي لامى والمعامل الحجمي بدلالة نسبة بوسان باستخدام المعادلات الآتية: (Abd el Rahman, 1989).

$$\mu = E/2(1+\sigma) \dots\dots\dots (25 - 2)$$

$$\lambda = \sigma E/ (1+ \sigma) (1-2 \sigma) \dots\dots\dots (26 - 2)$$

$$k = E/3(1-2 \sigma) \dots\dots\dots (27 - 2)$$

$$\mu/k = (3/2) (1-2\sigma) / (1+\sigma) \dots\dots\dots (28 - 2)$$

And:

$$\lambda/k = 3\sigma / (1+\sigma) \dots\dots\dots (29 - 2)$$

من المعادلات اعلاه يمكن ان نكتب النسبه $(\mu-\lambda)/k$ و النسبه $(\mu+\lambda)/k$ بالشكل الاتي:

(Abd el Rahman, 1989).

$$(\mu-\lambda)/k = (3/2) (1-4\sigma) / (1+\sigma) \dots\dots\dots (30 - 2)$$

And:

$$(\mu+\lambda)/k = (3/2) [(1/ (1+\sigma))] \dots\dots\dots (31 - 2)$$

بعد تقسيم المعادلة (2 - 30) على المعادلة (2 - 31) نحصل على :

$$(\mu-\lambda)/(\mu+\lambda) = (1-4\sigma) = \mathbf{Im} \dots\dots\dots (2 - 32)$$

وهذا التعبير الاخير يمثل معامل المادة (\mathbf{Im}).

ومن المعادلة اعلاه نلاحظ ان العلاقة بين معامل المادة (\mathbf{Im}) ونسبة بوسان هي علاقة خطية عكسية، وهذه العلاقة تعد مهمة جدا في تصنيف المواد للاغراض الهندسية وطبقا الى معاملات المرونة الثلاث مع الاخذ بنظر الاعتبار القيم العالية والقليلة لتلك المعاملات للمواد في الطبيعة فمثلا نسبة بوسان تكون اعلى ما يمكن في حالة السوائل (0.5)، بينما تكون مساوية الى (0.25) للصخور ذات المرونة التامة وتكون قيمتها صفر في حالة المواد أو الصخور الصلبة جدا، كما ان قيمة ثابتي لامبي تاخذ بنظر الاعتبار عند تصنيف الصخور فعندما يكون الثابت اللامي (μ) مساويا للصفر ففي هذه الحالة فان الثابت (λ) يكون هو المتحكم الرئيس في السرعة، بينما يكونان (λ و μ) متساويان للجسام ذات المرونة التامة اما في حالة المواد الصلبة جدا فان قيمة الثابت (λ) تقترب من الصفر، يمتلك معامل المادة قيم تتراوح من (-1) الى (1) (Abd el Rahman, 1989). اعتمادا على العلاقة بين ثابتي لامبي وعلى هذا النمط فان:

$$\mathbf{Im} = -1 \quad , \quad \sigma = 0.5 \quad , \quad V^2p / V^2s = 0.0 \quad \text{for liquids}$$

$$\mathbf{Im} = 0 \quad , \quad \sigma = 0.25 \quad , \quad V^2p / V^2s = 0.333 \quad \text{for perfect elastic rocks}$$

$$\mathbf{Im} = 1 \quad , \quad \sigma = 0.0 \quad , \quad V^2p / V^2s = 0.5 \quad \text{for very hard rock}$$

واعتمادا على قيم معامل المادة التي تزداد من (-1) الى (1) فانه يمكن تصنيف المواد الى اربعة اصناف : (Abd el Rahman, 1989).

1. الصنف الاول (Category I) يتراوح (\mathbf{Im}) بين (-1) و (-0.5) والذي يمثل ترسبات

الفتوات والترسبات النهرية الحديثة والمارل والطين ذو الاصل الريحي وكذلك الرماد البركاني، وهذا الصنف يمثل المواد غير الصالحة الى شبه صالحة لبناء المنشآت.

2. الصنف الثاني (Category II) يتراوح (\mathbf{Im}) بين (-0.5) و (0.0) وهذا الصنف ممكن

ان يمثل الرواسب الفيضية التي تكون ذات مسامية عالية وانضمام جزئي، مثل الحجر الجيري عالي التكسر، البازلت وهو يمثل المواد متوسطة الكفاءة حيث تتراوح نسبة بوسان من (0.27) الى (0.35).

3. الصنف الثالث (Category III) يتراوح (Im) بين (0.0) و (0.5) والذي يتضمن الصخور الصلبة ذات المسامية القليلة مثل: الحجر الجيري، والكرانيت، والمرمر وغيرها حيث تتراوح نسبة بوسان من (0.25) الى (0.16) والذي يمثل المواد الصالحة لبناء المنشآت .
4. الصنف الرابع (Category IV) حيث يكون (Im) اكبر من (0.5) والذي يمثل الصخور الرسوبية الصلبة جدا ($\sigma=0.12$ sandstone) وكذلك الصخور النارية والمتحولة ($\sigma=0.03,0.08$ granitic gneiss)، وعليه فان هذه المواد تكون صالحة جدا (Abd el Rahman,1989).

6-2 الممانعة الزلزالية Acoustic Impedence

وهي من المعاملات الديناميكية المهمة ذات العلاقة بعمليتي القلع والتفجير فعند حدوث عملية تفجير الشحنة فان الطاقة تنتقل في الوسط المحيط من نقطة التفجير باتجاه الخارج والذي يحدد هذه الطاقة هو النسبة بين الممانعة الصوتية للشحنة والممانعة الصوتية للوسط الصخري ، فعندما تكون النسبة قليلة يحدث انتقال كفوء للطاقة ضمن الوسط الصخري، وفي حالة عدم حصول المضاهاة بين الممانعتين سوف يكون هناك فقدان كبير للطاقة ، الجدول (1-2) يوضح قيم الممانعة الصوتية لانواع مختلفة من الشحنت التفجيرية المستعملة في الصخور (الاسدي،1986)، ولحساب الممانعة الصوتية نستخدم المعادلة الاتية: (Al-Mukhtar,1995).

$$Z=Vn \rho \dots\dots\dots (33-2)$$

حيث ان:

Z : الممانعة الصوتية.

V : السرعة الزلزالية.

ρ : الكثافة.

جدول (1-2)

7-2 المسامية

تعرف مسامية المادة الصخرية انها نسبة حجم الفراغات الى الحجم الكلي للنموذج اي ان:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (34-2)$$

اذ ان:

n : المسامية.

V_v : حجم الفراغات.

V : الحجم الكلي.

وتعتمد المسامية على شكل حبيبات المعادن وتدرج حجمها وترتيبها وعلى درجة الانضغاط والترابط والصلابة ودرجة التناسق بين الحبيبات (Ibrahim, 1987)، وعندما تحوي الصخرة حبيبات من المعادن المختلفة فان الاجزاء الدقيقة سوف تشغل الفراغات بين الحبيبات الكبيرة وبذلك تقل المسامية؛ ولذلك فان التوزيع غير المنتظم لحجم الحبيبات يميل الى انتاج مسامية اقل من التوزيع المنتظم للحبيبات، اما في حالة الصخور التي تحتوي على مواد معدنية قابلة للذوان تكون مساميتها عالية وقد تزداد المسامية بوجود الشقوق الدقيقة والفواصل الاولية او المغلقة (ثابت واخرون، 1980).

8-2 العوامل المؤثرة على السرعة الزلزالية

هناك العديد من الابحاث المنشورة حول العوامل التي تؤثر بصورة رئيسة في السرعة

الزلزالية (AL Mukhtar 1989) ومن هذه العوامل :

1- الصخرية Lithology

المقصود بالصخرية التركيب الكيميائي والمعدني لنسيج الصخرة ويتحدد تأثيره في السرعة بمعاملات المرونة للبلورات او الحبيبات التي تملأ الصخرة ، وقد وجد ان تغيرات السرعة للمواد الرسوبية تتراوح بين (300 – 7000 m/sec) (Milsom, 2003)، حيث تزداد السرعة الزلزالية للحجر الجيري المتدلتم لان الكثافة لهذا الاخير تكون اعلى من الكثافة للبلورات الكالساييت المفردة

وينتج هذا الاختلاف بسبب تأثير عملية الدلمتة فضلا عن وجود الدولومايت يعكس زيادة في السرعة الزلزالية (Schreiber,etal,1973) .

2 - الكثافة Density

كما هو معروف ترتبط السرعة الزلزالية بالكثافة ومعاملات المرونة، وعليه فان معرفة ثابتين فقط هما (V_s and V_p) لا تكفي لاستخلاص او معرفة معاملات المرونة، ولأجل التخلص من هذه الصعوبة فقد تم اقتراح موديلات واساليب عدة لحساب الكثافة (Sharma,1986). هناك ثلاثة عوامل تتحكم في الكثافة الكلية للصخور وهي : كثافة الحبيبات للمعادن المكونة لكتلة الصخور، والمسامية، والسائل المسامي الذي يملأ الفراغات .

تتحكم المسامية الى حد كبير جدا بكثافة غالبية الصخور الرسوبية حيث تميل الى النقصان مع ازدياد التصلب (Consolidation) للرواسب؛ لذلك تزداد كثافة الصخور من قيم واطئة في حالة الترسبات الحديثة وغير المتصلبة الى قيم تصل الى كثافة الحبيبات المعدنية في التكوينات القديمة (Sharma,1986)، وتتضح اهمية هذا العامل ان زيادة قيم الكثافة يؤدي الى زيادة سرعة الموجات الزلزالية (Hamdi,etal.1989) .

3- العمق Depth

توصل العالم (Faust,1951) الى علاقة تربط ما بين السرعة وعمق الذي تكون عليه طبقة معينة ولاحظ من تلك العلاقة أن السرعة تزداد مع زيادة العمق الا أن معدل الزيادة في الطبقات القريبة من السطح يكون اكبر من معدل الزيادة في الطبقات التي تكون على عمق أكبر وهذه العلاقة يمكن التعبير عنها بالشكل الاتي:

$$V=aZ^n + \lambda \quad \dots\dots\dots (35-2)$$

اذ ان:

V : السرعة.

Z : العمق.

a, λ ثوابت لكل منحنى.

n : مقدار ثابت تساوي 1/6.

4- العمر Age

اجرى العالم (Faust,1951) دراسة حول علاقة السرعة مع العمر الجيولوجي لما يقارب مليون قدم من الرسوبيات موزعة على 500 بئر في الولايات المتحدة ولاحظ أنه بصورة عامة فان السرعة تزداد مع زيادة العمر الجيولوجي وخاصة للصخور التي تمتد بالعمر الى ما قبل العصر الثلاثي، واستنتج معادلة تربط بين السرعة والعمر الجيولوجي والعمق وكما يلي:

$$V=125.3(ZT)^n \quad \dots\dots\dots (36-2)$$

اذ ان:

T : الزمن.

5- التردد

استنتج العالم (Batzle and Castagna,1999) العلاقة ما بين السرعة الطولية والتردد لنماذج صخرية من الحجر الرملي، ولاحظ ان زيادة التردد يؤدي الى زيادة السرعة حيث وجد ان السرعة تتراوح بين 2500 م/ثا عند استخدام تردد مقداره 50Hz و 3000م/ثا في حالة استخدام التردد 150 Hz وتستمر بالزيادة تدريجيا حتى تصل الى 3400 م/ثا عند استخدام التردد 1MH .

6-الضغط

درس (Haskell,1941) العلاقة بين السرعة الزلزالية والضغط المسلط على الطبقات الصخرية نتيجة لزيادة العمق حيث اخذت معلومات السرعة الزلزالية للصخور الرملية وصخور الطفل العائدة للعصر الثلاثي من 62 بئراً محفورة في جنوب وادي (San Joaquin) وكاليفورنيا، وبرهن على ان ما يقارب 78% من انحدار السرعة الكلي يعود الى التأثير الميكانيكي للضغط المسلط بوساطة ثقل الطبقات الرسوبية، ولذلك تزداد السرعة مع زيادة العمق، كما لاحظ ان تاثير الضغط في صخور الطفل في تغيير السرعة يكون اقل عما هو عليه في حالة الصخور الرملية،وعليه فان منحنيات السرعة والعمق لهذه الصخور من الممكن ان تتقاطع في اي عمق ممكن.

7- اللاتماثل في السرعة Anisotropy

هناك دراسة منشورة من قبل (Leslie and Lawton,1999) لتحديد معامل اللاتماثل في صخور الطفل (Shale) وقد لاحظ السرعة المقاسة بثلاثة اتجاهات، وتبين ان السرعة المقاسة بالاتجاه الافقي مع خط المضرب تكون اعلى منها في الاتجاه العمودي على مستوى الطبقة، اما الاتجاه الثالث والذي يكون بزاوية 45° مع الاتجاهين اعلاه فكانت قيمته وسط بينهما. وان نسبة الاختلاف بين السرعة المقاسة في الاتجاهين العمودي والافقي تصل احيانا الى اكثر من 30% (Sayers,1994) في (Leslie and Lawton,1999).

8- الفواصل والكسور

سلوك سرعة الموجة الاعتيادية في اثناء تقدمها بصورة عمودية او موازية لخطوط الفواصل مبني على نظرية (AL-Dajani and Tsvankin,1998) في (Lynn,etal,1999) بحيث اثبتت كل الدراسات السابقة وبدون استثناء ان سرعة الموجة الاعتيادية بالاتجاه العمودي على خط الفواصل والكسور الدقيقة تكون اقل من السرعة بالاتجاه الموازي لها، كما ان الدراسات الحديثة تركز على استخدام الموجة الطولية التي تعكس معلومات جيدة لاكتشاف الفواصل والكسور الدقيقة بوساطة قياس التغيرات التي تحصل في سرعة وسعة الموجة الطولية (Mallick,et al.,1998) في (Lynn, et al., 1999).

9- التشعب

الانحدار التدريجي في سعة الموجة الطولية للسطح العاكس الذي يفصل بين وسطين متجانسين يمكن عده دالة للتباين الحاصل في نسبة بوسان عبر هذا السطح (Shuey,1985)، نتيجة لتأثير السائل الموجود في الوسط الاسفل الذي يبدو واضحا في تقليل النسبة Vp/Vs ومن ثم تختلف نسبة بوسان على الحد الفاصل بين الوسطين وهذه تعد من الطرائق المناسبة في اكتشاف التشعب للصخور بسائل معين وتحديد مستواه (Lynn, et al., 1999).

جدول (1-2) الممانعة الزلزالية للمتفجرات المستخدمة (Duvill and Atchison, 1957) في (الاسدي، 2004).

NO	Type of explosive	Density (gm/cm ³)	Detonation Velocity (cm/sec)	Seismic impedance (gm/cm ² .sec)
I	Nitro-glycerin	1.6	787.5 X 10 ³	1285 X10 ³
II	50%Nitro-glycerin+2.3%Gumcotton+ 40.3% Ammonium Nitrate+ 5.5% Cellulose+1.9% Others	1.9	679.2 X 10 ³	1039 X10 ³
III	Ammonium Nitrate/Fuel Oil (An/Fo)	0.95	426.7 X 10 ³	389 X10 ³
IV	10% Nitroglycerin+80% Ammonium Nitrate+10%Cellulose	0.98	393.75 X 10 ³	393 X10 ³
V	93% Ammonium Nitrate+7% Carbon	0.9	360.0 X 10 ³	293.8 X10 ³

1-3 تمهيد

ان تصنيف المواد الصخرية المختلفة بوصفها مواداً تركيبية ليس بالعمل السهل فعندما نصف الصخرة انها مادة: صلبة ، وهشة أو متفتتة فان ذلك يفتقد الى التقويم الكمي الهندسي؛ لذلك يكون استعمال هذه المصطلحات محدوداً الا اذا رافقتها ارقام حسابية تعبر عنها. من ناحية اخرى تجري الفحوصات المختبرية على نماذج الصخور التي تجلب من الحقل وهي نماذج موزعة على المقلع فضلا عن الأتماد على الخصائص الجيولوجية والميكانيكية للصخور التي من شأنها ان تجهز الحجر الأساس في تصنيف الصخور بوصفها مواداً تركيبية (فتوحى 1981) .

3 - 2 العمل الحقلية

تم اجراء جولة استطلاعية في بداية شهر ايار 2007 لغرض الاطلاع على مواقع مقالع الصخور العائدة الى معامل السمنت في المنطقة الشمالية التي ستذكر لاحقا، ولكن لم نتمكن من جلب النماذج الصخرية بسبب هطول الامطار الذي استمر لمدة اكثر من اسبوع ، بعدها قمنا باجراء سفرة اخرى في نهاية شهر ايار 2007 تم فيها جلب النماذج الموجهة من تلك المواقع ووضعها في اكياس مغلقة بشكل محكم مع تثبيت الرقم التسلسلي لكل نموذج .

3 - 2 - 1 مقلع سمنت سرجنار

تم جمع 30 نموذجاً من هذا المقلع من الصخور الكلسية العائدة الى تكوين كوميتان المذكور سابقا في الفصل الاول حيث تم تحديد مسارين لجمع النماذج احدهما باتجاه خط المضرب والذي جمع منه 20 نموذجاً والاخر باتجاه ميل الطبقة، وتم جمع 10 نماذج (لكي يتم توزيع النماذج على الاتجاهين) حيث تم اخذ النماذج في كل تغير في نوع الطبقة وكذلك التغير في الطبوغرافية فضلا عن قياس قيمة واتجاه الميل والمضرب التي كانت (10NE) و(N54W) على التوالي .

3 - 2 - 2 مقلع سمنت طاسلوجة

تم جمع 30 نموذجاً من هذا المقلع من الصخور الكلسية العائدة الى تكوين سنجار وايضا كان هناك مسارين لجمع النماذج الاول كان باتجاه خط المضرب وعدد النماذج التي جمعت 15 نموذجاً، والاخر بالاتجاه العمودي عليه، وعدد النماذج الماخوذة عليه 15 نموذجاً واخذ قياس قيمة الميل والمضرب التي كانت تساوي (10NE) و(N30W) على التوالي.

3-2-3 مقلع سمنت بازيان

في هذا المقلع اخذ المسار مع اتجاه خط المضرب الذي كانت قيمته (N45W) وجمع (30) نموذجاً على هذا المسار من الصخور الكلسية العائدة الى تكوين سنجار الذي ذكر سابقا في الفصل الاول كما اخذ قياس الميل الذي كان يساوي الى (40SW)، ولم يتمكن باخذ النماذج بالاتجاه العمودي وذلك بسبب وعورة المسار نتيجة حفر الكسارات على شكل حائط (Cliff).

3-3 الاجهزة المستخدمة

استخدم في هذا البحث ثلاثة انواع من الاجهزة (فضلا عن استخدام البوصلة، والمطرقة، والميزان الموجود في قسم علم الارض لوزن النماذج، وكذلك الاستعانة بالمكائن الكسارة الموجودة في المقالع المذكور آنفا) ويمكن ذكر هذه الاجهزة بالشكل الاتي :

1-3-3 جهاز الموجات فوق الصوتية

استخدم في هذا البحث جهاز الموجات فوق الصوتية (NEW SONICVIEWER) المصنوع من قبل شركة (OYO) اليابانية (MODEL – 5217A) والذي صمم لقياس السرعة الزلزالية (الطولية والقصية) للنماذج الصخرية مختبريا وحقليا مع مراعاة الظروف التي يتم فيها القياس مثل: درجة الحرارة، والرطوبة، وطول النموذج الذي لا يقل عن (10) سنتيمترات حيث يرسل الجهاز موجة كهربائية التي تتحول الى موجة ميكانيكية في الـ (Transmitter) المرسل وتستلم من قبل الـ (Receiver) المستلم الذي يحولها الى موجة كهربائية تستلم من قبل الجهاز الذي يعرضها على الشاشة على شكل موجة جيبيية (ASTM,1987).

1-1-3-3 ميزات الجهاز

1. يمتلك الجهاز ميزة تحسين الاشارة التي تسمح ببناء اشكال موجية ذات نوعية عالية حتى من الاشارة الضعيفة، لذلك اصبح بالامكان اجراء القياسات بهذا الجهاز حتى في الظروف الصعبة على سبيل المثال اذا كانت النماذج طويلة نسبيا .
2. امكانية الحصول على تسجيلات مطبوعة على ورق حراري من منظومة التسجيل الموجودة داخل الجهاز.
3. ملاءمة الذاكرة ذات القناتين للمقارنة الانية للاشكال الموجية .

4. يمكن استخدام الجهاز حقلية بواسطة المطرقة فضلا عن امكانية القياسات للنماذج الصخرية في داخل المختبر.
5. يعطي الجهاز اشارة فيديوية قياسية التي يمكن استخدامها مع جهاز تسجيل فيديوي فضلا عن استخدام منظم التردد الراديوي للتلفزيون الاعتيادي نوع (NTSC) الذي يمكن ان يربط الى الجهاز للحصول على صورة كبيرة للاشكال الموجية .
6. يمكن ربط وحدات اضافية مع الجهاز لتحويله الى سيسموغراف محسن للاشارة او الى جهاز عرض (CRT) ذي (12) قناة .

2-1-3-3 مواصفات الجهاز القياسية

الجدول (1 – 3) مأخوذ من الدليل (MANUAL) للجهاز يوضح المواصفات القياسية لجهاز الموجات فوق الصوتية.

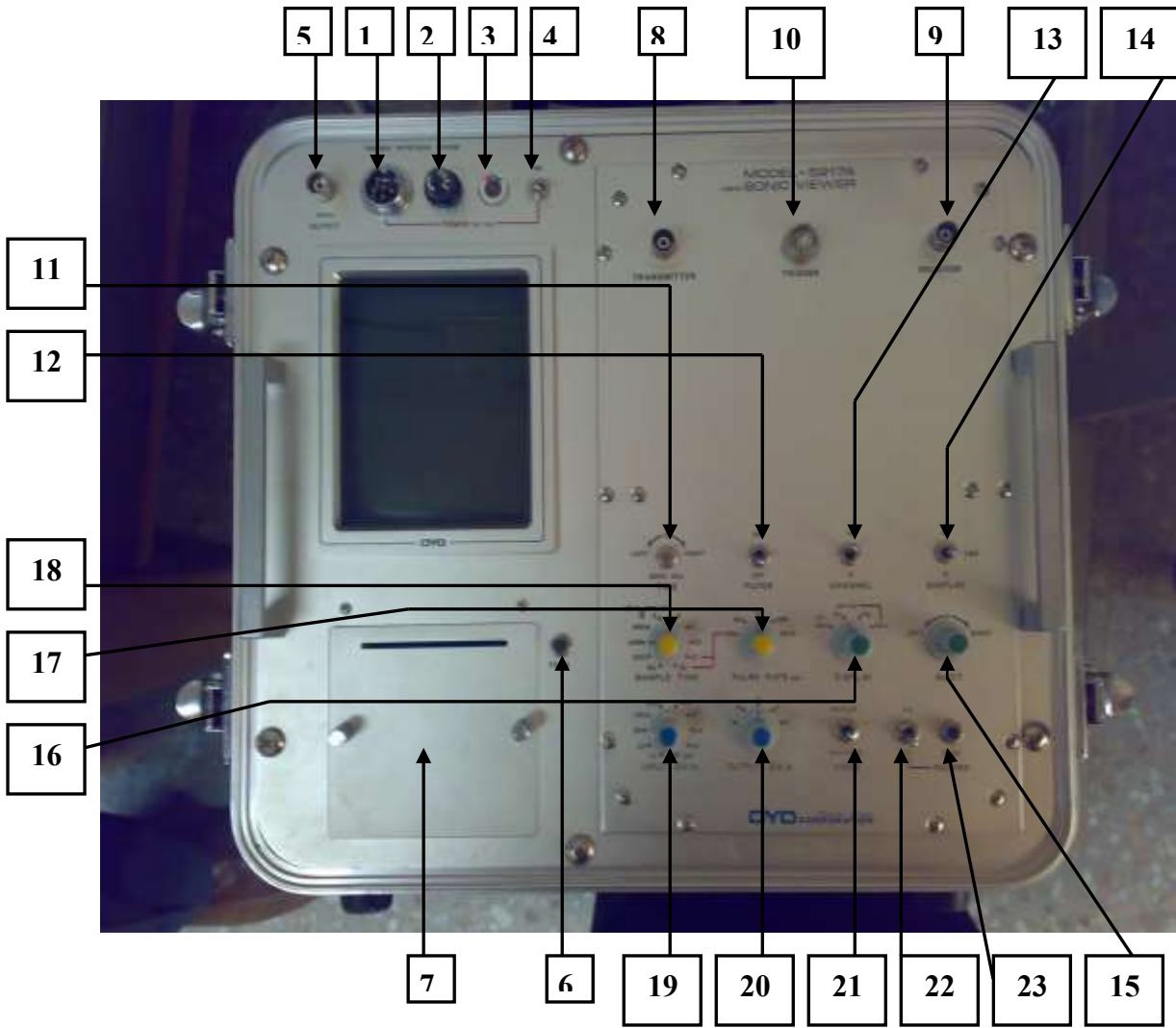
3-1-3-3 أجزاء الجهاز

يتكون الجهاز من صندوق يحتوي على مفاتيح التشغيل وشاشة العرض فضلا عن الاجزاء الملحقة التي تتضمن سلكي توصيل المرسل والمستلم بالجهاز وسلك توصيل الطاقة الكهربائية من البطارية ويمكن توضيح عمل كل مفتاح على لوحة التحكم كما في الشكل (3-1) وحسب الرقم التسلسلي لكل مفتاح :

1. موصل الطاقة (Power Connector) الذي يربط الى بطارية (12) فولت .
2. الفاصم (Fuse) المستخدم في هذا الجهاز له مواصفات (5amp x 20mm) .
3. مؤشر البطارية (Battery Monitor) عندما يكون على الجزء الاخضر فهذا يعني ان البطارية مشحونة بشكل جيد، بينما اذا كان على الجزء الاحمر فيجب شحن البطارية اما اذا كان على الخط الابيض فهذا يعني ان شحن البطارية يساوي (10.7) فولت .
4. مفتاح التشغيل (Power Switch).

جدول (3 - 1) المواصفات القياسية

• Measuring unit (Model – 5217A)	
Gain	From 10x to 10,000x (1, 2, 5 step increments)
Frequency range	1 to 40 and 1 to 80 KHz (LPF 12 dB/oct)
A/D conversion	8 bits
Enhancement function	performs any number of additions
Memory size	12 bits x 256 words x 2 channels 12 bits x 512 words x 2 channels
Pulse range	64, 128,256,512 pps
Measuring range	20 μ S to 20 mS at 256 words x 10 steps 40 μ S to 40 mS at 512 words x 10 steps
Trigger function	can be activated either externally or internally (For velocity measurement by hammering)
• Standard accessories	
Power cord	1 pc
Transducer cable	2 rolls
Recording paper	2 rolls
Fuse,5 A	2pcs
Operation manual	1 copy
• Optional accessories	
P-wave transducer	1 pair
S-wave transducer	1 pair



شكل (1-3) اجزاء الجهاز الرئيسية .

5. نقطة توصيل مخرج الاشارة الفيديوية (Video signal output connector) يعطي الجهاز اشارة فيديوية قياسية (75 volt Ω 1v pp) التي تكون ملائمة للتسجيل الفيديوي ، كما انه بوساطة استخدام منظم التردد الراديوي يمكن ان يربط الى شاشة عرض اعتيادية (NTSC) .
6. مفتاح تغذية الورق الحراري (Paper feed switch) مع الضغط على هذا المفتاح يستمر الجهاز بتحميل الورق الحراري .
7. مسجل الاشارة (Recorder) يقع المسجل تحت اللوحة المثبتة بوساطة لوليين اسفل شاشة العرض .

8. نقطة ربط المرسل (Transmitter connector) للموجة الطولية او القصية.
9. نقطة ربط المستلم (Receiver connector) للموجة الطولية او القصية وكذلك عند استخدام المطرقة لقياس السرعة حيث يتم ربط اللاقط في هذه النقطة.
10. نقطة ربط مفتاح الطرق (Hammer switch connector) عند استخدام المطرقة لقياس السرعة الزلزالية (حقليا) يثبت مفتاح الطرق على المطرقة ثم يربط في الجزء المذكور.
11. منظم تصفير الزمن (Time zero adjustor) عند تحويل الموجه الكهربائية الى موجة زلزالية في الجيوفون يحصل فرق بسيط جدا في الزمن وهذا الأخير يجب ان يأخذ بنظر الأعتبار للحصول على قياسات دقيقة.
12. مفتاح اختيار المرشح (Filter selector switch).
- ON: التردد المستخدم (1 – 40 kHz)
- OFF : التردد المستخدم (1 – 80 kHz)
13. مفتاح اختيار القناة (Channel selector switch) بالرغم من أن الجهاز يسجل على قناة واحدة في حالة القياس الا أنه يمتلك قناتين لغرض المقارنة بين الأشكال الموجية المسجلة على كل قناة
- A: تفعيل ذاكرة القناة A.
- B: تفعيل ذاكرة القناة B.
14. مفتاح اختيار ذاكرة القناة (Memory channel selector switch)
- A: ذاكرة القناة A تظهر على شاشة العرض.
- B: ذاكرة القناة B تظهر على شاشة العرض.
- A&B: محتويات الذاكرتين تظهر على شاشة العرض في آن واحد.
15. التزحيف (SHIFT) الذي يسمح بتحريك الموجة افقيا على المحور العمودي.
16. اختيار حجم الذاكرة لشاشة العرض (Display / memory size selector) بوساطة هذا المفتاح يمكن التحكم بحجم شاشة العرض على اربعة مراحل:
- ALL 1 X: حجم الذاكرة 256 كلمة حيث يمكن اظهار 220 كلمة على الشاشة باستخدام المفتاح رقم 15.
- H1: حجم الذاكرة 512 كلمة ، النصف الاول من الذاكرة يظهر على الشاشة.

- H2: حجم الذاكرة 512 كلمة، النصف الثاني من الذاكرة يظهر على الشاشة بعد اضافة النصف الاول أليا الى مقياس الزمن الظاهر في اسفل الشاشة.
- ALL: حجم الذاكرة 512 كلمة، في هذه الحالة تظهر الذاكرة بصورة كاملة على الشاشة.
17. اختيار معدل النبضة (Pulse rate selector) الذي عن طريقه يمكن اختيار معدل النبضات (64-128-256-512) نبضة\ثانية ، لكن في حالة الاستخدام الحقلية فان هذا المفتاح يثبت على HS.
18. مفتاح ضبط زمن النموذج (Sample time set switch) يستخدم لأختيار زمن النموذج من تماثلي الى رقمي .
19. منظم الكسب الداخلي (Input gain adjustor) لضبط الكسب الداخلي قبل التحويل من تماثلي الى رقمي والذي يمتد من (10x) الى (10Kx) على مدى عشرة مراحل.
20. منظم الكسب الخارج (Output gain adjustor) ويتم التحكم به على خمس مراحل.
21. مفتاح اختيار النظام (Mode selection switch) يحتوي على وظيفتين :
- ENHANCE: في هذه الحالة تضاف البيانات الى بعضها مع استمرار التغذية، لايقاف اضافة البيانات يتم ضبط المفتاح الى وضع الصفر (Center) .
- REPEAT: يتم تكرار اظهار الموجة لكن بدون تحسين للاشارة الداخلة، يتم ايقاف التكرار بعد ضبط المفتاح الى وضع الصفر (Center) .
22. مفتاح اختيار طول السجل (Record length switch) يمكن التحكم بطول ورقة التسجيل على مرحلتين:
- X1: باستخدام هذا الابعاز وضبط المفتاح رقم 16 الى (x1 ALL) فان طول السجل يكون مساوي الى 5 سنتيمتر، بينما يكون طول السجل يساوي 10 سنتيمتر عند ضبط المفتاح رقم 16 الى (H1,H2 or ALL) .
- X2: في هذه الحالة فان طول السجل يكون ضعف ما هو عليه في الحالة الاولى.
23. مفتاح بدء التسجيل (Recording start switch) مع الضغط على هذا المفتاح يتم الحصول على نسخ مطبوعة لأشكال الموجات حسب الطول المقرر في الفقرة السابقة.

4-1-3-3 كيفية تحميل ورق التسجيل

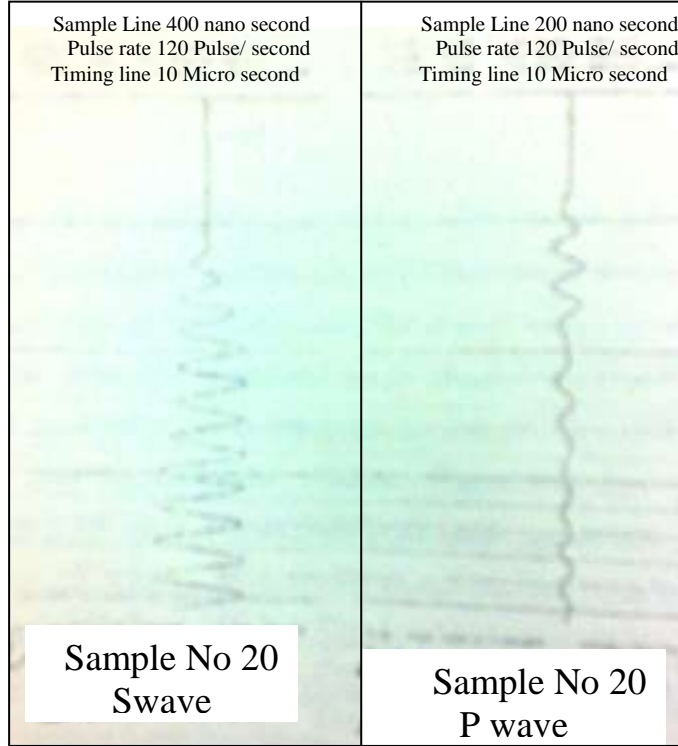
لتحميل الورق الحراري لابد من اتباع الخطوات الاتية:

1. رفع غطاء المسجل الجزء رقم 7.
2. يوضع الورق الحراري في المقبض الموجود في وحدة التسجيل في الجهاز.
3. تاخذ نهاية ورق التسجيل وتوضع بين الاسطوانة المطاطية والاسطوانة الدوارة.
4. بعد تشغيل الجهاز والضغط على المفتاح رقم 6 سوف تدور الاسطوانتين وتسحب الورق الى الجبهه الامامية .
5. عندما تسحب نهاية الورق بمقدار 3 سنتيمترات يرفع الاصبع من المفتاح رقم 6.
6. يمرر الورق من الفتحة الموجودة في لوحة المسجل رقم 7.
7. تثبت لوحة المسجل بوساطة المسمارين (Screws) وبذلك تنتهي عملية تحميل الورق.

5-1-3-3 تصفير الجهاز

عملية تصفير الجهاز تنجز بالشكل الاتي:

1. نختر زوج من الجيوفونات للموجة الطولية او الموجة القصية يربط الاول الى نقطة توصيل المرسل رقم 8 والآخر الى نقطة توصيل المستلم رقم 9.
2. يوضع مفتاح زمن النموذج 18 على المقياس 200 مايكروثانية، مفتاح معدل النبضة 17 على المقياس 128 ، ومفتاح حجم الذاكرة 16 على ALL x1 ، ومفتاح اختيار الذاكرة 14 على A&B ، ومفتاح اختيار المرشح 12 على ايعاز OFF ، الكسب الداخلي 19 على 20 أو 50 ومفتاح الكسب الداخلي 20 على 1.
3. يربط موصل الطاقة 1 الى بطارية 12V ومفتاح على وضع التشغيل .
4. توضع مادة الشحم (Vaseline) على اسطح التماس للجيوفونين لغرض الحصول على تماس جيد بين الجيوفونين.
5. يضبط مفتاح اختيار النظام 21 الى ايعاز التكرار (REPEAT) ، فاذا كانت بداية الموجة مطابقة للمحور العمودي فان الجهاز لا يحتاج الى تصفير، اما اذا كانت بداية الموجة تنحرف الى يمين المحور العمودي فعند ذلك يجب تصفير الجهاز باستخدام عقدة الزمن (المفتاح 11) وتحريك الموجة الى جهة اليسار لحين حصول تطابق بداية الموجة مع الخط العمودي والعكس صحيح (Manual 1981) كما في الشكل (3 – 2).



شكل (3 - 2) يوضح شكل الموجة الناتج من جهاز الموجات فوق الصوتية .

2-3-3 جهاز التفريغ Vacuum Desiccators

استخدم هذا الجهاز المتوفر في قسم هندسة النفط كلية الهندسة جامعة بغداد لتفريغ النماذج من الهواء لغرض حساب المسامية واشباع النماذج بالماء الاعتيادي الذي يعد جزءاً من البحث، وهذا الجهاز يتكون من الأجزاء الرئيسية الآتية وكما في الشكل (3 - 3):

1. Vacuum Motor .
2. Vacuum Gauge .
3. Vacuum Desiccators .

وهذا الاخير يتصل به انيوبان احدهما يرتبط بالمحرك الذي يقوم بسحب الهواء والاخر بخزان يملا بسائل معين حسب الغاية من البحث وفي هذا البحث استخدم الماء الاعتيادي، ويوجد صمام في نهاية كل انبوب للتحكم بسحب الهواء وضخ الماء الى النموذج بعد الانتهاء من عملية التفريغ.

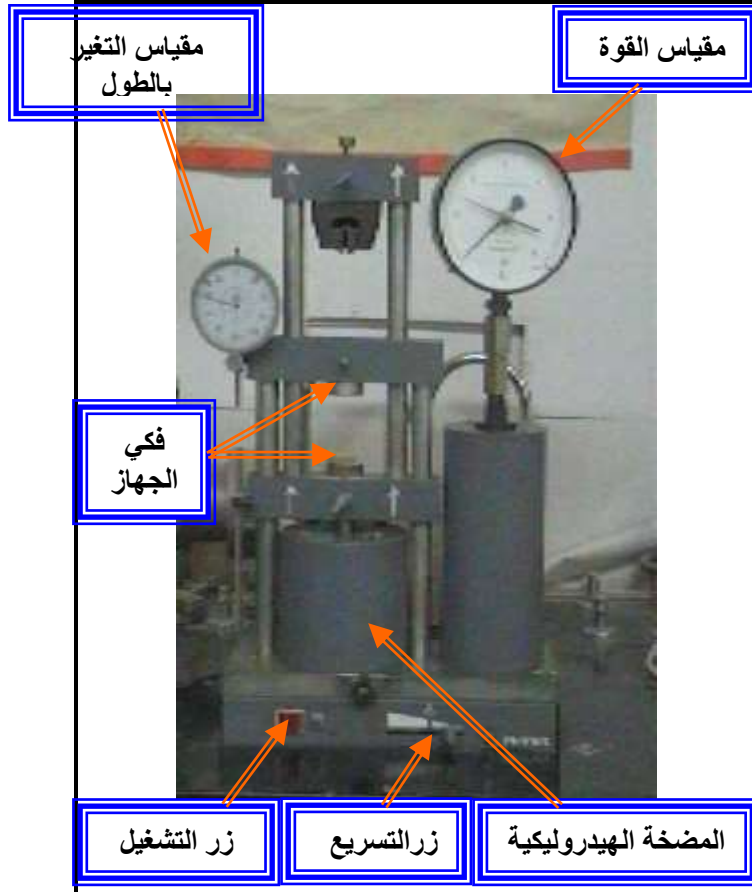


شكل (3-3) جهاز التفريغ.

3-3-3 جهاز الفحوصات السكونية (Static)

استخدم هذا الجهاز شكل (3-4) المتوفر في قسم الفيزياء كلية العلوم جامعة بغداد لحساب الجهد (Stress) الذي يمثل القوة المسلطة على النموذج والانفعال (Strain) الذي يمثل التغير في الطول نتيجة الجهد المسلط وتقدر سعة الجهاز (0-30) كيلو نيوتن ويعمل بمضخات هيدروليكية كهربائية ، يتم قياس القوة بوضع النموذج الصخري بين فكي الجهاز وهي عبارة عن الواح حديدية دائرية وتتم السيطرة على ملامسة هذه الالواح لسطحي النموذج بواسطة عتلة خاصة وبعد التأكد من

عملية التصفير تبدأ عملية التحميل على النموذج وتسجل القيم التي تمثل التغير بالطول مع مقدار القوة المسلطة في كل مرة.



شكل (3-4) جهاز الفحوصات السكونية.

جدول (4 - 6) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج الجافة (الموقع الثالث).

Sample No.	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	ρ kg/m ³	n%	E ×10 GPa	K ×10 GPa	μ ×10 GPa	K/ μ	σ	β N/m ² ×10 ⁻¹¹	λ ×10 GPa
1	4643.54	2360.37	1.97	2669.44	1.53	3.94	3.77	1.49	2.53	0.326	2.65	2.78
2	4513.02	2369.77	1.90	2504.21	6.65	3.68	3.23	1.41	2.29	0.310	3.10	2.29
3	4418.13	2304.53	1.90	2598.07	3.30	3.62	3.23	1.38	2.34	0.313	3.09	2.31
4	4494.18	2284.97	1.97	2520.12	6.87	3.49	3.34	1.32	2.53	0.326	3.00	2.46
5	4526.48	2357.27	1.92	2648.71	1.86	3.87	3.46	1.47	2.35	0.314	2.89	2.48
6	4468.11	2295.03	1.95	2643.05	2.45	3.68	3.42	1.39	2.46	0.321	2.92	2.49
7	4318.17	2216.87	1.95	2609.27	2.84	3.39	3.16	1.28	2.47	0.321	3.17	2.30
8	4528.72	2247.37	2.02	2669.65	1.78	3.6	3.68	1.35	2.73	0.337	2.72	2.78
9	4475.14	2226.67	2.01	2602.17	3.41	3.45	3.49	1.29	2.71	0.335	2.86	2.63
10	4641.94	2658.03	1.75	2503.94	6.45	4.44	3.04	1.77	1.72	0.256	3.29	1.86
11	4442.59	2135.67	2.10	2577.65	5.04	3.17	3.52	1.18	2.98	0.349	2.80	2.74
12	4059.19	2072.87	1.96	2477.65	9.12	2.82	2.66	1.06	2.51	0.324	3.76	1.95
13	4285.38	2301.40	1.86	2555.82	5.18	3.51	2.89	1.35	2.14	0.297	3.46	1.99
14	4610.11	2368.50	1.95	2614.10	3.69	3.87	3.60	1.47	2.45	0.321	2.78	2.62
15	4154.16	2200.50	1.89	2544.27	5.80	3.22	2.75	1.23	2.24	0.305	3.64	1.93
16	4681.03	2411.67	1.94	2626.02	3.52	4.03	3.72	1.53	2.43	0.319	2.69	2.70
17	4204.66	2238.07	1.88	2458.70	9.37	3.21	2.70	1.23	2.19	0.302	3.70	1.88
18	4227.31	2474.40	1.71	2392.98	10.66	3.63	2.32	1.47	1.58	0.239	4.31	1.35
19	4561.84	2564.20	1.78	2475.30	4.73	4.13	2.98	1.63	1.83	0.269	3.35	1.90
20	4803.40	2343.47	2.05	2362.75	10.97	3.49	3.72	1.30	2.86	0.344	2.69	2.86
21	4611.24	2080.37	2.22	2525.51	5.19	3.00	3.91	1.09	3.58	0.372	2.56	3.18
22	4382.18	2323.60	1.89	2440.84	8.55	3.44	2.93	1.32	2.22	0.304	3.41	2.05
23	4235.19	2200.73	1.92	2362.32	11.25	3.01	2.71	1.14	2.38	0.315	3.69	1.95
24	4498.47	2428.83	1.85	2489.96	7.53	3.80	3.08	1.47	2.10	0.294	3.25	2.10
25	4126.73	2170.67	1.90	2577.43	3.23	3.18	2.77	1.21	2.29	0.309	3.61	1.96
26	4325.51	2202.93	1.96	2577.48	6.19	3.31	3.15	1.25	2.52	0.325	3.17	2.32
27	4258.76	2311.90	1.84	2334.47	23.36	2.81	2.24	1.09	2.10	0.291	4.46	1.52
28	4163.53	2072.07	2.01	2489.03	7.50	2.85	2.89	1.07	2.71	0.336	3.46	2.18
29	4179.23	2149.07	1.95	2581.70	3.33	3.15	2.92	1.19	2.45	0.320	3.43	2.12
30	4232.02	2241.87	1.89	2551.23	4.35	3.35	2.80	1.28	2.18	0.305	3.50	2.00

جدول (10-4) السرعة الطولية للمواقع الثلاثة للنماذج المشبعة.

S. NO	First Location				Second Location				Third Location			
	Vp m/s with Strike	Vp m/s with Bedding plane	Vp m/s vertical to Bedding Plane	Vp m/s Average	Vp m/s with Strike	Vp m/s with Bedding plane	Vp m/s vertical to Bedding Plane	Vp m/s Average	Vp m/s with Strike	Vp m/s with Bedding plane	Vp m/s vertical to Bedding Plane	Vp m/s Average
1	4387.30	4305.556	4009.43	4234.08	4642.86	4348.96	3869.05	4286.95	4583.33	4479.17	4456.52	4506.34
2	4110.17	3981.481	3970.59	4020.75	4950.98	4934.21	4805.56	4896.92	4490.74	4268.87	4069.77	4276.46
3	4083.33	3915.094	3771.93	3923.45	4788.46	4431.82	3310.82	4177.03	4821.43	4444.44	4409.10	4558.32
4	4277.78	4222.222	4204.55	4234.85	4861.11	4795.92	4725.61	4794.21	4677.42	4454.55	4429.83	4520.60
5	4663.46	4534.884	3891.51	4363.29	4531.25	4460.78	4054.05	4348.69	5652.17	4635.42	4308.51	4865.37
6	4715.91	4255.319	4230.77	4400.67	4500.00	4333.33	4264.71	4366.01	4543.27	4519.23	4427.08	4496.53
7	4289.22	4038.462	3990.39	4106.02	4784.48	4583.33	4222.22	4530.01	4590.16	4336.74	4279.66	4402.18
8	4311.22	4255.319	4022.73	4196.42	4705.88	4537.04	4418.60	4553.84	4777.78	4642.86	4555.56	4658.73
9	4605.26	4122.807	4062.50	4263.52	4636.36	4278.85	4218.75	4377.98	4868.42	4825.58	4615.39	4769.79
10	4627.66	4434.524	4325.00	4462.39	4893.62	4764.15	4663.46	4773.74	4788.14	4638.89	4451.75	4626.26
11	3928.57	3906.25	3863.64	3899.49	5520.83	4846.94	4476.74	4948.17	4895.83	4707.45	4591.84	4731.71
12	4308.51	3994.565	3903.06	4068.71	4545.45	4517.05	4500.00	4520.83	4307.69	4264.71	4181.82	4251.41
13	4407.90	4166.667	4007.94	4194.17	4861.11	4795.92	4725.61	4794.21	4895.83	4852.94	4387.75	4712.17
14	4302.33	3962.264	3916.67	4060.42	5027.78	4948.98	4722.22	4899.66	4948.98	4824.56	4681.82	4818.45
15	4200.00	4057.377	3841.46	4032.95	4318.18	4204.55	3924.42	4149.05	4761.91	4362.75	4342.11	4488.92
16	4090.91	4062.5	3750.00	3967.80	5000.00	5000.00	4437.50	4812.50	4821.43	4699.07	4335.11	4618.54
17	3995.10	4122.34	4010.99	4042.81	4666.67	4255.32	4209.18	4377.06	4575.89	4429.83	4035.09	4346.94
18	4360.47	4084.821	3962.77	4136.02	4590.91	4150.94	4010.42	4250.76	4416.67	4025.42	4025.42	4155.84
19	4019.61	3928.571	3921.57	3956.58	4613.64	4568.97	4095.75	4426.11	4954.55	4698.27	4375.00	4675.94
20	4087.30	3883.929	3645.83	3872.35	4636.36	4278.85	4218.75	4377.98	5000.00	4711.54	5000.00	4903.85
21	4782.61	4759.615	3706.89	4416.37	4500.00	4460.78	4046.05	4335.61	4680.85	4666.67	4540.82	4629.45
22	4876.54	4325	4134.62	4445.39	5051.02	4727.27	4183.67	4653.99	4419.64	4409.10	4180.33	4336.35
23	4007.94	3988.095	3965.52	3987.18	4648.44	4612.07	4107.14	4455.88	4305.56	4100.00	4056.60	4154.05
24	3858.69	3818.182	3593.75	3756.88	4468.09	4423.08	4325.40	4405.52	5192.31	4947.92	4562.50	4900.91
25	4009.43	3863.636	3720.93	3864.67	4650.00	4598.21	4519.23	4589.15	4567.31	4484.13	4471.15	4507.53
26	3936.17	3726.415	3670.21	3777.59	4861.11	4675.00	4528.30	4688.14	4444.44	4431.82	4175.00	4350.42
27	3922.41	3867.925	3727.27	3839.20	4508.93	4270.83	3395.52	4058.43	4038.46	3915.09	3772.727	3908.76
28	4619.57	4313.725	3984.38	4305.89	4540.82	4486.62	4350.00	4459.14	4649.12	4395.16	4200	4414.76
29	4469.69	4338.235	4000.00	4269.31	4772.73	4772.73	4388.89	4644.78	4500.00	4354.06	4166.667	3034.03
30	3942.31	3820.755	3720.93	3827.99	4926.47	4611.11	4591.84	4709.81	4566.327	4461.21	4241.071	4422.87

1-4 تمهيد

لقد طبقت الطرائق الجيوفيزيائية على العديد من المشاكل المتنوعة التي تتراوح في تباينها من التركيب الباطني للأرض وتكويناتها الصخرية وديناميكيته إلى اكتشاف الترسبات المعدنية على أعماق ضحلة (Sharma, 1986).

ومن دمج التقنيات الجيوفيزيائية المتعددة والمعلومات المستحصلة منها يمكن التوصل إلى حل المشاكل الهندسية؛ لذلك يجب على المهندس اختيار الطريقة أو الطرائق التي تتلائم مع حجم المشروع المراد تنفيذه (Mari, et al., 1999).

2-4 العمل المختبري**1-2-4 تهيئة النماذج**

بعد جلب النماذج الموجهة من الحقل تم تقطيعها بواسطة قاطع الحجر ذي القرص المسنن الذي يقطع ويصقل في آن واحد مع استخدام الماء شكل (4 – 1) والذي تم تحويله من المشرف والباحث. قطعت النماذج بشكل مكعب لغرض قياس خاصية التماثل (Isotropy) بحيث يكون كل وجهين متقابلين متوازيين حسب المواصفات المقترحة من الجمعية الأمريكية لفحص المواد ، (ASTM, 1983) بعدها نقلت النماذج إلى غرفة المختبر لإجراء الفحوصات اللازمة عليها.

2-2-4 قياس زمن الموجة الطولية والقصية

بعد عملية تصفير الجهاز يمكن قياس زمن الموجه الطولية باتباع الخطوات الآتية:

1. استخدام زوج المجسات (المرسل والمستلم) الخاص بالموجة الطولية
2. نضع مادة الشحم (Vaseline) على سطح المجس الباعث والمستلم لغرض الحصول على تماس جيد بالنسبة لقياس زمن الموجة الطولية فقط.
3. يوضع مفتاح زمن النموذج على وضع 200 ومعدل النبضة المفتاح 17 على وضع 256 ومفتاح الكسب الداخل على وضع 20 أو 50، بينما مفتاح الكسب الخارج على وضع 3، ومفتاح العرض 16 على وضع 1ALL ، مفتاح اختيار ذاكرة القناة على وضع A&B ، مفتاح الترحيف (SHIFT) على الزمن صفر وهنا يتم معايرة الجهاز.

4. نبدأ القياس بتحريك زر اختيار النظام رقم 21 شكل (3-1) الى وضع (ENHANCE) حيث يستمر الجهاز باضافة الاشارة لحين تمييز نقطة الوصول لبداية الموجة.

5. نستخدم زر التحريك لمطابقة زمن وصول بداية الموجة مع المحور العمودي ثم نأخذ القراءة التي تظهر في اسفل الشاشة التي تمثل زمن انتقال الموجة خلال النموذج.

اما في حالة قياس زمن مرور الموجة القصية تتبع الخطوات السابقة نفسها لكن مع استخدام زوج المجسات (المرسل والمستلم) الخاص بالموجة القصية وعدم استخدام مادة الشحم (Vaseline)، بعد الحصول على زمن الموجتين الطولية والقصية الشكل (4 - 2) يمكن حساب سرعة تقدم هذه الموجات باستخدام المعادلات الاتية (ASTM, 1983)

$$V=L/T.....(1 - 4)$$

اذ ان:

V : سرعة تقدم الموجة، متر/ثانية.

L : مسافة انتقال الموجة التي تمثل طول النموذج.

T : زمن انتقال الموجة.

3-2-4 السرعة الطولية والقصية

استخدمت تقنية انتقال النبضات في قياس السرعة الزلزالية تحت ظروف من الضغط الجوي الاعتيادي ودرجة حرارة الغرفة (Blangy, et al., 1993, Du Bernard, et al, 2004) حيث يقاس زمن انتقال الموجات الذي يعتمد على المسامية والكثافة للمعادن او الحبيبات المكونة لجسم الصخرة (Roblee, et al, 1994) ثم تحسب السرعة من المعادلات المذكورة اعلاه، حيث سجلت السرعة الطولية للموقع الاول التي كانت تتراوح بين (6287.9- 4522.5) م/ثا والمعدل هو (5260.8) م/ثا، والسرعة القصية تتراوح بين (3446.9-2344.6) م/ثا والمعدل هو (2750.3) م/ثا، اما في الموقع الثاني فكانت السرعة الطولية تتراوح بين (5620.6-3925.5) م/ثا والمعدل هو (4682.6) م/ثا، والسرعة القصية تتراوح بين (2802.1- 2231.8) م/ثا والمعدل هو (2418.6) م/ثا، بينما في الموقع الثالث السرعة الطولية تتراوح بين (4803.4-4059.2) م/ثا اما المعدل فهو

(4402.3م\ثا، والسرعة القصية تراوحت بين (2072.1-2658) م\ثا والمعدل هو(2287.1) م\ثا،
الجدول رقم (1 - 4)، (2 - 4).



شكل (1 - 4) صورة لحجر القطع.



شكل (2 - 4) يوضح كيفية قياس زمن الموجة الطولية والقصية.

الجدول 1-4

الجدول 2-4

4-2-4 اللاتماثل في السرعة وعامل التماثل

في اغلب تطبيقات نظرية المرونة لمسائل الاستكشاف الجيوفيزيائي في الوسط المرن افترض ان يكون تماثلاً ومتجانساً، لكن من جهة اخرى فان معظم صخور القشرة الارضية وجدت مختبريا انها غير متماثلة وغير متجانسة وعدم التماثل هذا في تتابعات الصخور الرسوبية ربما يكون بسبب الاتجاهات التي تأخذها حبيبات المعادن غير المتماثلة والاشكال المختلفة للمعادن المتماثلة والاتجاهات المختلفة للكسور التي تكون متوازية او متعامدة وكذلك تعاقب الطبقات الرقيقة المتماثلة مع طبقات اخرى غير متماثلة (Thomsen, 1986)، لمعرفة الصخرة فيما اذا كانت متماثلة او غير متماثلة تؤخذ قياسات السرعة بثلاثة اتجاهات فاذا كانت مختلفة بمقدار (100m/s) فانها تكون غير متماثلة وهذا يقودنا الى ضرورة معرفة وحساب معاملات التماثل التي تعد دالة للطبيعة الصخرية للتكوينات المختلفة والذي تتراوح قيمتهما بين (1-) و(1) لـ δ وبين (1- 0) لـ ϵ وكلما تقترب قيمهما من الصفر فان الصخرة تكون متماثلة كما ان الفرق بينهما يجب ان لا يتجاوز (0.05) وبخلافه فان الصخرة توصف بكونها غير متماثلة (Koefoed, et al, 1963) ويمكن حساب العاملين من المعادلات الاتية: (Leslie and Lawton, 1999) الجدول (3-4).

$$\delta = 4[(V_{10}/V_0) - 1] - [(V_{90}/V_0) - 1] \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\epsilon = \frac{V_{90} - V_0}{V_0} \dots\dots\dots (3-4)$$

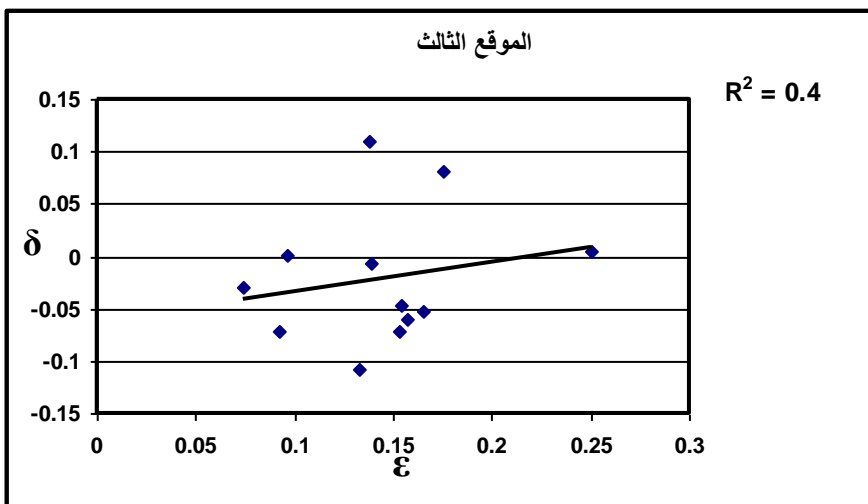
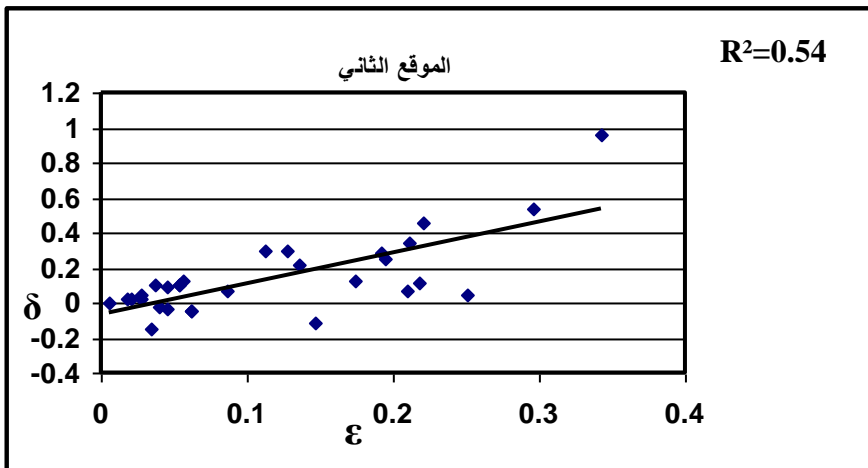
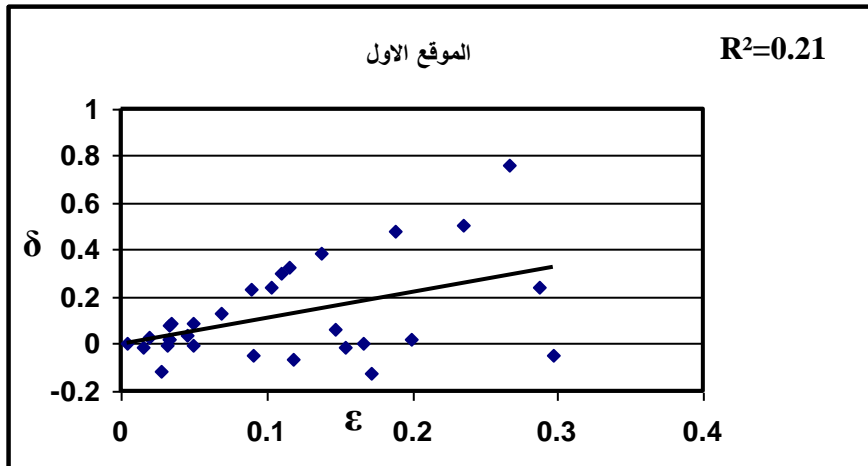
اذ ان:

V_{90} : السرعة باتجاه المضرب.

V_{10} : السرعة بالاتجاه العمودي على مستوى الطبقة.

V_0 : السرعة باتجاه الميل.

رسمت العلاقة بين العاملين اعلاه وكانت علاقة خطية طردية للمواقع الثلاث شكل (3-4)، وعند ملاحظة الجدول (3-4) نجد ان اعلى قيمة لعامل التماثل تكون في الموقع الثاني حيث بلغت (0.96) وكذلك في الموقع الاول (0.76) وهذا يعطي انطباع على زيادة نسبة الاختلاف في السرعة الزلزالية، بينما كانت اقل قيمة في الموقع الثالث (0.18) حيث السرعة الزلزالية اكثر تقارب فيما بينها وكذلك فان الفرق بين (δ و ϵ) اكثر من (0.05) لمعظم النماذج وعليه يمكن القول بان لا يوجد تماثل في جميع المواقع حيث ان الفرق بين السرعة الزلزالية يكون اكثر من (100m/s) كما موضحة في الجدول (1-4).



شكل (3-4) العلاقة بين ϵ و δ للمواقع الثلاث.

الجدول (3-4) عامل التماثل للمواقع الثلاث.

الموقع الثالث		الموقع الثاني		الموقع الاول	
δ	ϵ	δ	ϵ	δ	ϵ
0.119223	0.076876	0.068783	0.085714	0.760078	0.266293
-0.00734	0.138735	0.103678	0.036738	0.087945	0.033788
0.00439	0.25	0.963803	0.342318	-0.00991	0.154486
-0.07223	0.09203	0.10476	0.053762	0.01993	0.032703
-0.03039	0.07385	0.457044	0.22076	0.007334	0.003689
-0.02004	0.026241	0.2821	0.1914	0.298091	0.109625
0.074262	0.047791	0.12858	0.056685	0.22982	0.089898
0.094832	0.058139	0.128759	0.17376	0.024874	0.198985
-0.05231	0.164919	-0.04072	0.061729	-0.01245	0.01452
0.058431	0.096644	0.044904	0.027176	0.385027	0.137054
-0.10711	0.132971	0.256429	0.194806	0.00775	0.16698
0.010426	0.012245	0.063752	0.209376	0.018522	0.032352
-0.07071	0.15255	0.10476	0.053762	0.323546	0.115209
0.039913	0.055813	-0.14825	0.034402	0.47837	0.187932
0.034843	0.085527	0.025555	0.027778	-0.0501	0.09091
0.081864	0.175135	0.295243	0.126761	0.060054	0.146852
-0.04593	0.153919	0.04688	0.25	-0.04993	0.29651
0.045648	0.025805	-0.02913	0.045544	0.029975	0.019052
0.109202	0.137553	0.113389	0.217782	0.03441	0.045454
0.165081	0.060833	-0.04072	0.061729	-0.11355	0.027226
0.086833	0.05952	0.297773	0.112182	0.503919	0.235396
0.040523	0.020617	0.212139	0.136299	-0.06754	0.118846
0.144985	0.050137	0.090027	0.045236	-0.00481	0.031902
-0.05929	0.157506	-0.11578	0.147003	0.082998	0.032943
-0.06744	0.084201	0.017565	0.017476	0.24	0.2879
0.062551	0.024281	0.01929	0.020834	-0.00347	0.048987
0.188537	0.093214	0.539945	0.295415	-0.12698	0.171428
-0.10719	0.114976	0.001279	0.005428	0.091183	0.050001
0.042011	0.060556	-0.02847	0.039127	0.1344	0.068958
0.000229	0.096611	0.348043	0.210423	0.241994	0.103659

5-2-4 قياس الكثافة

استخدمت الطريقة التي وصفت من قبل (Kuiper and Koefoed, 1959) لقياس الكثافة بدلالة الوزن والحجم وحسب المعادلة الآتية: (Koefoed; etal, 1963)

$$D = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (4-4)$$

اذ ان:

D : الكثافة.

W : الوزن.

V : الحجم.

حيث استخدم الميزان الميكانيكي وبدقة 2 ملغرام لحساب الوزن اما الحجم الكلي فعلى الرغم من انه يمكن حسابه من قياس ابعاد النموذج المنتظم لكن الطريقة العامة والمفضلة هي بالاستفادة من حساب السائل المزاح الذي يمكن حسابه في اية طريقة كانت يكون من المستوجب منع السائل من الدخول الى مسامات الصخرة وهذا يمكن تحقيقه (1) بوساطة طلاء الصخرة بالشمع او بأية مادة مشابهة (2) باستعمال الزئبق وبفعل قوة الشد السطحي وخواص التبلييل التي تجعله لا يدخل المسامات الصغيرة للمواد غير المنتظمة (3) تشبيح النموذج بالسائل الذي سيغطس به (القطار واخرون 1981) وهذه الاخيرة هي التي استخدمت في حساب الحجم الكلي وذلك بغمر النموذج الصخري المشبع بالماء الاعتيادي في حوض زجاجي وبابعاد (30 x 14 x 13 cm³) والذي صمم من قبل الباحث، ثم يحسب حجم السائل المزاح الذي يمثل حجم النموذج حيث يملأ الحوض بالماء الى حد مستوى (10) سم وبعد وضع النموذج في داخل الحوض يلاحظ فرق الارتفاع في مستوى الماء ثم يحسب الحجم للسائل المزاح الذي يمثل الحجم الكلي للنموذج ، سجلت قيم الكثافة للمواقع الثلاث وكانت تتراوح بين (2752.37 - 2216.64) كغم\متر³ والمعدل هو (2460) كغم\متر³ للموقع الاول و(2677.26 - 2555.89) كغم\متر³ والمعدل هو (2556) كغم\متر³ للموقع الثاني و(2669.65 - 2334.47) كغم\متر³ والمعدل هو (2533) كغم\متر³ للموقع الثالث الجداول (4-4)،(5-4)،(6-4)، نلاحظ ان قيم الكثافة في الموقعين الثاني والثالث متقاربة حيث يعودان للتكوين نفسه.

4-2-6 قياس المسامية

ان طرائق قياس الحجم المسامي تعطي دائما المسامية الفعالة ، وهذه الطرائق مصممة على اساس استخراج السائل من الصخرة او ادخال السائل الى داخل الفراغ المسامي للصخرة، احدى هذه الطرائق هي طريقة التشبع لقياس المسامية حيث تتالف من تشبيع عينة جافة ونظيفة بسائل معروف الكثافة ونحسب الحجم المسامي من الاضافة الحاصلة بوزن العينة، ويتم تفريغ العينة من الهواء اولا بوساطة قنينة التفريغ التي توصل بسائل التشبيع بوساطة قمع العزل (الغطاء واخرون 1981) ، ومن الطرائق الاخرى التي تستخدم لقياس المسامية بوساطة جهاز ضخ الهليوم وهذه تعتبر ادق الطرائق استخدم الباحث جهاز التفريغ (Vacuum) المتوافر في قسم هندسة النفط شكل (3-3) حيث توضع النماذج في اسطوانة التفريغ، ويتم تشغيل المحرك الكهربائي الذي يقوم بسحب الهواء الى حد ضغط جوي مقداره (30) انج تحت الصفر، وبعد ذلك نبدأ بضخ الماء بصورة تدريجية الى ان يتم غمر النماذج بالماء بصورة كلية وبعد استخراجها يتم وزنها، ومن ملاحظة فرق الوزن يحسب الحجم المسامي عن طريق استخدام المعادلة الاتية: (الغطاء واخرون 1981) ثم تعاد النماذج الى خزان مملوء بالماء وتنقل الى مختبر قسم علوم الارض لاجراء القياسات على النماذج المشبعة.

وزن السائل في حيز الفراغ = وزن العينة المشبعة - وزن العينة الجافة (4-5).

ثم باستخدام المعادلة رقم (4-3) يمكن حساب الحجم المسامي ومن ثم حساب المسامية من المعادلة رقم (2-34) المذكورة في الفصل الثاني الجداول (4-4)، (4-5)، (4-6)، التي توضح قيم المسامية للمواقع الثلاث التي كانت تتراوح بين (2.48% - 2.32%) للموقع الاول ومعدلها (2.4%) . اما الموقع الثاني فتراوحت بين (10.64% - 1.1%) والمعدل هو (3.8243%)، بينما في الموقع الثالث فقد تراوحت قيمتها بين (23.36% - 1.53%) والمعدل هو (6.19%).

4-2-7 حساب معاملات المرونة الديناميكية

لحساب معاملات المرونة لأية مادة لا بد من معرفة السرعة الطولية والسرعة القصية والكثافة لتلك المادة، وترتبط معاملات المرونة (معامل يونك، ومعامل الصلادة، والمعامل الحجمي، ونسبة بوسان، والثابت اللامي): (Andrea, et al, 1965, Potter and Fottinek, 1997) تتراوح قيم معاملات المرونة (E, K, μ) لاغلب الصخور في الطبيعة بين (20 - 100GPa) ، كما

انها تكون حساسة لوجود الكسور والتشققات التي من الممكن ان تنغلق عند تسليط ضغط حاصر عليها (Lama and vutucuria, 1978) في (Yu, etal, 1993)، ولحساب هذه المعاملات استخدمت العلاقات المذكورة في الفصل الثاني.

1-7-2-4 معامل يونك (E)

استخدمت المعادلة (2-17) في حساب هذا المعامل للمواقع الثلاث كما مثبت في الجداول (4-4)، (5-4)، (6-4)، وكانت قيمته للموقع الاول تتراوح بين (35 - 72 GPa) اما المعدل فكانت قيمته $(52 \text{ GPa})/m^2$. اما في الموقع الثاني فكانت قيمته تتراوح بين (45 GPa - 74 GPa) والمعدل هو (56 GPa). بينما في الموقع الثالث تراوحت قيمته بين (28 GPa - 44 GPa) والمعدل هو (34 GPa) ، عند ملاحظة قيم معامل يونك المذكورة اعلاه نلاحظ انها تكون ذات قيم عالية ومتقاربة في الموقعين الاول والثاني وقد يعود السبب الى زيادة نسبة اوكسيد المغنسيوم الذي يسبب زيادة صلابة الصخور، اما في الموقع الثالث فنلاحظ انخفاض قيمة هذا المعامل الا انه كان من المفترض ان تكون القيم متقاربة في الموقعين الثاني والثالث لان صخورهما عائدة للتكوين نفسه (سنجار) لكن بالرجوع الى الجداول (4-4)، (5-4)، (6-4)، نلاحظ ان المسامية في الموقع الثالث تتغير على مدى واسع ويصل معدلها الى نسبة الضعف تقريبا عما هي عليه في الموقعين الاول والثاني كما مذكور سابقا مما يؤثر سلبا في صلابة الصخور ومن ثم يؤدي الى تقليل معاملات المرونة.

2-7-2-4 معامل القص او الصلادة (μ)

استخدمت المعادلة (2-18) في حساب هذا المعامل للمواقع الثلاث كما مثبت في الجداول (4-4)، (5-4)، (6-4)، وكانت قيمته للموقع الاول تتراوح بين (13 - 28 GPa) اما المعدل هو فكانت قيمته (18 GPa)، اما في الموقع الثاني فكانت قيمته تتراوح بين (12- 20 GPa) (المعدل هو (15 GPa)). بينما في الموقع الثالث تراوحت قيمته بين (10 - 17 GPa) والمعدل هو (13 GPa) ، عند ملاحظة قيم معامل الصلادة المذكورة اعلاه نلاحظ انها تكون عالية في الموقعين الاول والثاني، اما في الموقع الثالث فنلاحظ انخفاض قيمة هذا المعامل لانه يعتمد على تغيرات السرعة القصية التي تكون حساسة جدا لتغيرات المسامية في الحجر الجيري خصوصا في الاعماق الضحلة وان زيادة قيمة هذا العامل تدل على صلابة الصخور وهو مهم جدا من الناحية الهندسية حيث تكون قيمته صفر في الموائع (Domenico, 1984).

4-7-2-4 نسبة بوسان (σ)

استخدمت المعادلة (2-19) في حساب هذا المعامل للمواقع الثلاث كما مثبت في الجداول (4-4)، (5-4)، (6-4)، وكانت قيمته للموقع الاول تتراوح بين (0.232-0.349) اما المعدل فكانت قيمته (0.3104)، اما في الموقع الثاني فكانت قيمته تتراوح بين (0.261-0.336) والمعدل هو (0.3175)، بينما في الموقع الثالث تراوحت قيمته بين (0.239 - 0.372) والمعدل هو (0.3133) وتزداد هذه النسبة في الصخور الهشة والسوائل بينما تقل قيمتها في الصخور الصلبة جدا ومن ملاحظة النتائج اعلاه فانها تكون اعلى ما يمكن في الموقع الاول واقل قيمة لها في الموقع الثالث

4-7-2-4 المعامل الحجمي (K)

استخدمت المعادلة (2-20) في حساب هذا المعامل للمواقع الثلاث كما مثبت في الجداول (4-4)، (5-4)، (6-4)، و تتراوح بين (31 - 57 GPa) والمعدل هو (42 GPa) في الموقع الاول، اما في الموقع الثاني فكانت قيمته تتراوح بين (21 - 54 GPa) والمعدل هو (36 GPa)، بينما في الموقع الثالث تراوحت قيمته بين (22 - 39 GPa) والمعدل هو (31 GPa)، عند ملاحظة قيم المعامل الحجمي المذكورة اعلاه نلاحظ انها تكون متقاربة في الموقعين الثاني والثالث اما في الموقع الاول فنلاحظ ارتفاع قيمة هذا المعامل وقد يكون هذا بسبب المسامية الواطئة التي تؤدي الى زيادة الصلابة ومن ثم تزداد قيمة هذا المعامل حيث ياخذ هذا العامل نفس السلوك بالنسبة لمعامل يونك ومعامل الصلادة.

4-7-2-4 الثابت اللامي (λ)

استخدمت المعادلة (2-22) في حساب هذا المعامل للمواقع الثلاث كما مثبت في الجداول (4-4)، (5-4)، (6-4)، وكانت قيمته للموقع الاول تتراوح بين (18 - 44 GPa) اما المعدل فكانت قيمته (31 GPa) اما في الموقع الثاني فكانت قيمته تتراوح بين (13.4 - 42 GPa) والمعدل هو (26 GPa) بينما في الموقع الثالث تراوحت قيمته بين (13 - 32 GPa) والمعدل هو (22 GPa)، عند ملاحظة قيم الثابت اللامي المذكورة اعلاه نلاحظ انها تنخفض في الموقع الثالث مما يدل على قلة صلابة الصخور في ذلك الموقع وقد يفسر هذا الاختلاف بسبب المسامية العالية لصخور هذا الموقع فضلا عن قلة نسبة اوسيد المغنسيوم الذي يؤثر على صلابة الصخور وكذلك الموقع التكتوني حيث يكون ابعد عن محور الطية عما هو عليه في الموقعين الاول والثاني حيث من المعلوم ان الصخور في محور الطية تكون اكثر تراص بسبب الجهد العالي الذي تتعرض له اثناء عملية الطي .

الجدول (3-4)

الجدول (4-4)

الجدول (5-4)

8-2-4 العلاقة بين السرعة الطولية والكثافة.

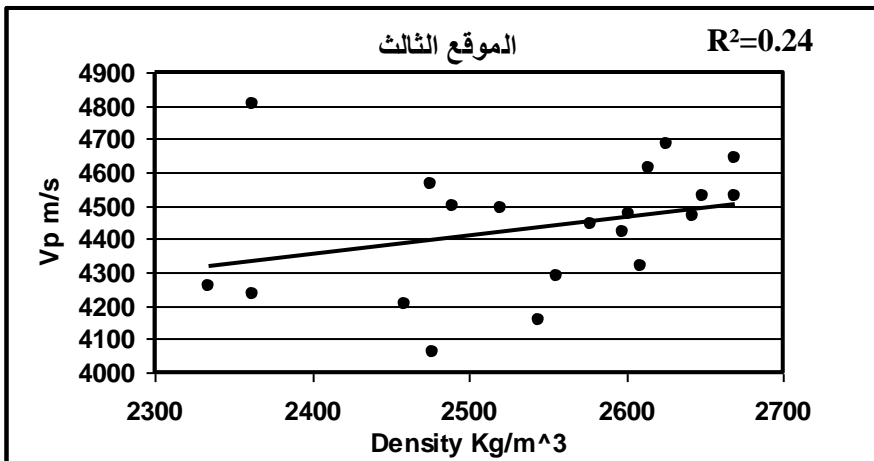
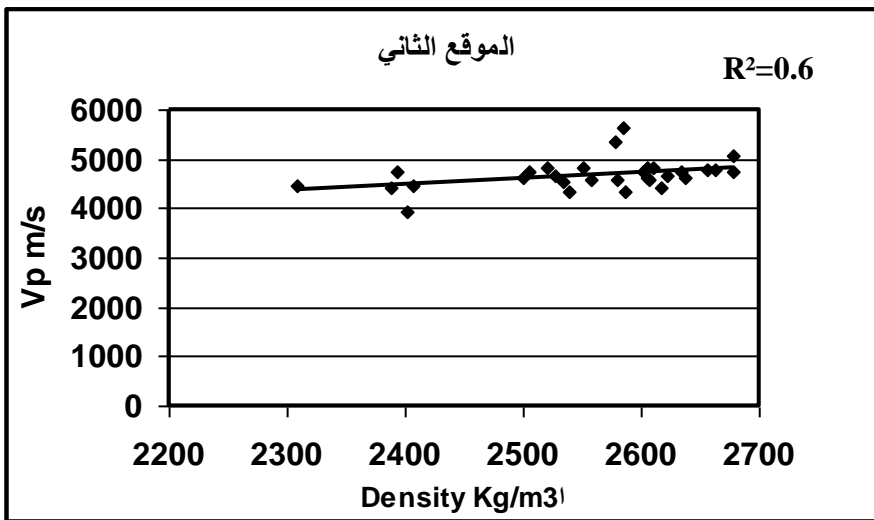
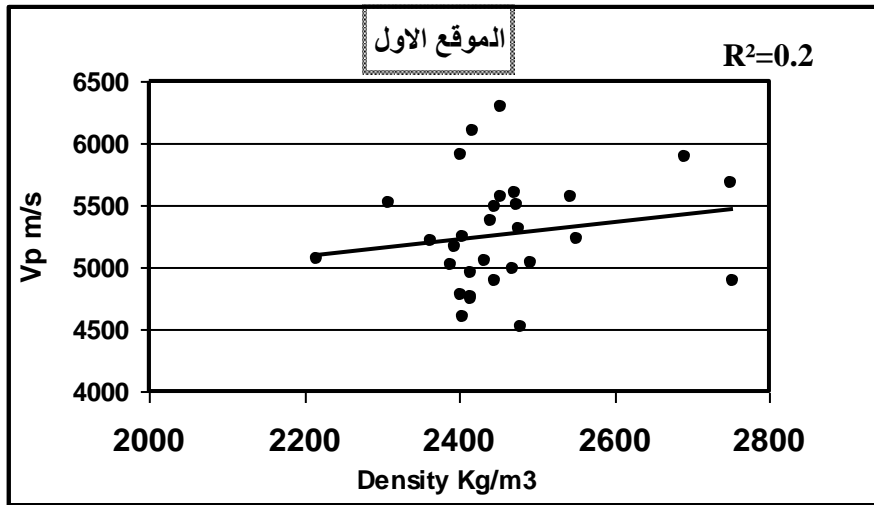
العلاقة بين السرعة الزلزالية والكثافة في الصخور هي علاقة خطية طردية (Lama and vutucuria, 1978) حيث زمن انتقال الموجات يعتمد على الكثافة للمواد المكونة للصخور بصورة رئيسية اضافة الى اعتماده على المسامية ونسيج الصخرة وترتيب الحبيبات المكونة لهذه الصخور، رسمت العلاقة بين الكثافة والسرعة الطولية لـ (30) نموذجاً لكل موقع من المواقع الثلاث وحصلنا على المعادلات الخطية الموضحة في الجدول (4-7) ومن ملاحظة المعادلات والشكل نجد ان الميل للمنحنى يأخذ قيمة موجبة وهذا يعني ان العلاقة طردية بين السرعة الطولية والكثافة وهذه المعادلة تساعدنا في ايجاد الكثافة في اماكن اخرى لنفس التكوين بعد معرفة السرعة الطولية وبالعكس والشكل (4-4) يوضح العلاقة للمواقع الثلاث.

9-2-4 العلاقة بين السرعة القصية والكثافة.

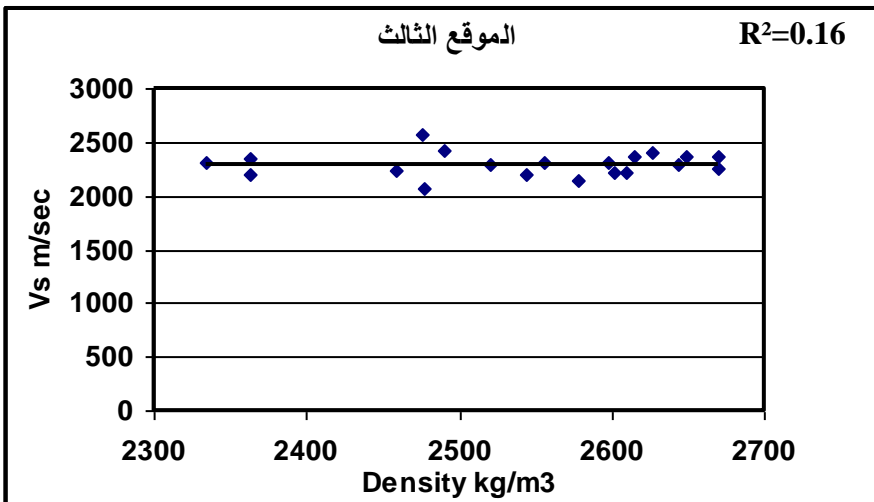
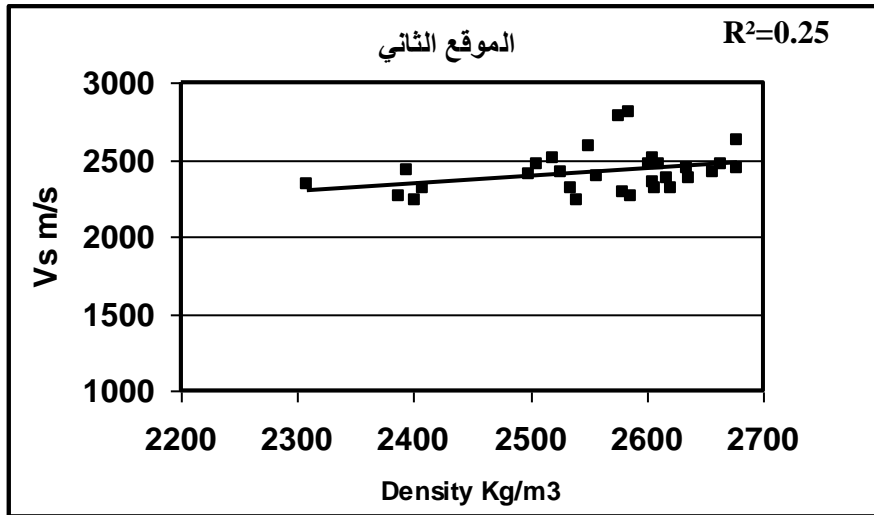
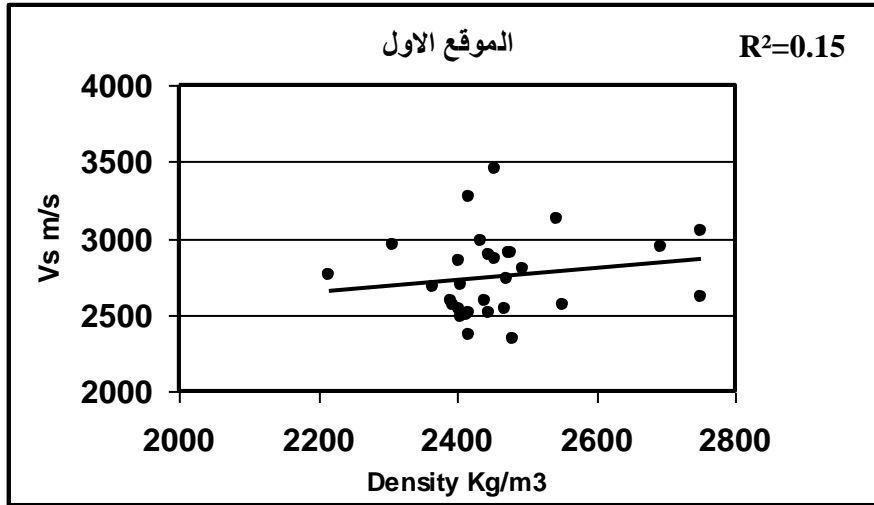
رسمت العلاقة بين السرعة القصية والكثافة للمواقع الثلاث واعطت علاقة خطية طردية لكل موقع كما مثبتة في الجدول (4-8) ويستفاد من هذه العلاقة في ايجاد احد المتغيرين من المتغير الاخر والشكل (4-5) يوضح العلاقة لثلاثة مواقع.

10-2-4 العلاقة بين السرعة الطولية والقصية.

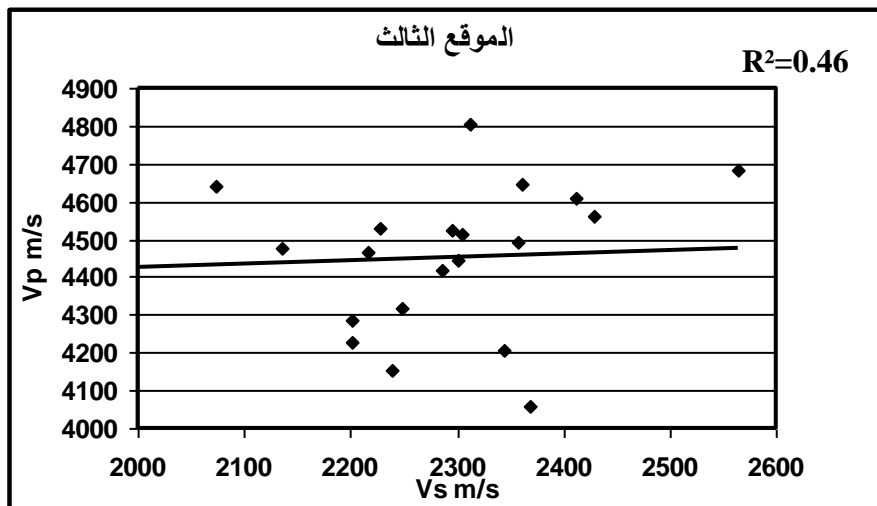
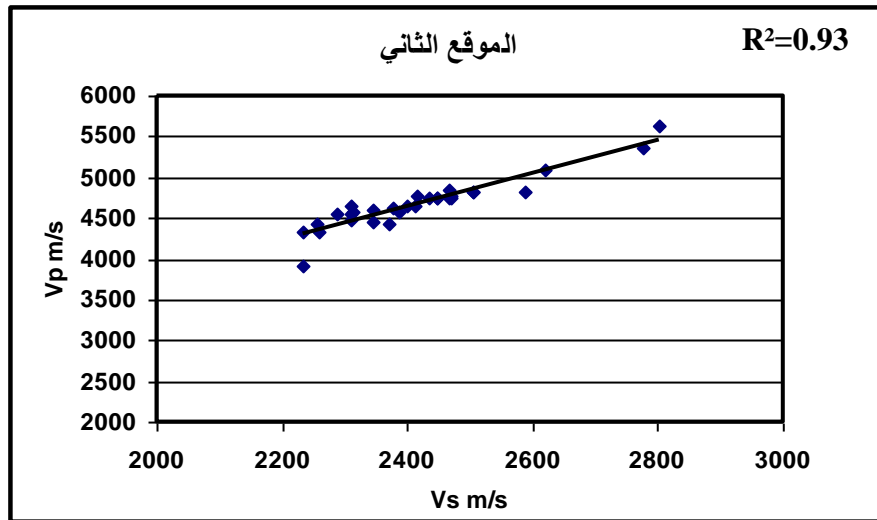
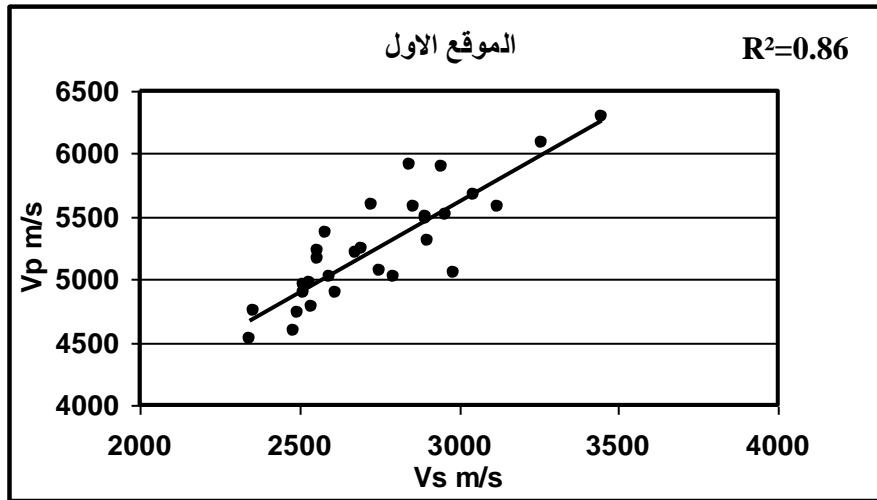
تعتبر هذه العلاقة من العلاقات المهمة ففي حالة عدم الامكان من حساب السرعة القصية بسبب صعوبة التقنيات والخبرات القليلة لتوليدها لذا يمكن الرجوع الى هذه العلاقة بعد معرفة السرعة الطولية ، رسمت هذه العلاقة للمواقع الثلاث وتم الحصول على معادلات الجدول (4-8) واعطت نتائج ارتباط جيدة في ما بينهما في الموقع الاول والثاني حيث يصل معامل الارتباط الى حد (0.86) و(0.93) على التوالي بينما في الموقع الثالث فان العلاقة تعطي معامل ارتباط اقل يصل الى (0.46) وهذا قد يكون بسبب المسامية العالية للصخور العائدة لهذا الموقع وتأثيرها على السرعة القصية على الرغم من ان صخور هذا الموقع تعود لنفس التكوين للموقع الثاني وهذا ناتج عن الموقع التكتوني للموقع الثاني الذي يكون قريب من محور الطية ويكون متأثراً بعملية الطي اكثر من الموقع الثالث والتي من الممكن ان تتسبب في غلق الفراغات والكسور وبالتالي زيادة السرعة الزلزالية والشكل (4-6) يوضح هذه العلاقة .



شكل (4-4) العلاقة بين السرعة الطولية والكثافة للمواقع الثلاث.



شكل (4-5) العلاقة بين السرعة القصية والكثافة للمواقع الثلاث.



شكل (6-4) العلاقة بين السرعة الطولية والقصية للمواقع الثلاث.

11-2-4 العلاقة بين السرعة الزلزالية والمسامية.

رسمت العلاقة بين السرعة الطولية والمسامية وكذلك بين السرعة القصية والمسامية للمواقع الثلاث التي اعطت قيم سالبة لميل المنحني مما يعني انها علاقة عكسية حيث تقل السرعة مع زيادة المسامية وبالعكس، اعطت العلاقة نتائج جيدة في الموقعين الاول والثاني اما في الموقع الثالث فكانت ضعيفة كما في الشكل (7-4) و(8-4)، تعد الموجات القصية مهمة في الدراسات الهندسية لتقدير درجة التراص وبما ان الموجات القصية هي موجات مستقطبة لذا فانها تتأثر بالعديد من العوامل منها المحتوى المائي والشقوق... الخ لذلك فهي تعكس حالة التباين في الخواص الصخرية في الاتجاهات المختلفة (Sheriff and Geldert, 1995).

12-2-4 العلاقة بين السرعة الطولية ومعاملات المرونة (E, μ , K).

تعتبر معاملات المرونة (E , K , μ) كدالة للسرعة الطولية حيث تزداد قيم هذه المعاملات مع زيادة السرعة الطولية وهذه تعتبر كمؤشر على معامل النوعية للصخور (عدد التشققات في المتر الواحد) حيث يتراوح بين (1.5-2.0) للسرعة الزلزالية الواطنة بينما تصل الى (1.0) في السرعة العالية (Sjogren, 1984)، رسمت العلاقة اعلاه للمواقع الثلاث واعطت نتائج جيدة في الموقعين الاول والثاني اما في الموقع الثالث فكانت ضعيفة (معامل الارتباط اقل) شكل (9-4).

13-2-4 العلاقة بين نسبة بوسان والنسبة V_p/V_s .

رسمت العلاقة بين نسبة بوسان والنسبة V_p/V_s واعطت علاقة طردية وهذا معناه ان زيادة نسبة بوسان تزيد من نسبة V_p/V_s وهذه بدورها تقلل من صلابة الصخور او هشاشتها كما ان السرعة الزلزالية تنخفض هي الاخرى لكن من خلال المرتسم نلاحظ زيادة النسبة V_p/V_s مما يعني ان السرعة القصية تقل بنسبة اكثر من السرعة الطولية وبالتالي تزداد هذه النسبة V_p/V_s شكل (10-4).

14-2-4 العلاقة بين الكثافة والمسامية.

رسمت العلاقة بين الكثافة والمسامية حيث وجد ان العلاقة عكسية في الموقعين الاول والثاني اما في الموقع الثالث فكانت ضعيفة شكل (12-4) حيث تكون النقاط مبعثرة وذلك بسبب ضعف الصخور في الموقع الثالث رغم انها نفس تكوين الموقع الثاني، اي ان الكثافة تقل مع زيادة

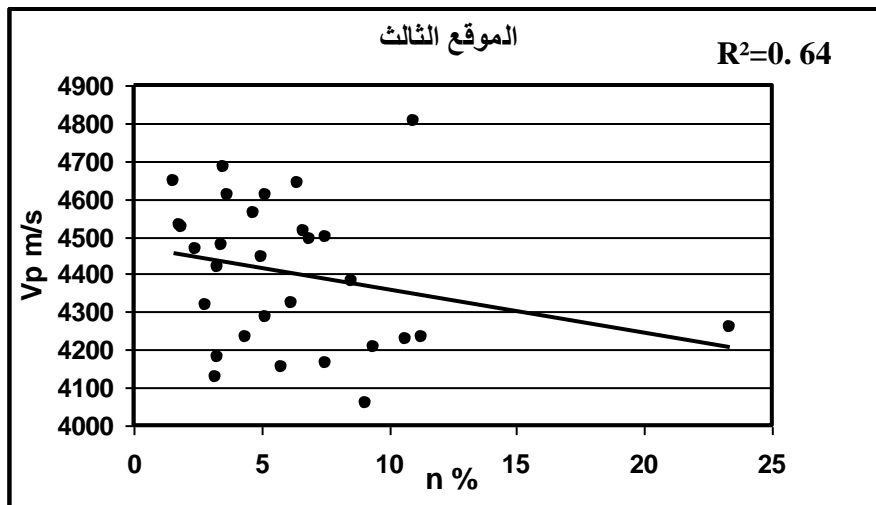
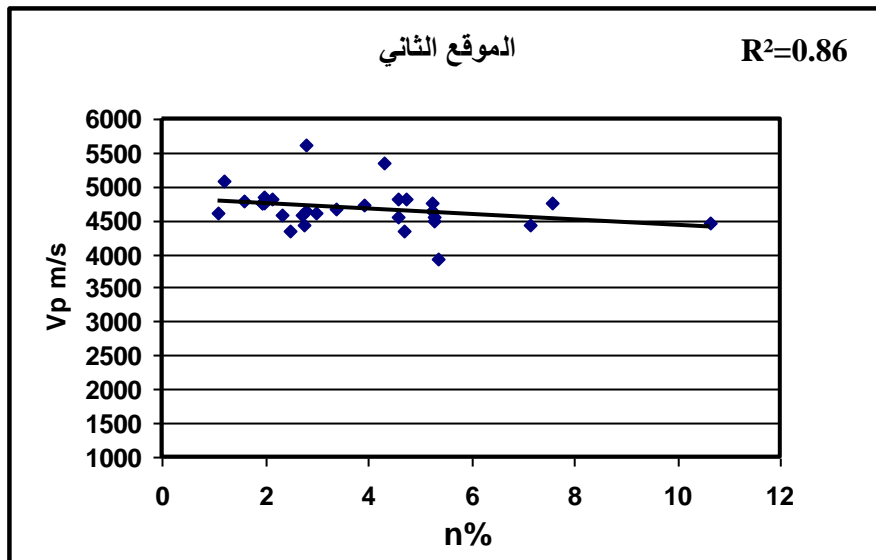
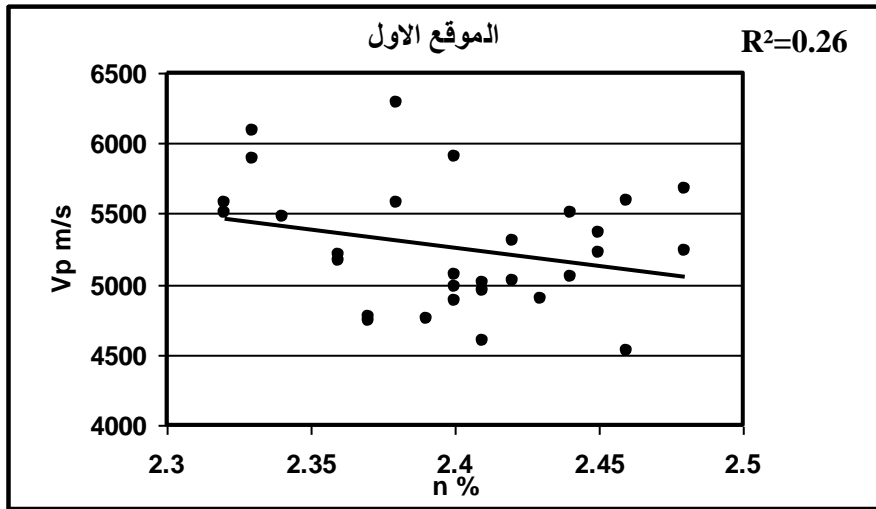
المسامية ونرى انها تعتمد في الصخور الجيرية على وجود التشققات والكسور الدقيقة التي يمكن ان تتغلق مع زيادة الضغط وبالتالي تزداد الكثافة (Dvorkin, 1993)، للمواقع الثلاث واعطت علاقة عكسية جيدة

15-2-4 العلاقة بين النسبة Vp/Vs والنسبة K/μ .

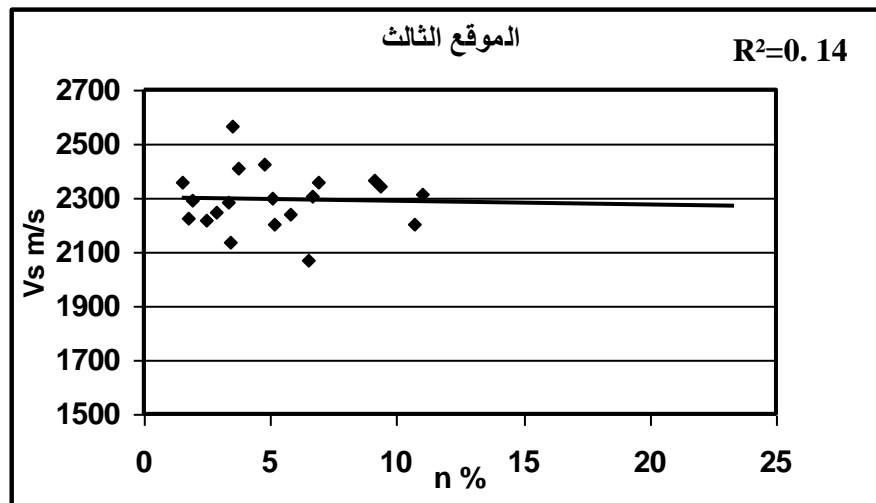
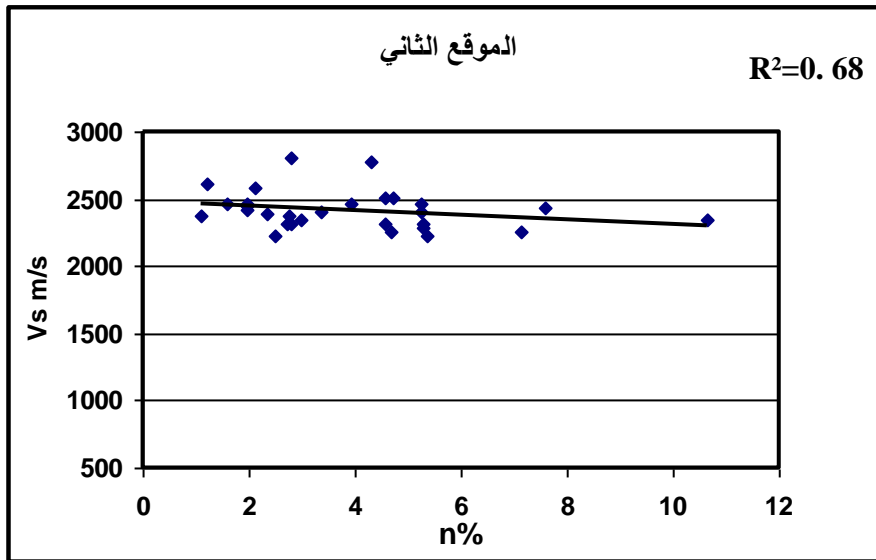
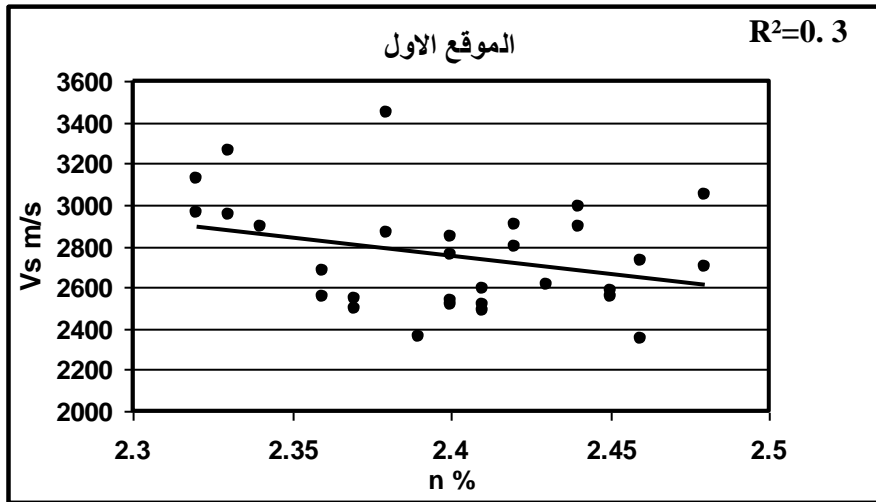
تعتبر هذه العلاقة مهمة جدا من الناحية الهندسية حيث يمكن استخدامها لفصل المناطق ذات الانطقة الضعيفة عن الانطقة القوية (Dutt, 1984) الجداول (4-4)،(5-4)،(6-4)، يوضح القيم للنسبة Vp/Vs والنسبة K/μ ، بلغت اعلى قيمة للنسبة Vp/Vs في الموقع الاول (2.1) واقل قيمة (1.7) والمعدل (1.915) بينما تراوحت النسبة K/μ في الموقع الاول بين (1.534-2.978) والمعدل هو (2.35) اما في الموقع الثاني فكانت القيم للنسبتين Vp/Vs و K/μ تتراوح بين (1.71-2.22) والمعدل هو (1.93) و(1.75-2.72) والمعدل هو (2.41) على التوالي وفي الموقع الثالث تراوحت قيمة النسبة Vp/Vs بين (1.76-2.1) والمعدل هو (1.94) والنسبة K/μ تتراوح بين (1.58-3.6) والمعدل هو (2.39)، ان القيم الواطئة لهاتين النسبتين تعكس وجود الحجر الجيري الدولومايتي الذي يسبب زيادة الصلابة، بالرجوع الى الجدول نلاحظ ان النسبتين تكون متقاربة في الموقعين الثاني والثالث لانهما نفس التكوين. رسمت العلاقة ما بين النسبتين اعلاه واعطت علاقة طردية وبمعامل ارتباط جيد ولجميع المواقع شكل (4-12) حيث تزداد قيمة المعامل الحجمي نسبة الى معامل القص مع زيادة نسبة السرعة الطولية الى السرعة القصية.

16-2-4 الممانعة الزلزالية. Acoustic Impedence.

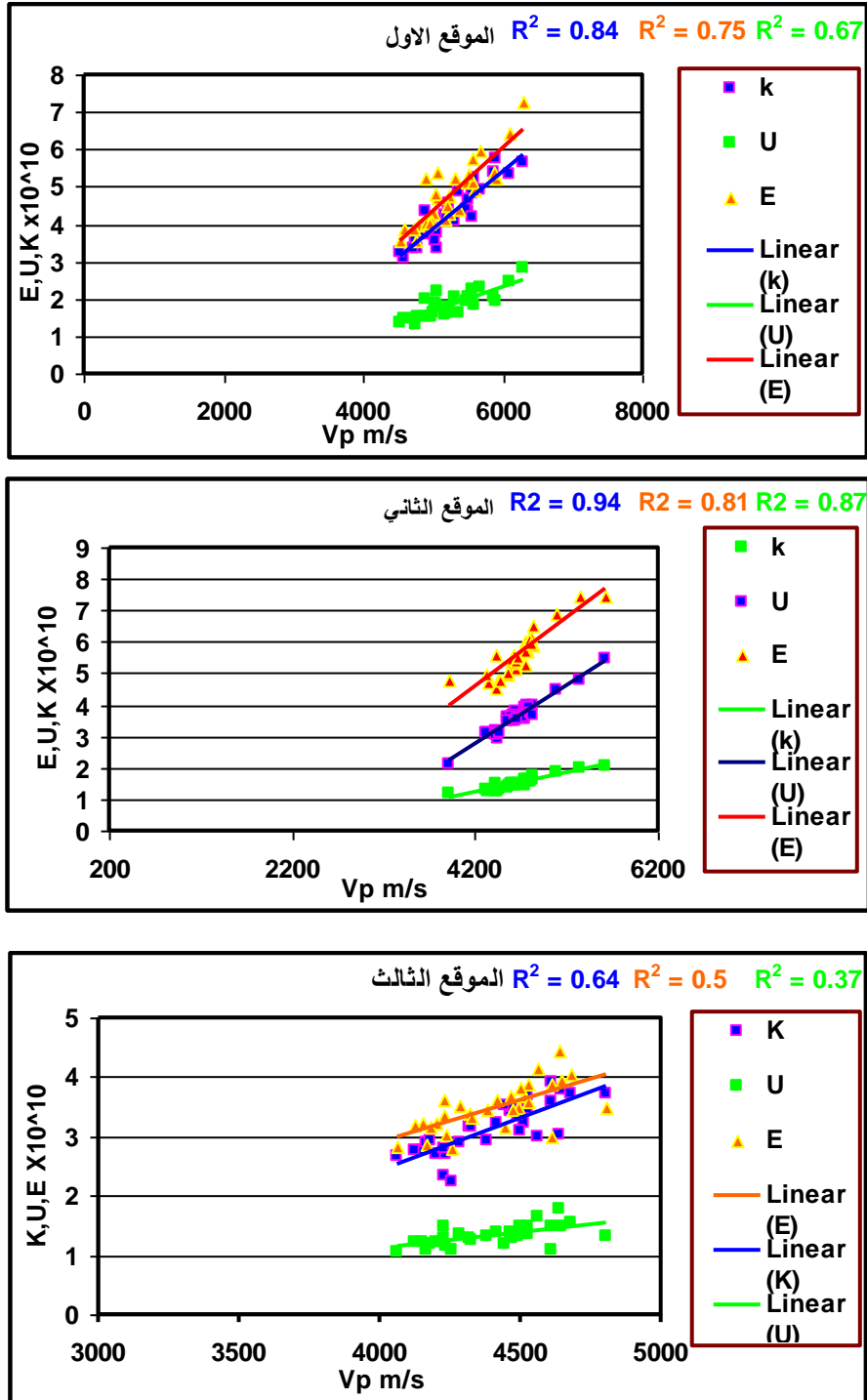
استخدمت المعادلة (2-31) في حساب الممانعة الزلزالية التي ترتبط بعمليتي القلع والتفجير ولكي يحصل انتقال جيد للطاقة لابد ان يكون هناك تقارب بين الممانعة للشحنة والوسط الصخري (السلطاني، 1986)، يوضح الجدول (4-7) قيم الممانعة الزلزالية المحسوبة للمواقع الثلاث حيث بلغ المعدل في الموقع الاول $(1294 \times 10^3) \text{kg/m}^2 \cdot \text{sec}$ والموقع الثاني $(1198 \times 10^3) \text{kg/m}^2 \cdot \text{sec}$ اما في الموقع الثالث فكان المعدل هو $(1115 \times 10^3) \text{kg/m}^2 \cdot \text{sec}$ ومن مطابقة هذه القيم المحسوبة مع ما موجود في الجدول (2-1) نجد ان المتفجر الملائم لعملية التفجير في الموقع الاول هو من النوع الاول اما في الموقعين الثاني والثالث فنلاحظ ان قيمة الممانعة تكون اقرب الى المتفجر من النوع الثاني.



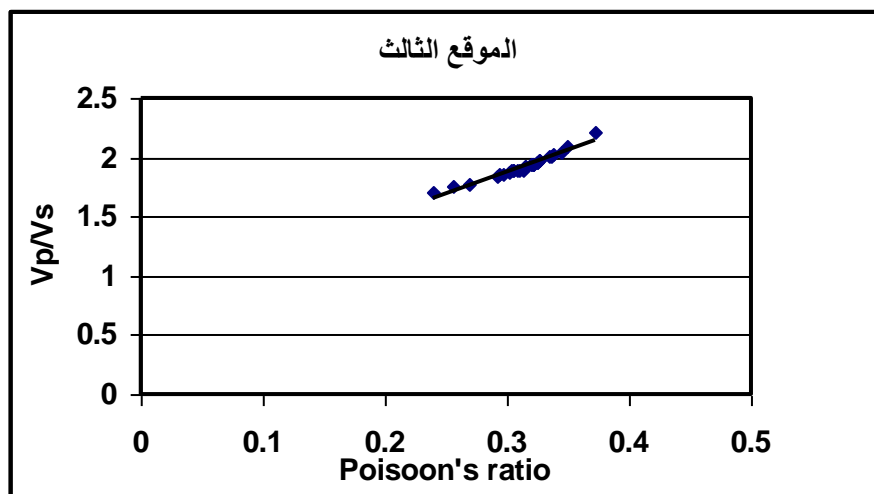
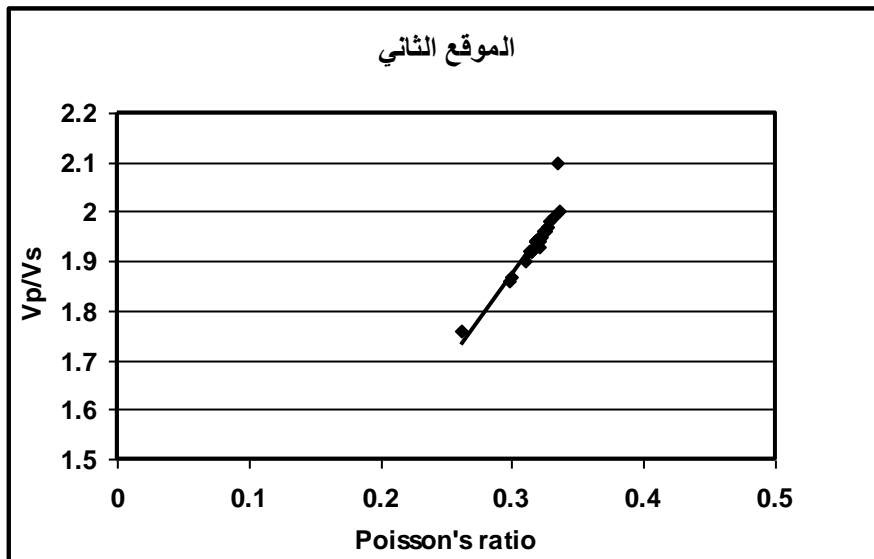
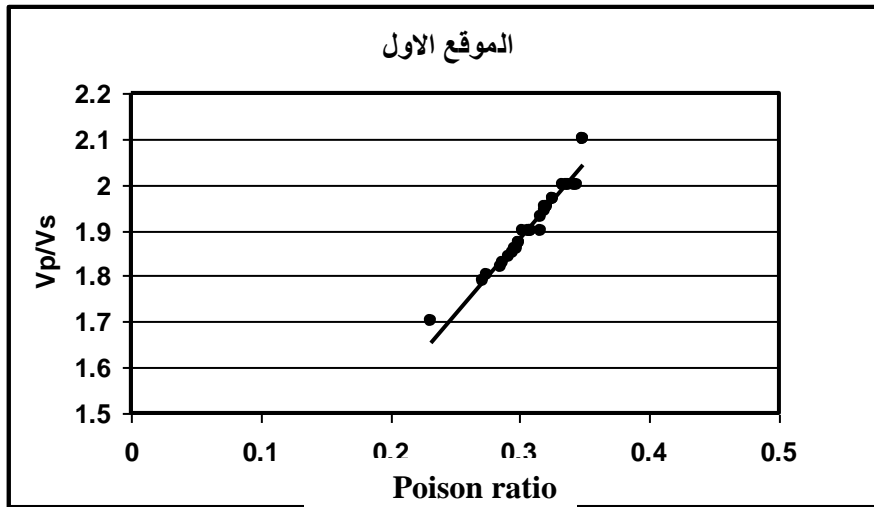
شكل (7-4) العلاقة بين السرعة الطولية والمسامية للمواقع الثلاث.



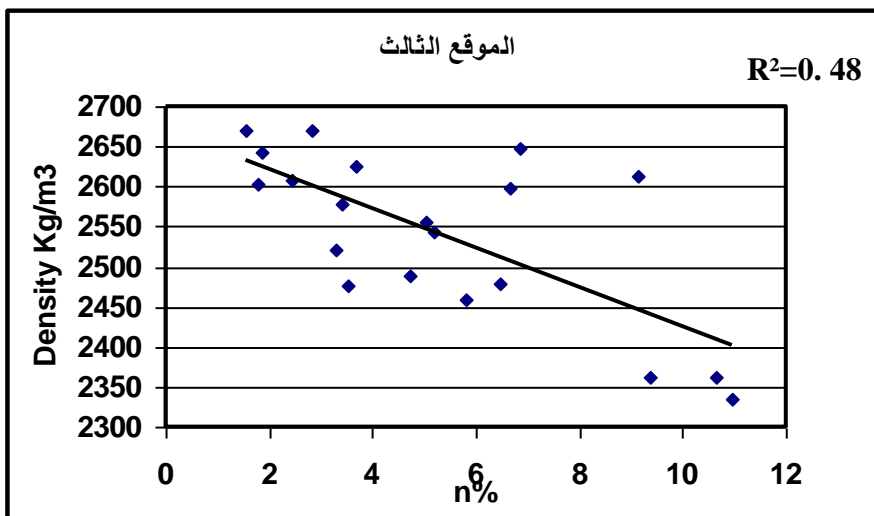
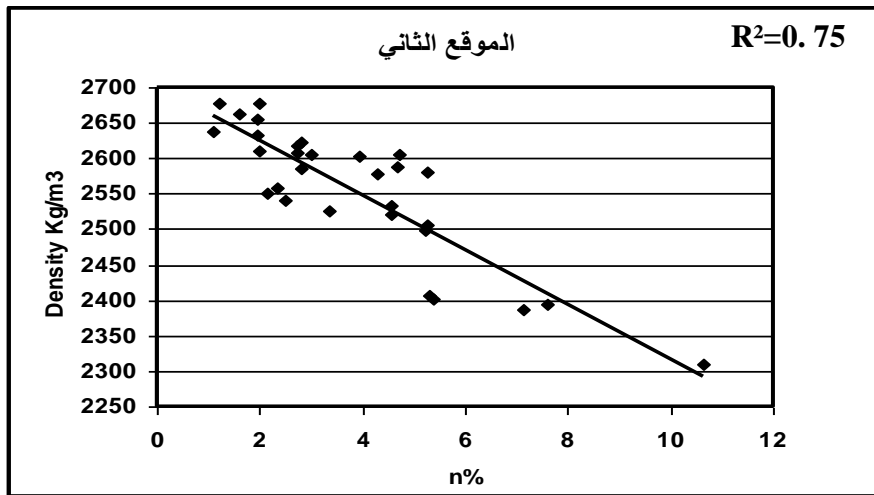
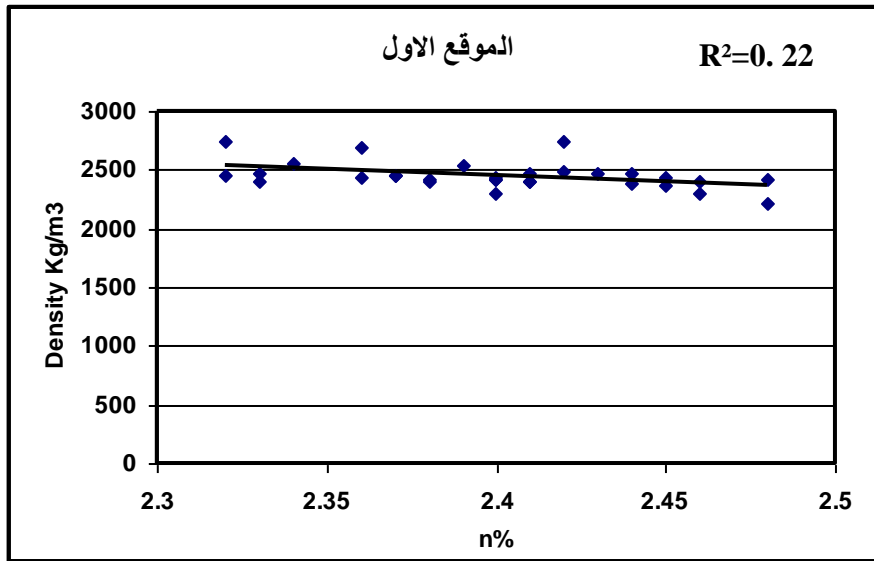
شكل (4-8) العلاقة بين السرعة القصية وألمسامية للمواقع الثلاث.



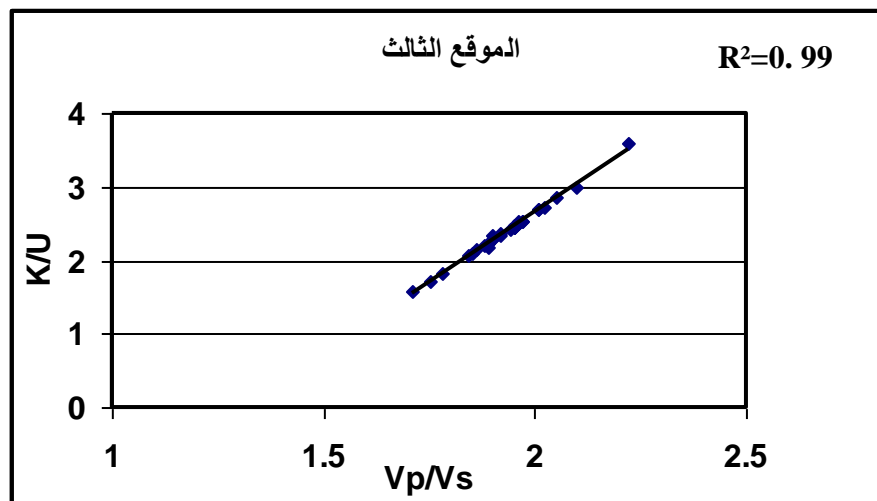
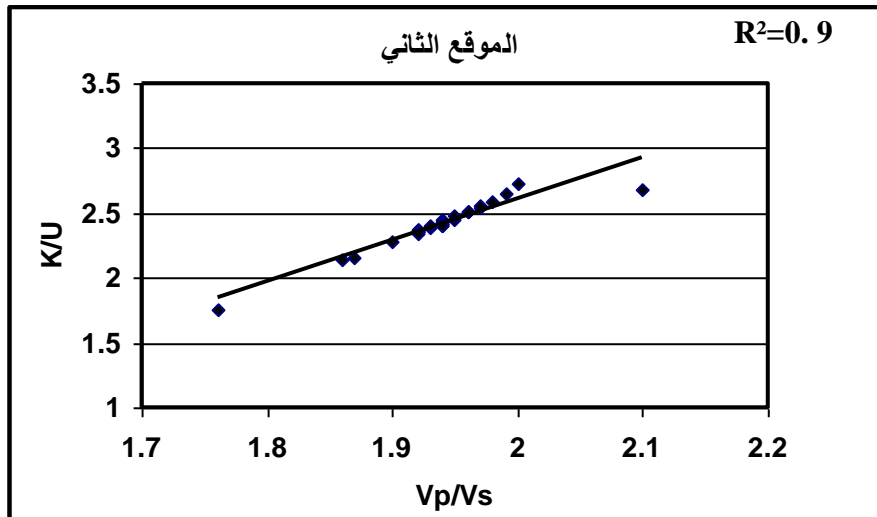
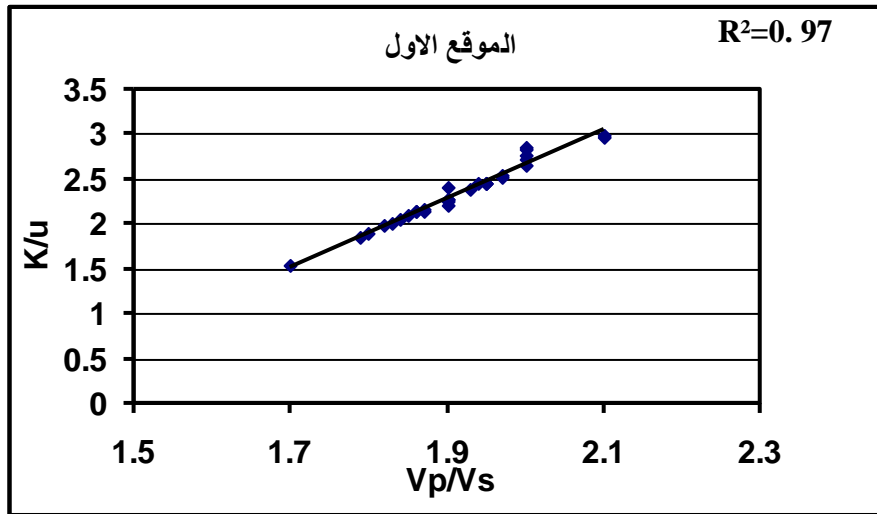
شكل (9-4) العلاقة بين السرعة الطولية ومعاملات المرونة.



شكل (10-4) العلاقة بين نسبة بوسان والنسبة V_p/V_s للمواقع الثلاث.



شكل (4-11) العلاقة بين الكثافة والمسامية للمواقع الثلاثة.



شكل (12-4) العلاقة بين النسبة Vp/Vs والنسبة K/μ للمواقع الثلاث.

جدول (4-7) قيم الممانعة الزلزالية ($\text{kg/m}^2.\text{sec}$) للمواقع الثلاث.

Sample NO.	First Location	Second Location	Third Location
1	1229840	1028276	1239565
2	1381603	1453010	1130155
3	1198829	1378868	1147861
4	1272744	1273495	1132587
5	1419151	1193670	1198933
6	1585343	1176816	1180944
7	1332326	1218963	1126727
8	1237545	1233248	1209010
9	1147970	1254145	1164508
10	1341729	1262223	1162314
11	1146460	1216736	1145144
12	1229502	1360487	1005725
13	1123969	1252955	1095266
14	1105357	1265532	1205129
15	1121327	1137457	1056930
16	1308973	1273270	1229248
17	1561791	1160156	1033800
18	1253095	1191099	1011587
19	1195336	1199339	1129192
20	1144481	1213126	1134923
21	1417178	1101150	1164573
22	1367232	1173661	1069620
23	1472064	1056852	1000487
24	1543264	1077844	1120101
25	1360629	1155459	1063636
26	1260626	1120074	1114892
27	1314169	942687	994195
28	1230334	1159405	1036315
29	1195550	1176775	1078952
30	1346982	1231362	1079686

جدول رقم (8-4) العلاقات المحسوبة.

العلاقة	الموقع الاول	الموقع الثاني	الموقع الثالث
$V_p \& \rho$	$V_p = 0.694\rho + 3553.8$	$V_p = 1.294\rho + 1375.5$	$V_p = 0.55\rho + 3066.8$
$V_s \& \rho$	$V_s = 0.373\rho + 1832.8$	$V_s = 0.47\rho + 1218.1$	$V_s = 0.0411\rho + 2189.1$
$V_p \& V_s$	$V_p = 1.4398V_s + 1301$	$V_p = 2.03V_s + 230$	$V_p = 0.9V_s + 4248.5$
$V_p \& n$	$V_p = -25.846n + 11465$	$V_p = -42.3n + 4844.4$	$V_p = -11.4n + 4472.9$
$V_s \& n$	$V_s = -17.21n + 6881.3$	$V_s = -17.271n + 2484.7$	$V_s = -1.1233n + 2299.5$
$V_p \& E$	$E = 0.002 \times 10^{10} V_p - 4 \times 10^{10}$	$E = 0.002 \times 10^{10} V_p - 4.65 \times 10^{10}$	$E = 0.0014 \times 10^{10} V_p - 2.834 \times 10^{10}$
$V_p \& K$	$K = 0.002 \times 10^{10} V_p - 5 \times 10^{10}$	$K = 0.002 \times 10^{10} V_p - 5.2 \times 10^{10}$	$K = 0.002 \times 10^{10} V_p - 5 \times 10^{10}$
$V_p \& \mu$	$\mu = 0.0006 \times 10^{10} V_p - 2 \times 10^{10}$	$\mu = 0.0006 \times 10^{10} V_p - 2 \times 10^{10}$	$\mu = 0.0018 \times 10^{10} V_p - 4.8 \times 10^{10}$
$V_p/V_s \& \sigma$	$V_p/V_s = 3.33\sigma + 0.882$	$V_p/V_s = 3.66\sigma + 0.77$	$V_p/V_s = 3.67\sigma + 0.78$
$\rho \& n$	$\rho = -11.123n + 5124.2$	$\rho = -19.12.3n + 2627.7$	$\rho = -24.5n + 2671$
$V_p/V_s \& k/\mu$	$K/\mu = 3.86V_p/V_s - 5.14$	$K/\mu = 3.84V_p/V_s - 5.04$	$K/\mu = 3.83V_p/V_s - 5.002$

4-2-17 معامل المرونة الساكن (Static) والحركي (dynamic).

اجري الفحص السكوني باستخدام جهاز الانضغاط الراسي المتوفر في قسم الفيزياء-كلية العلوم-جامعة بغداد على تسعة نماذج عشوائيه، ثلاثة نماذج لكل موقع وحسب معامل يونك السكوني باستخدام المعادلة (4-5) بعد تحضير النماذج في القسم وبابعاد $1 \times 1 \times 2 \text{ cm}^3$ حسب مواصفات الجمعية الامريكية لفحص المواد (ASTM, 1985)، وكانت قيمته تتراوح بين (5-12GPa) والمعدل هو (5.5GPa)، تتراوح المرونة الحركية التي تمثل نسبة معامل يونك الحركي (Dynamic) الى معامل يونك الساكن (Static) بين (3.0-7.6) ومن ملاحظة الجدول (4-9) نجد ان القيم العالية لمعامل يونك الساكن تكون في الموقع الاول مما يعني ان الصلابة في هذا الموقع اكبر من المواقع الاخرى وكلما زادت المرونة الحركية كلما كانت الصخور اقل صلابة، شكل (4-13) يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.

$$E_s = \frac{F/A}{\Delta L/L} \dots\dots\dots (5-4)$$

اذ ان

F : القوة المسلطة.

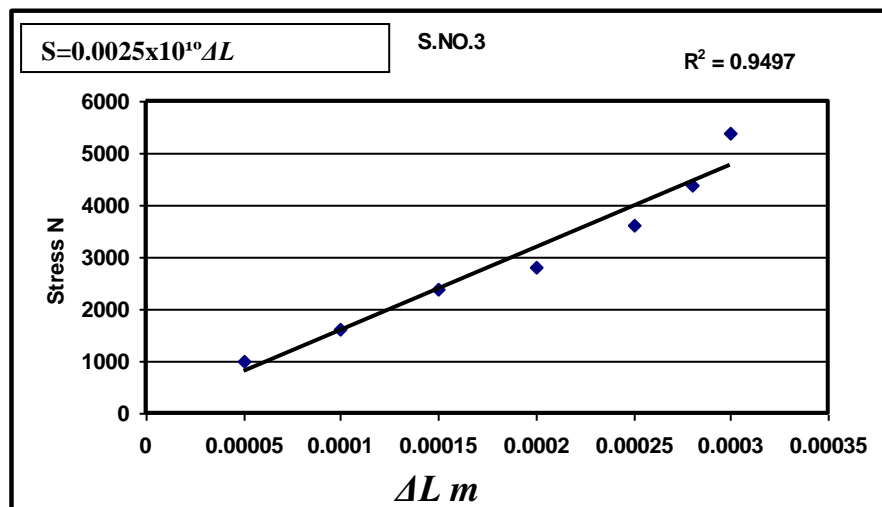
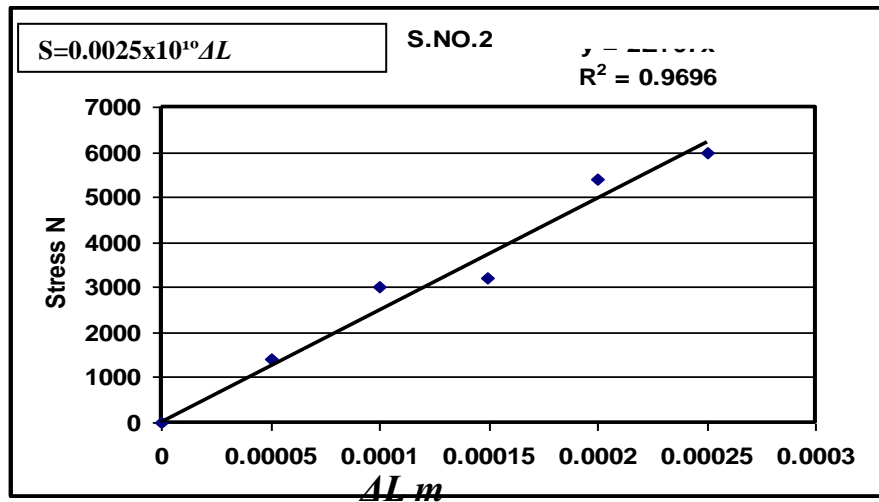
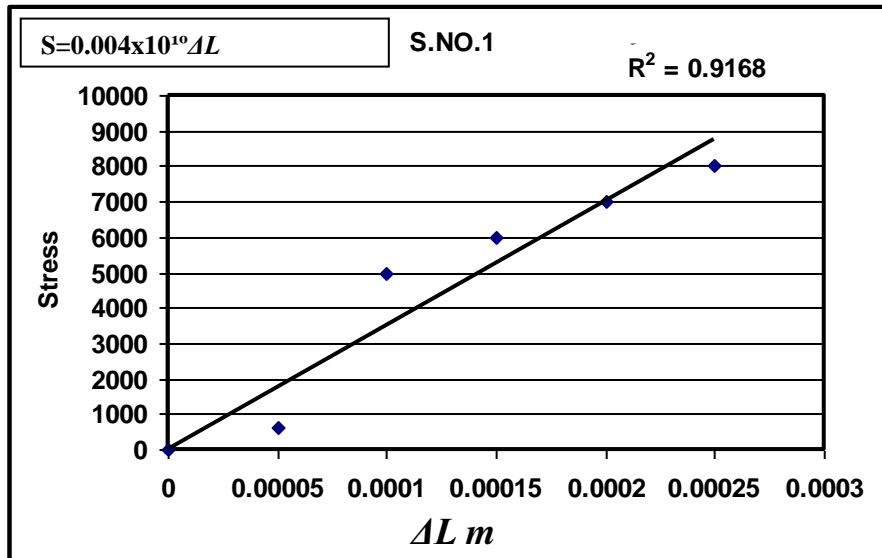
A : مساحة المقطع العرضي.

ΔL : التغير بالطول.

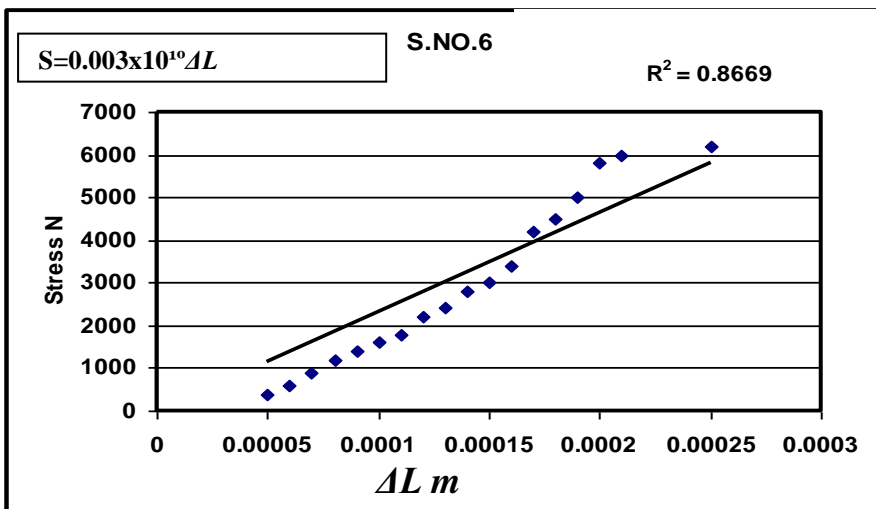
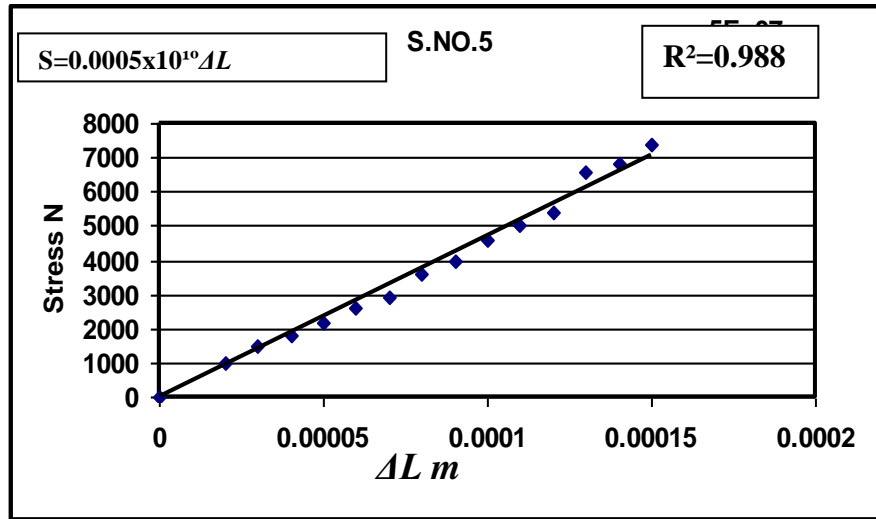
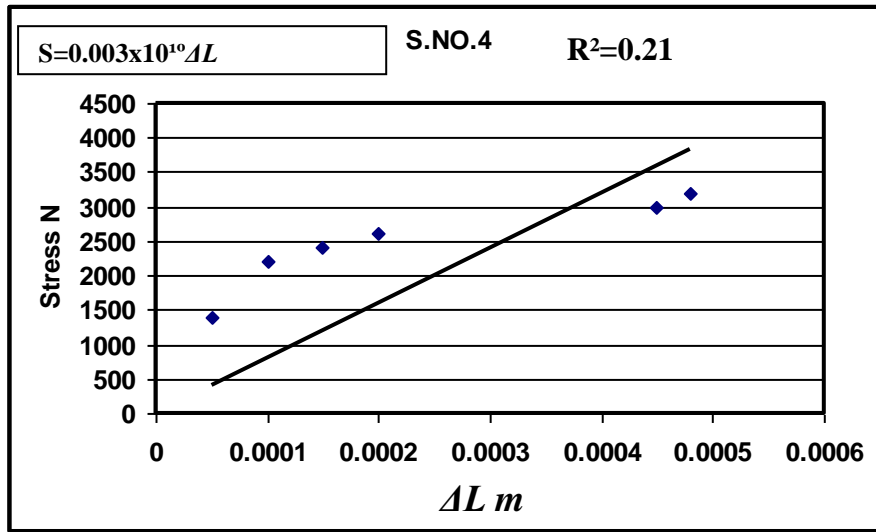
L : الطول الاصلي.

جدول (4-9) قيم معامل يونك E المحسوبة بالطرائق الساكنة.

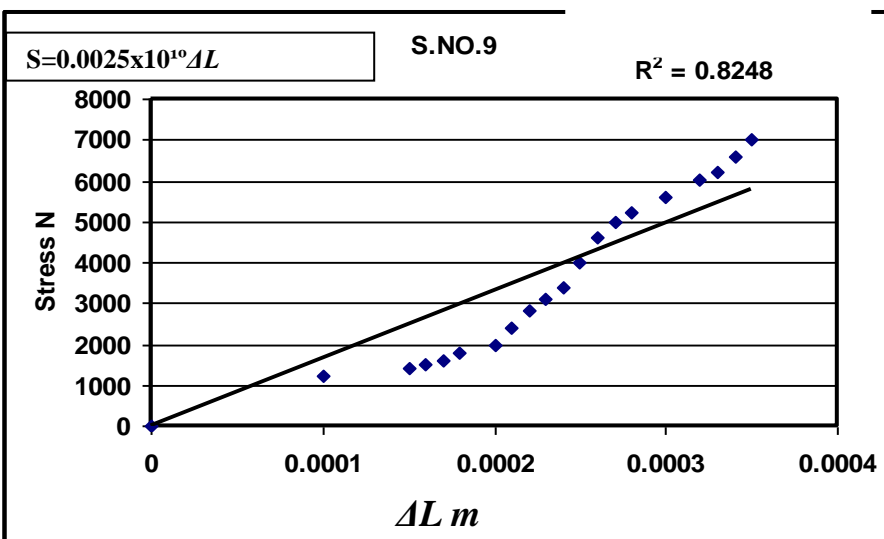
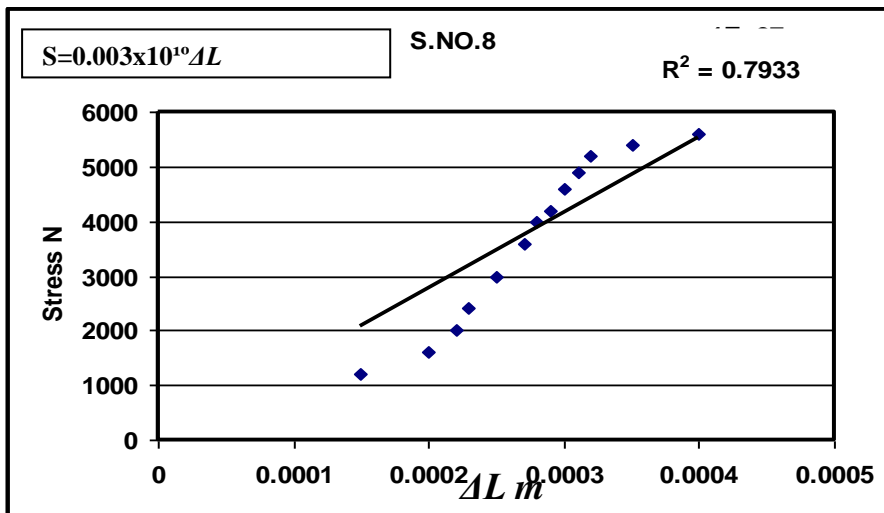
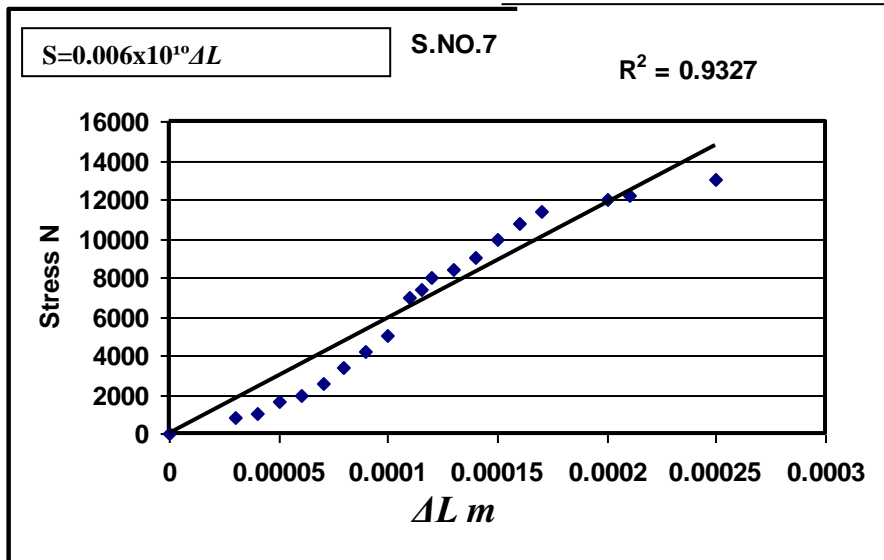
Sample NO.	الموقع الاول			الموقع الثاني			الموقع الثالث		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Edynamic (GPa)	29	30	39	35	35	46	38	35	35
Estatic (GPa)	8	10	12	5	5	6	6	6	5
Edy/Est	3.7	3.0	3.2	7	7	7.6	6.3	5.8	7



شكل (4-13a) يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.



شكل (b13-4) يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.



شكل (c13-4) يوضح العلاقة بين الجهد المسلط والتغير بالطول.

3-4 القياسات للنماذج المشبعة.1-3-4 حساب السرعة الزلزالية.

تتأثر السرعة الطولية بصورة أكبر من السرعة القصية في حالة التشبع وهذا السلوك يعطي ملامح على وجود المسامات والفجوات الدقيقة (Yu, et al., 1993) ، تكون السرعة للنماذج الجافة أكبر من السرعة للنماذج المشبعة وقد يحدث العكس وتزداد نسبة الاختلاف مع زيادة المسامية (Berge, et al., 1995)، ونلاحظ عند تشبيح النماذج بالماء الاعتيادي انخفاض السرعة الزلزالية في جميع المواقع جدول (9-4) و(10-4) حيث تنخفض السرعة الطولية والقصية بنسبة (21%) و (22%) في الموقع الأول على التوالي اما في الموقع الثاني فكانت نسبة الاختلاف (3%) للسرعة الطولية و(0.4%) للسرعة القصية بينما في الموقع الثالث فان السرعة تزداد لمعظم النماذج عند تشبيحها بالماء بمقدار (1.4%) و (5.5%) للموجتين الطولية والقصية على التوالي لان السرعة في الماء هي (1460m/s) بينما في الهواء فان السرعة تكون (331m/s) (Yu, et al., 1993) وعليه فعند تشبيح النماذج بالماء يؤدي الى زيادة السرعة بنسبة اكثر مما لو كانت مشبعة بالهواء وهذا يصح عندما تكون الصخرة كثيرة الفجوات الاشكال (14-4) و(15-4) توضح اختلاف السرعة الزلزالية للنماذج الجافة عن السرعة الزلزالية للنماذج المشبعة للمواقع الثلاث للموجتين الطولية والقصية.

2-3-4 الكثافة للنماذج المشبعة.

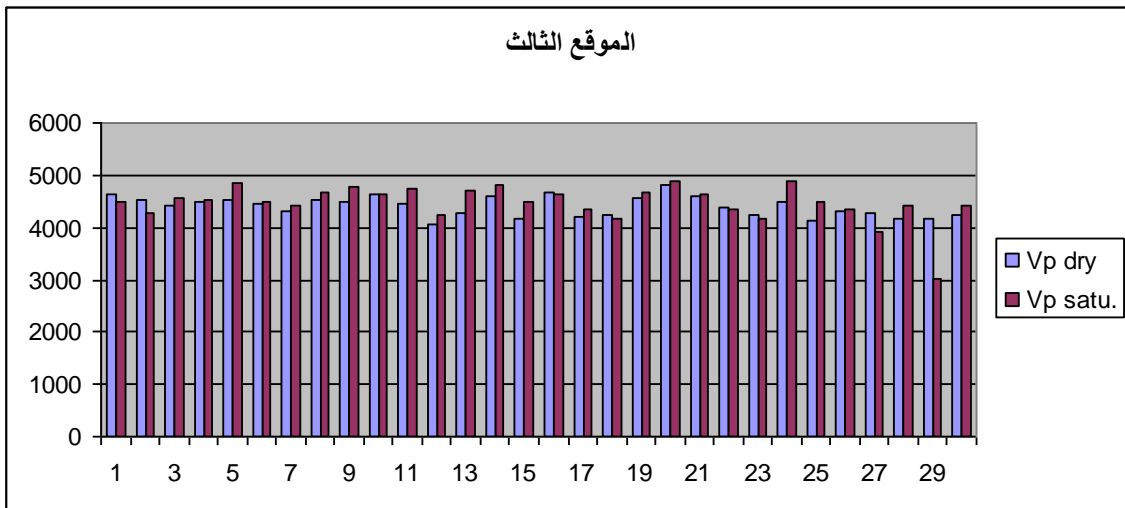
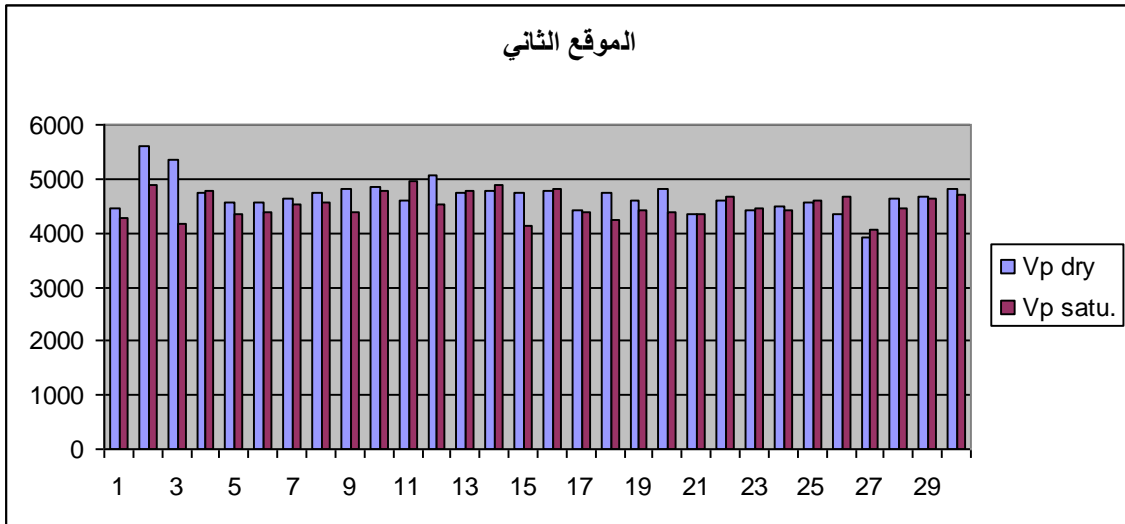
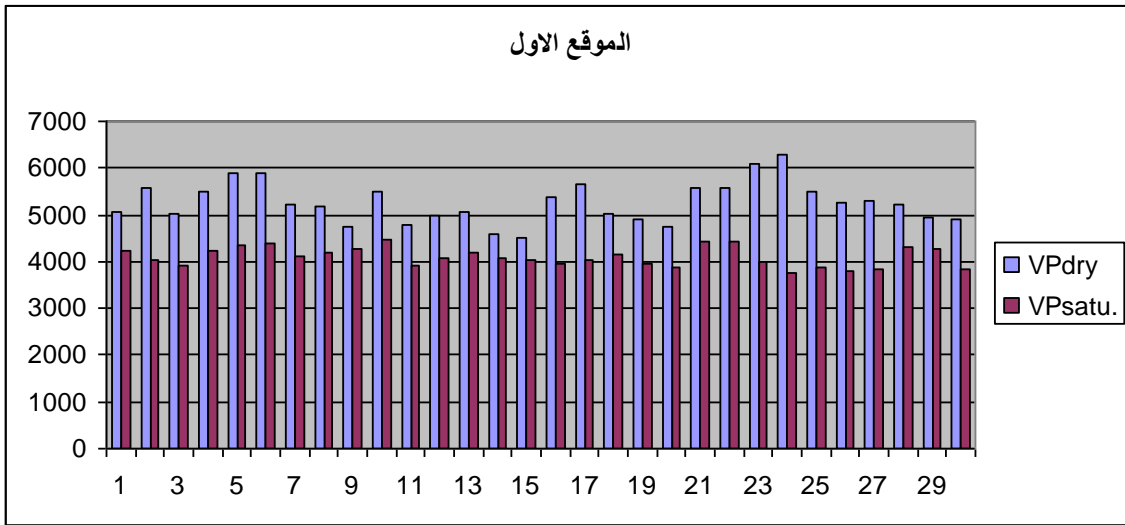
بعد تشبيح النماذج بالماء الاعتيادي لوحظ ارتفاع قيم الكثافة لجميع النماذج للمواقع الثلاث بسبب الزيادة التي تحصل في الوزن جدول (11-4) و (12-4) و(13-4) وان هذه الزيادة في الكثافة تؤدي الى تغيير معاملات المرونة وبالتالي تآثر على السرعة الزلزالية اعتمادا على درجة التشبع اذا كان تشبع تام او غير تام (بقاء مناطق غير مشبعة)، تعتبر دراسة تأثير التشبع مهمة جدا حيث تؤدي الى تغيير الصفات الفيزيائية ومعاملات المرونة، بلغت نسبة الكثافة الرطبة الى الكثافة الجافة (1.3%) للموقع الاول و(2.0%) للموقع الثاني اما في الموقع الثالث فنلاحظ انها تصل الى (3.3%) بسبب المسامية العالية لصخور هذا الموقع شكل (16-4).

3-3-4 معاملات المرونة.

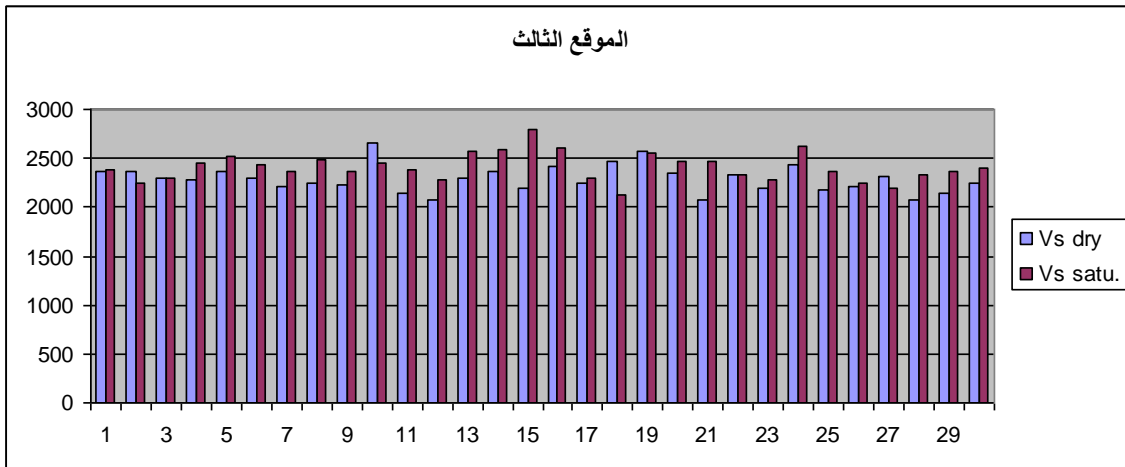
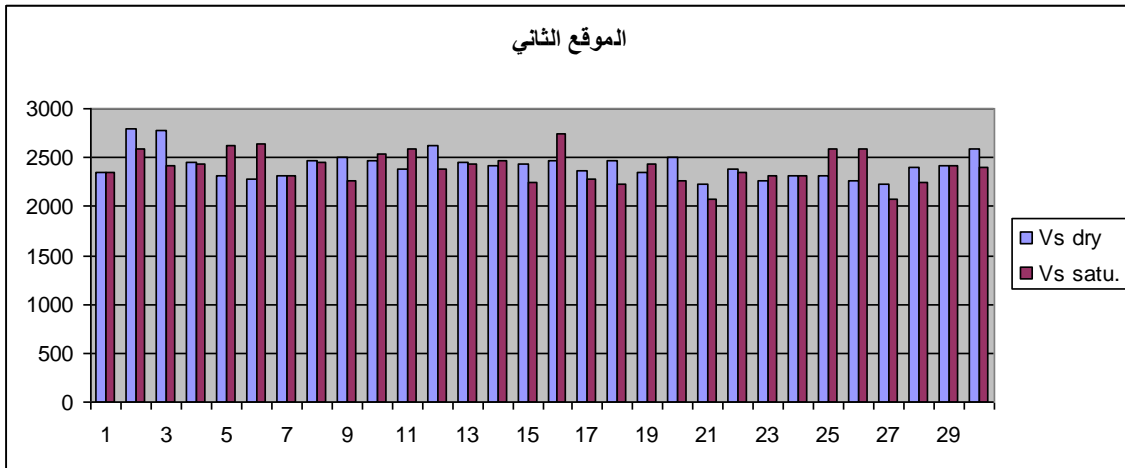
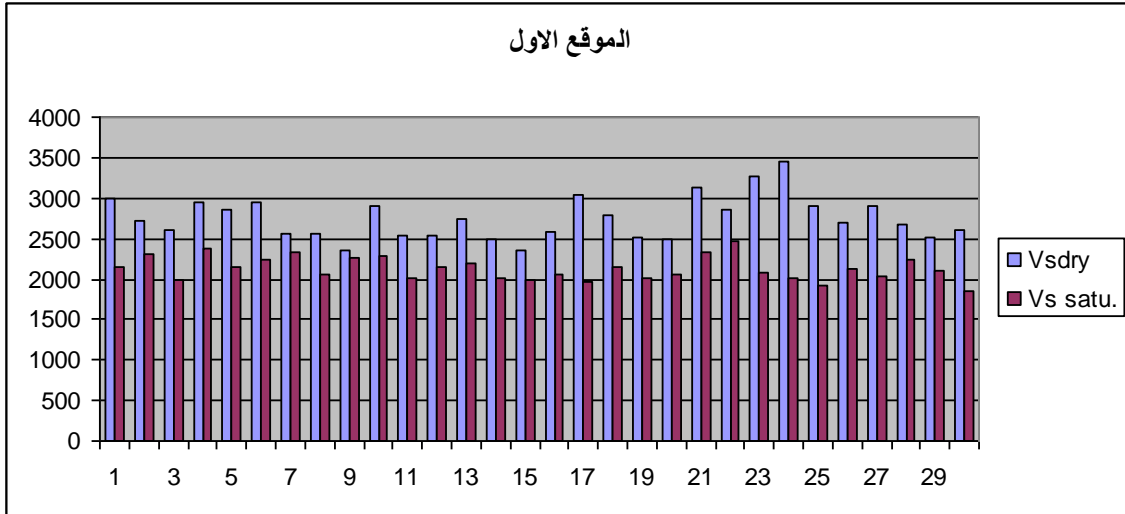
تتأثر معاملات المرونة بدرجة التشبع وخصوصا معامل يونك عما هو عليه في حالة الجفاف بينما تزداد قيمة المعامل الحجمي مع زيادة نسبة التشبع وهذا يبدو واضحا في الموقع الثالث

جدول (4-10) مقارنة السرعة الطولية المشبعة للمواقع الثلاث.

جدول (4-10) مقارنة السرعة القصية للمواقع الثلاث.



شكل (4-14) السرعة الطولية للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث

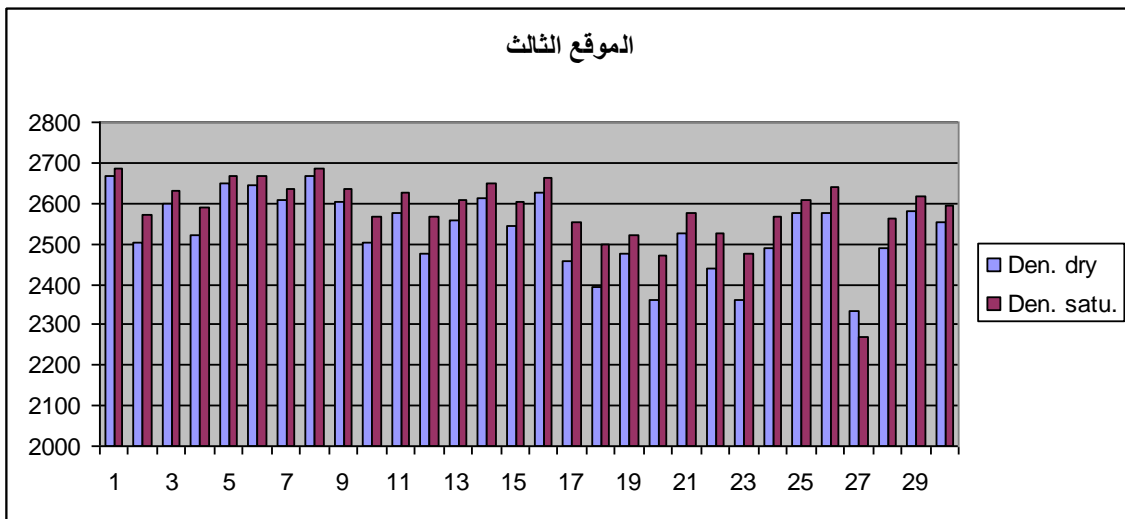
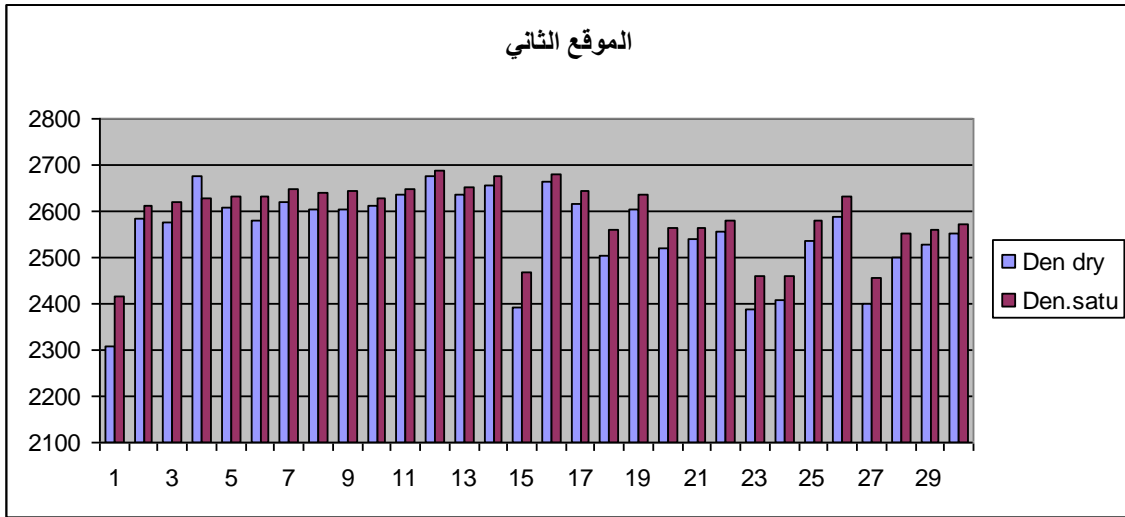
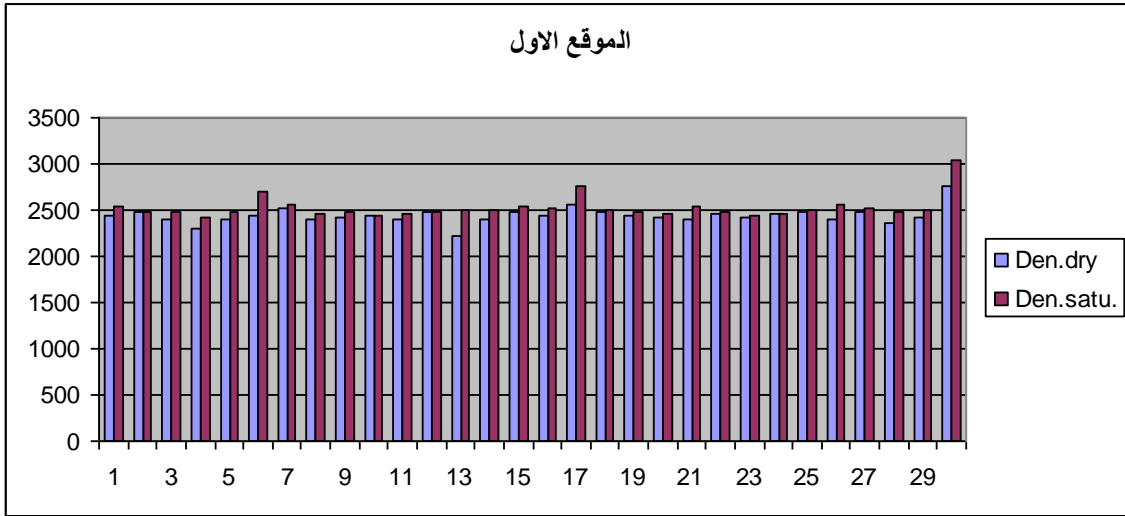


شكل (4-15) مقارنة السرعة القصية للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثالث.

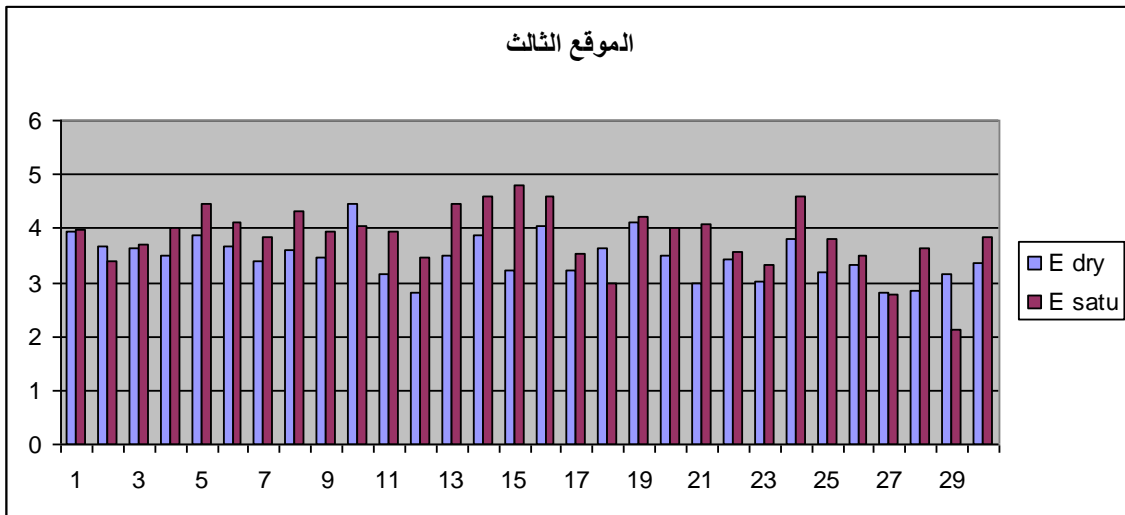
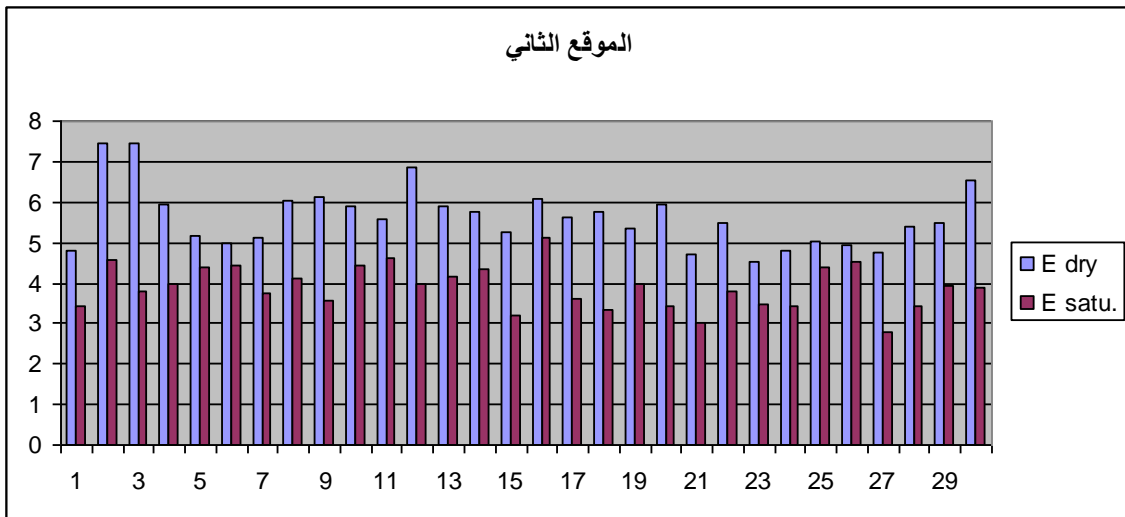
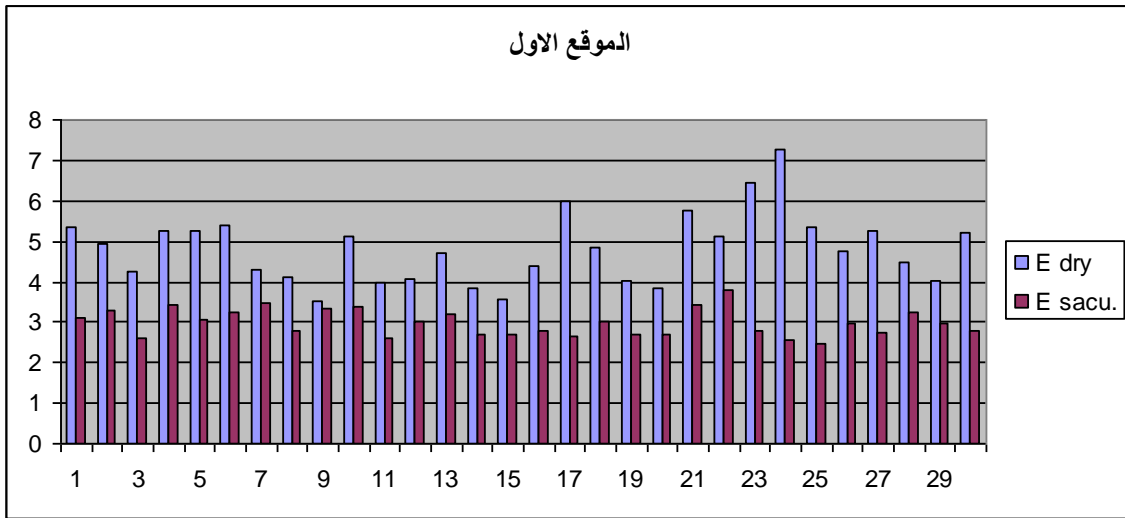
جدول (4-11) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة للموقع الاول للنماذج المشبعة.

جدول (4-12) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة للموقع الثاني للنماذج المشبعة.

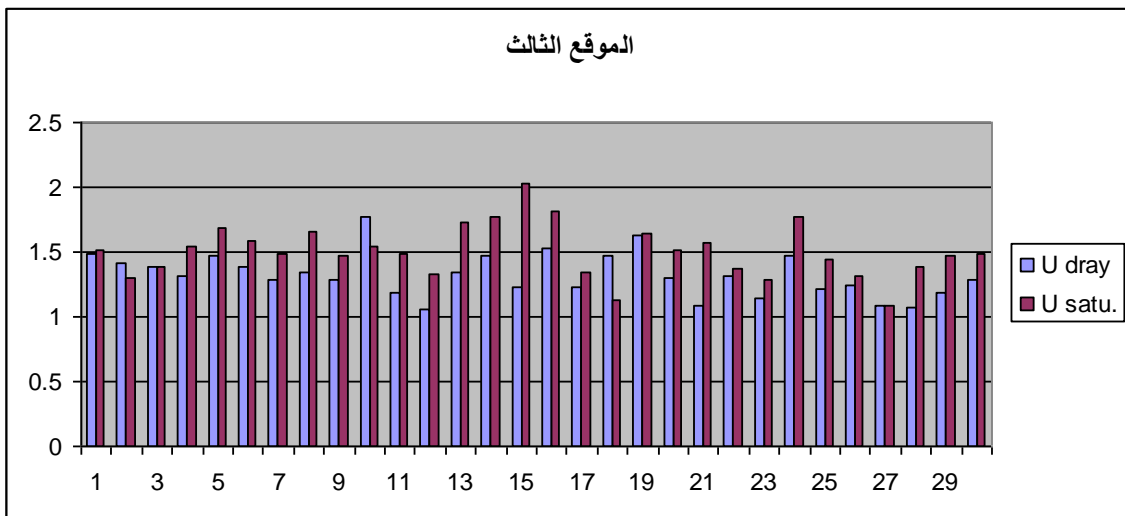
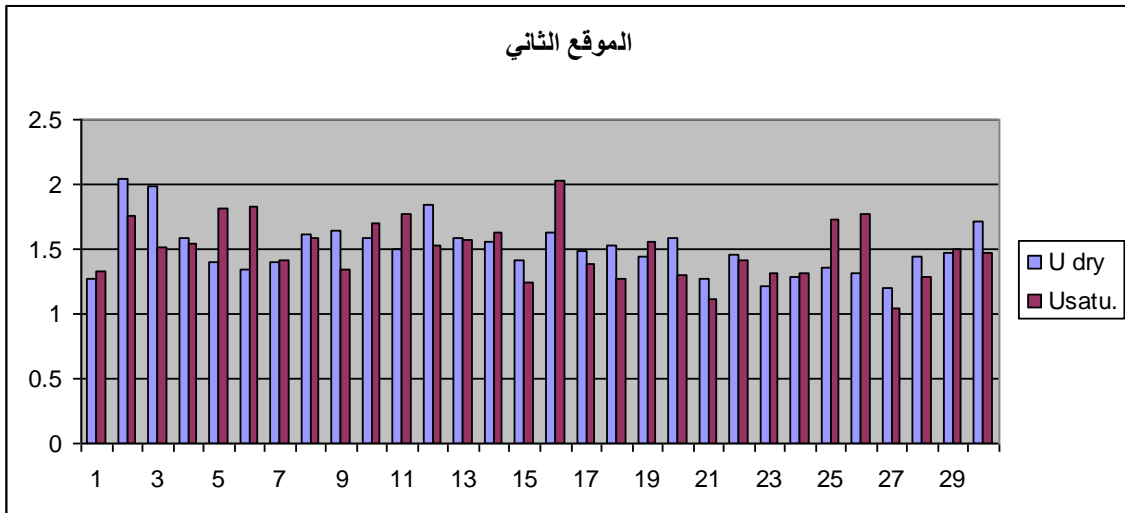
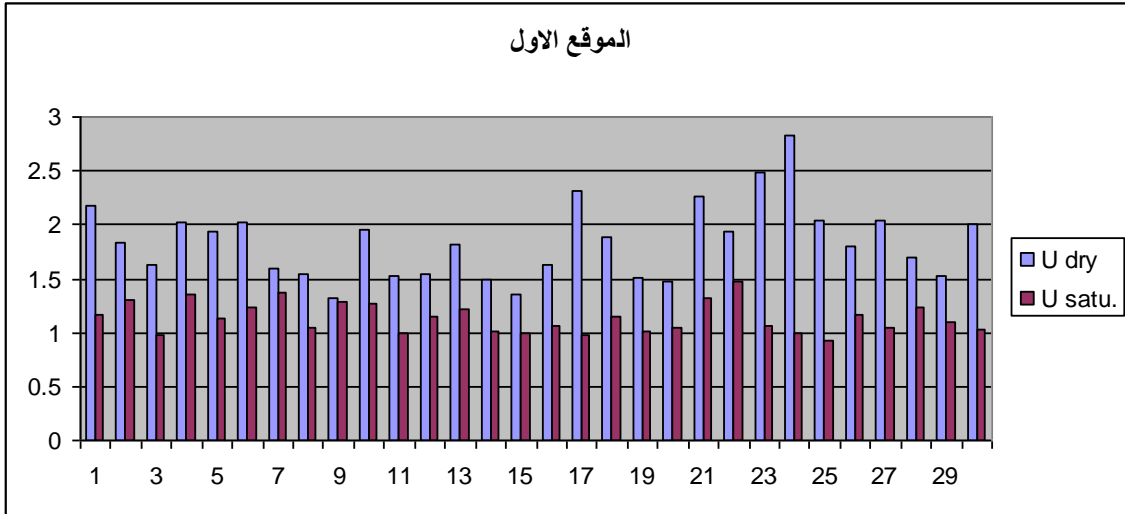
جدول (4-13) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة للموقع الثالث للنماذج المشبعة.



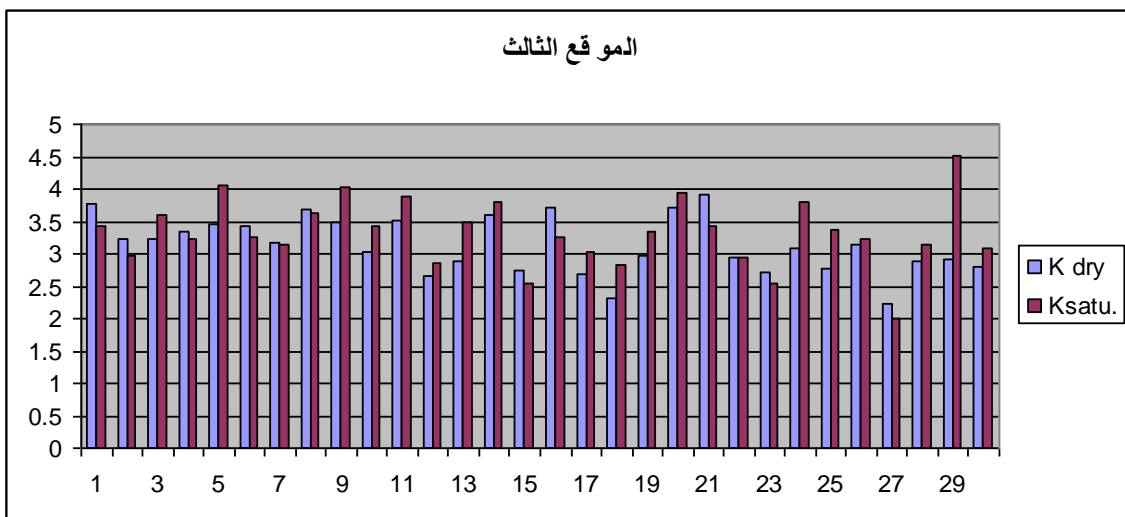
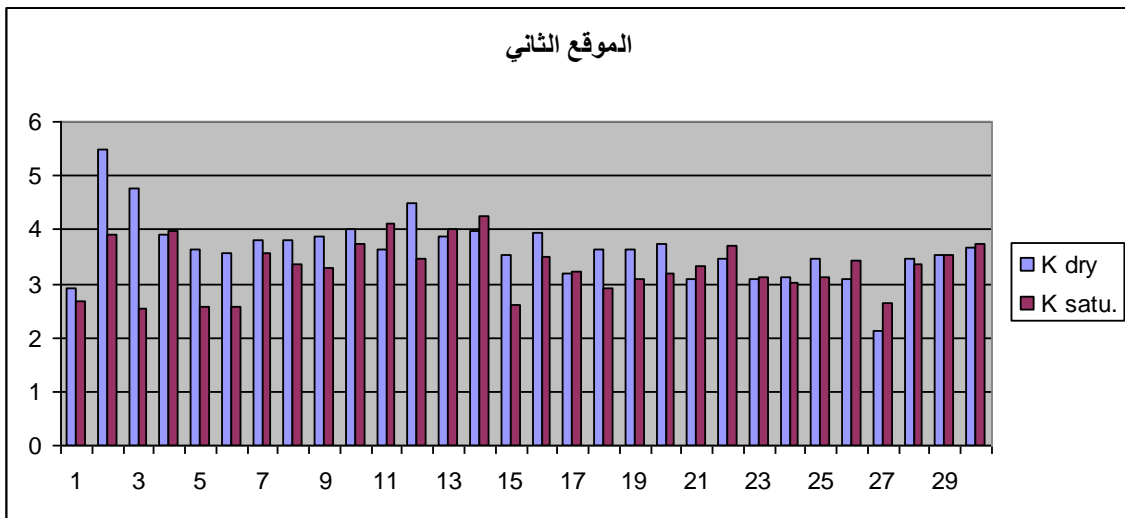
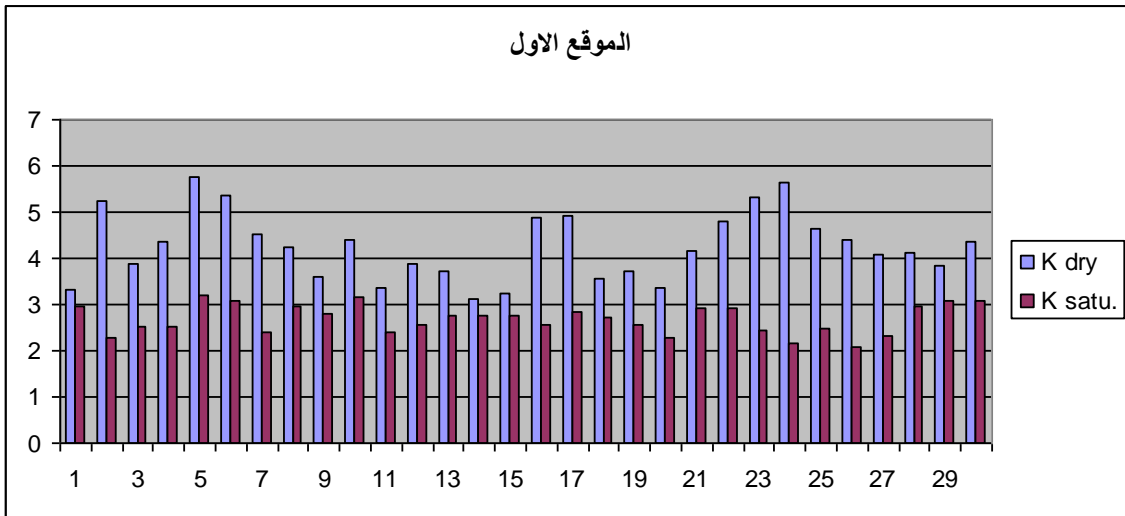
شكل (4-16) يوضح الكثافة الجافة والمشبعة للمواقع الثلاثة.



شكل (4-17) معامل يونك للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاثة.



شكل (4-18) معامل الصلادة للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث.



شكل (4-19) المعامل الحجمي للنماذج الجافة والمشبعة للمواقع الثلاث.

بينما في الموقع الاول نلاحظ العكس لعدم تآثر السرعة الزلزالية التي تتأثر بدرجة التشبع كما ذكر اعلاه جدول(11-4) و (12-4) و(13-4)، شكل (17-4) و (18-4) و (19-4) يوضح اختلاف معاملات المرونة في حالة الجفاف عما هي عليه في الحالة المشبعة. من ملاحظة الاشكال السابقة لمعاملات المرونة نلاحظ ان سلوك المعامل الحجمي مقارب الى سلوك معامل يونك بسبب اعتمادهما على السرعة للموجتين الطولية والقصية اما معامل الصلادة فيرتبط بسلوك الموجة القصية.

4-4 المعاملات الجيوتكنيكية.

1-4-4 معامل المادة (Im).

استخدمت المعادلة (2-30) في حساب هذا المعامل للمواقع الثلاث جدول (4-15) وكانت قيمته في الموقع الاول (-0.242) والموقع الثاني (-0.26) اما الموقع الثالث فبلغت قيمته (-0.25) مما يدل على قلة صلابة صخور هذا المقلع بسبب الفجوات والمسامية العالية لهذا الموقع وعند الرجوع الى التصنيف المذكور سابقا لمعامل المادة نجد ان صخور المواقع الثلاث تقع ضمن الصنف (II) وتمثل الصخور للحجر الجيري عالي التكسر كما جاء في المصدر في الفصل الثاني.

2-4-4 معامل ضغط الارض الجانبي (K₀).

وهو من المعاملات الجيوتكنيكية المهمة من الناحية الهندسية ويعرف انه النسبة بين الجهد الأفقي الفعال والجهد العمودي الفعال (Hunt, 1986) ويحسب وفق المعادلة الآتية:

$$K_0 = \delta h / \delta v \dots \dots \dots (6-4)$$

اذ ان

δh : الجهد الافقي.

δv : الجهد العمودي.

والذي يستخدم في بعض الحقول ومنها:

1. حساب الهبوط في مختلف المواقع.

2. تحليل الفشل في المنحدرات.

3. حساب ضغط التمدد الجانبي للتربة المتمددة.

وهناك علاقة مباشرة بين K_0 ونسبة بوسان (σ) المعطاة بالمعادلة الآتية:

$$K_0 = \sigma / (1 - \sigma) \dots \dots \dots (7-4)$$

استخدمت المعادلة (4-7) في حساب هذا المعامل وكانت قيمته تتراوح بين (0.30-0.53) للموقع الاول والمعدل هو (0.45) وفي الموقع الثاني كانت تتراوح بين (0.35- 0.50) والمعدل هو (0.465) اما في الموقع الثالث فكانت قيمته تتراوح بين (0.31-0.59) والمعدل هو (0.45) ان سلوك هذا المعامل هو مشابه الى سلوك نسبة بوسان حيث يزداد مع قلة صلابة الصخور (الفهداوي، 2000) جدول (4-16) يوضح قيم هذا المعامل لثلاثة مواقع.

جدول (4-15) قيم معامل المادة (Im) للمواقع الثلاث.

Sample NO.	First Location	Second Location	Third Location
1	0.072	-0.240	-0.304
2	-0.376	-0.336	-0.240
3	-0.268	-0.280	-0.252
4	-0.192	-0.280	-0.304
5	-0.396	-0.316	-0.256
6	-0.332	-0.328	-0.284
7	-0.368	-0.344	-0.284
8	-0.352	-0.256	-0.348
9	-0.344	-0.260	-0.340
10	-0.228	-0.296	-0.024
11	-0.212	-0.280	-0.396
12	-0.300	-0.276	-0.296
13	-0.164	-0.280	-0.188
14	-0.176	-0.308	-0.284
15	-0.264	-0.288	-0.220
16	-0.396	-0.272	-0.276
17	-0.188	-0.196	-0.208
18	-0.100	-0.260	0.044
19	-0.284	-0.300	-0.076
20	-0.236	-0.260	-0.376
21	-0.084	-0.276	-0.488
22	-0.284	-0.256	-0.216
23	-0.196	-0.300	-0.260
24	-0.140	-0.272	-0.176
25	-0.232	-0.308	-0.236
26	-0.280	-0.252	-0.300
27	-0.148	-0.044	-0.164
28	-0.280	-0.272	-0.344
29	-0.304	-0.268	-0.280
30	-0.200	-0.192	-0.220

جدول (4-16) قيم المعامل K_o للمواقع الثلاث.

Sample NO.	First Location	Second Location	Third Location
1	0.302	0.449	0.484
2	0.524	0.502	0.449
3	0.464	0.471	0.456
4	0.425	0.471	0.484
5	0.536	0.490	0.458
6	0.499	0.497	0.473
7	0.520	0.506	0.473
8	0.511	0.458	0.508
9	0.506	0.460	0.504
10	0.443	0.479	0.344
11	0.435	0.471	0.536
12	0.481	0.468	0.479
13	0.410	0.471	0.422
14	0.416	0.486	0.473
15	0.462	0.475	0.439
16	0.536	0.466	0.468
17	0.422	0.427	0.433
18	0.379	0.460	0.314
19	0.473	0.481	0.368
20	0.447	0.460	0.524
21	0.372	0.468	0.592
22	0.473	0.458	0.437
23	0.427	0.481	0.460
24	0.399	0.466	0.416
25	0.445	0.486	0.447
26	0.471	0.456	0.481
27	0.403	0.353	0.410
28	0.471	0.466	0.506
29	0.484	0.464	0.471
30	0.429	0.425	0.439

3-4-4 زاوية الاحتكاك الداخلي الفعالة (ϕ) Angle of internal friction

تحسب مختبرياً من فحص الانضغاط ثلاثي المحاور ويستخدم هذا المعامل في تقويم الخواص الهندسية للصخور كما يرتبط بعلاقة مع معامل ضغط الأرض الجانبي بالإضافة الى انه يمكن حساب هذا المعامل بدلالة السرعة الزلزالية من المعادلة الآتية:
(Hunt, 1986, Bowles, 1984).

$$\text{Sin}\phi = 2(V_s/V_p)^2 \dots\dots\dots (9-4)$$

جدول (18-4) يوضح القيم لـ $\text{Sin}\phi$ المحسوبة من المعادلة اعلاه للمواقع الثلاث التي كانت في الموقع الاول تتراوح بين (0.464-0.698) والمعدل هو (0.548)، وفي الموقع الثاني تراوحت بين (0.493-0.646) والمعدل هو (0.534) اما في الموقع الثالث فكانت تتراوح بين (0.41-0.685) والمعدل هو (0.542) والتذبذب في القيم ناتج عن اختلاف الصخرية التي تؤدي الى اختلاف صلابة الصخور، ياخذ هذا المعامل سلوك معاكس الى سلوك معامل ضغط الأرض الجانبي كما ان هناك علاقة مباشرة بينهما (Hunt, 1986, Bowles, 1984).

$$\text{Sin}\phi = 0.95 - K_0 \dots\dots\dots (10-4)$$

4-4-4 معامل اللدونة I_p

يمكن ايجاد معامل اللدونة للصخور بعد ايجاد K_0 بشكل مباشر من السرعة الزلزالية وحسب المعادلة الآتية:

$$I_p = (K_0 - 0.4) / 0.007 \dots\dots\dots (11-4)$$

ويمكن ان توصف الصخور بكونها لدنة او غير لدنة اعتمادا على الجدول (17-4)
(Hunt, 1986, Bowles, 1984).

استخدمت المعادلة اعلاه في حساب هذا المعامل جدول (19-4) وكانت قيمته في الموقع الاول تتراوح بين (0-19.43) والمعدل هو (7.4521)، وفي الموقع الثاني تراوحت بين (0-15.14) والمعدل هو (9.3857) اما في الموقع الثالث فكانت تتراوح بين (0-27.4) والمعدل هو (8.317) ومن ملاحظة الجدول (17-4) نجد ان الموقع الاول ذو لدونة متوسطة وقد يفسر هذا بسبب زيادة نسبة اوكسيد المغنسيوم كما في الجدول (1-1) التي تؤدي الى زيادة الصلادة لصخور هذا الموقع.

جدول (4-17) معامل اللدونة ووصفها (Bowles, 1984, Hunt, 1986).

اللدونة	معامل اللدونة
غير لدنة	0
لدونة قليلة	<7
لدونة متوسطة	7-17
لدونة عالية	>17

جدول (4-18) قيم $\sin\phi$ للمواقع الثلاث.

Sample NO.	First Location	Second Location	Third Location
1	0.6980	0.554	0.517
2	0.4769	0.497	0.551
3	0.5352	0.538	0.544
4	0.5753	0.529	0.517
5	0.4650	0.510	0.542
6	0.5008	0.503	0.528
7	0.4801	0.494	0.527
8	0.4894	0.543	0.493
9	0.4936	0.541	0.495
10	0.5575	0.520	0.656
11	0.5657	0.531	0.462
12	0.5179	0.532	0.522
13	0.5901	0.529	0.577
14	0.5846	0.514	0.528
15	0.5375	0.525	0.561
16	0.4640	0.534	0.531
17	0.5774	0.572	0.567
18	0.6202	0.540	0.685
19	0.5281	0.519	0.632
20	0.5538	0.541	0.476
21	0.6276	0.531	0.407
22	0.5272	0.541	0.562
23	0.5742	0.519	0.540
24	0.6010	0.533	0.583
25	0.5546	0.514	0.553
26	0.5295	0.544	0.519
27	0.5980	0.646	0.589
28	0.5296	0.534	0.495
29	0.5168	0.536	0.529
30	0.5706	0.575	0.561

جدول (4-19) قيم معامل اللدونة المحسوبة للمواقع الثلاث.

Sample NO.	First Location	Second Location	Third Location
1	0	7	12
2	17.71	14.57	7
3	9.143	10.14	8
4	3.571	10.14	12
5	19.43	12.86	8.29
6	14.14	13.86	10.4
7	17.14	15.14	10.4
8	15.86	8.286	15.4
9	15.14	8.571	14.9
10	6.143	11.29	0
11	5	10.14	19.4
12	11.57	9.714	11.3
13	1.429	10.14	3.14
14	2.286	12.29	10.4
15	8.857	10.71	5.57
16	19.43	9.429	9.71
17	3.143	3.857	4.71
18	0	8.571	0
19	10.43	11.57	0
20	6.714	8.571	17.7
21	0	9.714	27.4
22	10.43	8.286	5.29
23	3.857	11.57	8.57
24	0	9.429	2.29
25	6.429	12.29	6.71
26	10.14	8	11.6
27	0.429	0	1.43
28	10.14	9.429	15.1
29	12	9.143	10.1
30	4.143	3.571	5.57

جدول (4-4) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج الجافة (الموقع الاول) .

Sample No.	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	ρ kg/m ³	n%	K×10 GPa	μ ×10 GPa	K/ μ	E ×10 GPa	σ	β N/m ² ×10 ⁻¹¹	λ ×10 GPa
1	5052.90	2985.02	1.70	2433.93	2.44	3.34	2.1780	1.5335	5.365	0.232	3.00	1.88
2	5590.14	2729.62	2.00	2471.50	2.46	5.24	1.8305	2.8626	4.918	0.344	1.91	4.02
3	5015.60	2594.63	1.90	2390.20	2.41	3.89	1.6200	2.4012	4.268	0.317	2.57	2.81
4	5511.60	2956.16	1.86	2309.21	2.32	4.35	2.0300	2.1429	5.269	0.298	2.30	3.00
5	5905.50	2847.67	2.10	2403.10	2.40	5.76	1.9420	2.9660	5.238	0.349	1.74	4.47
6	5887.80	2946.23	2.00	2692.59	2.33	5.38	2.0210	2.6620	5.388	0.333	1.86	4.03
7	5220.20	2557.50	2.00	2552.25	2.45	4.54	1.6010	2.8357	4.297	0.342	2.20	3.47
8	5166.60	2555.65	2.00	2395.28	2.36	4.25	1.5425	2.7553	4.128	0.338	2.35	3.22
9	4751.00	2360.20	2.00	2416.27	2.39	3.60	1.3256	2.7158	3.542	0.336	2.77	2.72
10	5482.80	2894.76	1.90	2447.16	2.34	4.41	1.9579	2.2524	5.117	0.307	2.27	3.11
11	4772.60	2538.28	1.90	2402.17	2.37	3.36	1.5271	2.2002	3.979	0.303	2.97	2.34
12	4977.50	2532.97	1.97	2470.12	2.40	3.88	1.5365	2.5252	4.073	0.325	2.57	2.86
13	5070.60	2754.27	1.84	2216.64	2.40	3.74	1.8167	2.0587	4.690	0.291	2.68	2.52
14	4596.90	2485.30	1.85	2404.57	2.41	3.11	1.4878	2.0903	3.849	0.294	3.22	2.11
15	4522.50	2344.57	1.93	2479.44	2.46	3.23	1.3512	2.3905	3.557	0.316	3.10	2.33
16	5363.50	2583.47	2.10	2440.52	2.45	4.86	1.6319	2.9781	4.403	0.349	2.06	3.77
17	5674.70	3049.10	1.86	2752.20	2.48	4.92	2.3076	2.1321	5.986	0.297	2.03	3.38
18	5024.70	2798.10	1.80	2493.87	2.42	3.58	1.8914	1.8928	4.824	0.275	2.80	2.32
19	4887.00	2511.31	1.95	2445.95	2.40	3.72	1.5165	2.4530	4.005	0.321	2.69	2.71
20	4738.60	2493.52	1.90	2415.23	2.37	3.35	1.4717	2.2763	3.852	0.309	2.98	2.37
21	5570.80	3120.75	1.79	2543.94	2.32	4.18	2.2580	1.8512	5.741	0.271	2.39	2.68
22	5572.10	2860.78	1.95	2453.71	2.38	4.79	1.9450	2.4627	5.139	0.321	2.09	3.49
23	6089.40	3262.74	1.87	2417.42	2.33	5.33	2.4800	2.1492	6.442	0.299	1.88	3.68
24	6287.90	3446.88	1.82	2454.34	2.38	5.63	2.8252	1.9928	7.262	0.285	1.77	3.75
25	5499.60	2896.10	1.90	2474.05	2.44	4.64	2.0426	2.2716	5.344	0.308	2.15	3.28
26	5242.30	2697.28	1.95	2404.72	2.48	4.41	1.8027	2.4463	4.759	0.320	2.27	3.20
27	5304.20	2900.27	1.83	2477.60	2.42	4.10	2.0360	2.0138	5.239	0.287	2.44	2.74
28	5203.40	2677.52	1.94	2364.48	2.36	4.14	1.6942	2.4436	4.473	0.320	2.42	3.01
29	4948.10	2515.34	1.97	2416.18	2.41	3.86	1.5225	2.5353	4.037	0.326	2.59	2.85
30	4893.90	2613.90	1.87	2752.37	2.43	4.35	2.0020	2.1728	5.207	0.300	2.30	3.01

جدول (4-12) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج المشبعة (الموقع الاول) .

Sample No.	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	ρ kg/m ³	K $\times 10$ GPa	μ $\times 10$ GPa	K/ μ	E $\times 10$ GPa	σ	β N/m ² $\times 10^{-11}$	λ $\times 10$ GPa
1	4234.08	2151.22	1.97	2534.62	2.98	1.17	2.55	3.11	0.33	3.36	2.2
2	4020.75	2298.13	1.75	2489.33	2.27	1.31	1.73	3.31	0.26	4.4	1.39
3	3923.45	1990.64	1.97	2488.29	2.52	0.98	2.57	2.62	0.33	3.98	1.86
4	4234.85	2367.30	1.79	2412.83	2.52	1.35	1.87	3.44	0.27	3.96	1.62
5	4363.29	2144.03	2.04	2489.03	3.21	1.14	2.82	3.07	0.34	3.11	2.45
6	4400.66	2243.8	1.96	2437.09	3.08	1.23	2.50	3.25	0.32	3.24	2.27
7	4106.02	2338.88	1.76	2526.19	2.42	1.38	1.75	3.48	0.26	4.14	1.5
8	4196.42	2060.45	2.04	2467.14	2.95	1.05	2.81	2.81	0.34	3.39	2.25
9	4263.52	2271.46	1.88	2483.97	2.81	1.28	2.20	3.34	0.3	3.56	1.95
10	4462.39	2280.49	1.96	2448.05	3.18	1.27	2.50	3.37	0.32	3.15	2.33
11	3899.49	2010.05	1.94	2455.66	2.41	0.99	2.43	2.62	0.32	4.15	1.75
12	4068.71	2158.08	1.89	2475.73	2.56	1.15	2.23	3.01	0.3	3.9	1.79
13	4194.17	2205.49	1.90	2497.01	2.77	1.21	2.29	3.18	0.31	3.61	1.96
14	4060.41	2014.46	2.02	2494.48	2.76	1.01	2.73	2.71	0.34	3.62	2.09
15	4032.95	1990.33	2.03	2531.78	2.78	1.00	2.78	2.69	0.34	3.6	2.11
16	3967.80	2052.06	1.93	2527.15	2.56	1.06	2.42	2.8	0.32	3.91	1.85
17	4042.81	1964.27	2.06	2552.36	2.86	0.98	2.92	2.65	0.35	3.5	2.2
18	4136.02	2147.56	1.93	2489.43	2.73	1.15	2.37	3.02	0.32	3.67	1.96
19	3956.58	2016.97	1.96	2489.78	2.55	1.01	2.52	2.68	0.32	3.93	1.87
20	3872.36	2056.89	1.88	2457.62	2.3	1.04	2.21	2.71	0.3	4.35	1.61
21	4416.37	2341.90	1.89	2408.52	2.94	1.32	2.23	3.45	0.3	3.41	2.06
22	4445.39	2440.50	1.82	2472.09	2.92	1.47	1.99	3.78	0.28	3.42	1.94
23	3987.18	2083.45	1.91	2433.73	2.46	1.06	2.32	2.77	0.31	4.06	1.76
24	3756.88	2000.59	1.88	2462.67	2.16	0.98	2.20	2.57	0.3	4.63	1.5
25	3864.67	1925.94	2.01	2503.40	2.5	0.93	2.69	2.48	0.33	4	1.88
26	3777.6	2133.45	1.77	2557.05	2.1	1.16	1.81	2.95	0.27	4.77	1.32
27	3839.20	2033.7	1.89	2528.95	2.33	1.05	2.22	2.73	0.3	4.29	1.64
28	4305.89	2230.27	1.93	2478.51	2.95	1.23	2.40	3.25	0.32	3.39	2.13
29	4269.31	2096.79	2.04	2503.40	3.1	1.1	2.82	2.95	0.34	3.23	2.36
30	3827.99	1844.14	2.08	3040.34	3.08	1.03	2.99	2.79	0.35	3.25	2.39

جدول (4 - 5) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج الجافة (الموقع الثاني) .

Sample No.	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	ρ kg/m ³	n%	K $\times 10$ GPa	μ $\times 10$ GPa	K/ μ	E $\times 10$ GPa	σ	β N/m ² $\times 10^{-11}$	λ $\times 10$ GPa
1	4453.55	2343.56	1.90	2308.89	10.64	2.90	1.27	2.2835	4.79	0.310	3.45	2.05
2	5620.58	2802.14	2.10	2585.16	2.79	5.48	2.04	2.6863	7.46	0.334	1.83	4.12
3	5350.40	2775.21	1.93	2577.13	4.30	4.75	1.99	2.3869	7.44	0.320	2.11	3.42
4	4756.71	2446.23	1.94	2677.26	1.98	3.90	1.59	2.4528	5.93	0.320	2.56	2.84
5	4578.94	2311.98	1.98	2606.87	2.71	3.62	1.40	2.5857	5.15	0.329	2.76	2.69
6	4561.32	2287.80	1.99	2579.99	5.27	3.58	1.35	2.6519	4.97	0.332	2.79	2.68
7	4649.53	2310.53	2.00	2621.69	2.81	3.81	1.40	2.7214	5.13	0.336	2.62	2.88
8	4738.67	2468.00	1.92	2602.52	3.94	3.80	1.61	2.3602	6.04	0.314	2.63	2.72
9	4814.45	2504.12	1.92	2604.96	4.72	3.87	1.64	2.3598	6.12	0.315	2.59	2.78
10	4835.92	2465.60	1.96	2610.10	1.98	4.00	1.59	2.5157	5.89	0.324	2.50	2.94
11	4613.88	2378.16	1.94	2637.12	1.10	3.64	1.50	2.4267	5.57	0.320	2.75	2.64
12	5081.64	2619.99	1.94	2677.26	1.20	4.48	1.84	2.4348	6.87	0.319	2.23	3.25
13	4756.71	2446.23	1.95	2634.08	1.96	3.87	1.58	2.4494	5.88	0.320	2.58	2.82
14	4764.32	2416.12	1.97	2656.27	1.96	3.97	1.56	2.5449	5.74	0.327	2.52	2.94
15	4751.74	2434.76	1.95	2393.77	7.58	3.52	1.42	2.4789	5.28	0.322	2.84	2.57
16	4781.05	2470.45	1.94	2663.16	1.60	3.93	1.63	2.4110	6.08	0.318	2.54	2.85
17	4432.29	2371.20	1.87	2617.51	2.74	3.19	1.48	2.1554	5.61	0.299	3.14	2.21
18	4753.31	2470.18	1.92	2505.83	5.26	3.63	1.53	2.3725	5.74	0.315	2.75	2.61
19	4604.06	2346.33	1.96	2604.96	2.99	3.62	1.44	2.5139	5.33	0.325	2.76	2.66
20	4814.45	2504.12	1.92	2519.76	4.57	3.75	1.58	2.3734	5.93	0.315	2.67	2.69
21	4335.61	2233.06	1.94	2539.78	2.50	3.10	1.27	2.4409	4.73	0.319	3.23	2.25
22	4588.88	2387.42	1.92	2557.62	2.34	3.45	1.46	2.3630	5.47	0.314	2.90	2.48
23	4426.14	2255.39	1.96	2387.75	7.14	3.07	1.22	2.5164	4.51	0.325	3.26	2.26
24	4477.53	2311.39	1.94	2407.23	5.30	3.12	1.29	2.4186	4.81	0.318	3.20	2.26
25	4558.76	2310.88	1.97	2534.59	4.57	3.47	1.36	2.5515	5.01	0.327	2.88	2.57
26	4329.81	2257.96	1.92	2586.89	4.68	3.10	1.32	2.3485	4.96	0.313	3.22	2.22
27	3925.54	2231.82	1.76	2401.42	5.36	2.11	1.20	1.7583	4.75	0.261	4.73	1.31
28	4638.62	2397.98	1.94	2499.46	5.24	3.47	1.44	2.4097	5.38	0.318	2.88	2.51
29	4657.01	2411.67	1.93	2526.89	3.37	3.53	1.47	2.4014	5.50	0.317	2.83	2.55
30	4827.32	2589.17	1.86	2550.82	2.13	3.68	1.72	2.1395	6.53	0.298	2.72	2.53

جدول (1-4) السرعة الطولية للمواقع الثلاثة للنماذج الجافة.

S. NO	First Location				Second Location				Third Location			
	Vp m/s with Strike	Vp m/s with Bedding plan	Vp m/s vertical to Bedding Plan	Vp m/s Average	Vp m/s with Strike	Vp m/s with Bedding plan	Vp m/s vertical to Bedding Plan	Vp m/s Average	Vp m/s with Strike	Vp m/s with Bedding plan	Vp m/s vertical to Bedding Plan	Vp m/s Average
1	5448.72	5406.98	4302.89	5052.90	4642.86	4441.49	4276.32	4453.6	4799.12	4675.00	4456.52	4643.5
2	5657.90	5639.54	5472.98	5590.14	5690.79	5681.82	5489.13	5620.6	4861.11	4409.10	4268.87	4513.0
3	5444.45	4886.36	4715.91	5015.60	5872.64	5803.57	4375.00	5350.4	5000.00	4254.39	4000.00	4418.1
4	5606.10	5500.00	5428.57	5511.60	4861.11	4795.92	4613.10	4756.7	4754.10	4375.00	4353.45	4494.2
5	5914.60	5909.10	5892.86	5905.50	4943.20	4739.58	4054.05	4578.9	4727.27	4450.00	4402.17	4526.5
6	6102.94	6060.61	5500.00	5887.80	4943.20	4591.84	4148.94	4561.3	4543.27	4433.96	4427.10	4468.1
7	5384.62	5335.37	4940.48	5220.20	4750.00	4703.39	4495.19	4649.5	4409.45	4336.74	4208.33	4318.2
8	5709.46	5028.41	4761.91	5166.60	5135.20	4705.88	4375.00	4738.7	4642.86	4555.56	4387.76	4528.7
9	4795.92	4729.73	4727.28	4751.00	5000.00	4734.04	4709.30	4814.4	4897.96	4322.92	4204.55	4475.1
10	5723.68	5690.79	5033.78	5482.80	4893.62	4850.00	4764.15	4835.9	4870.69	4613.64	4441.45	4641.9
11	5204.10	4654.26	4459.46	4772.60	5000.00	4656.86	4184.78	4613.9	4809.78	4272.73	4245.28	4442.6
12	5062.50	4966.22	4903.85	4977.50	5625.00	4968.75	4651.16	5081.6	4084.51	4057.97	4035.10	4059.2
13	5260.42	5234.38	4716.98	5070.60	4861.11	4795.92	4613.10	4756.7	4669.81	4134.62	4051.72	4285.4
14	4883.72	4795.92	4111.11	4596.90	4918.48	4619.57	4754.90	4764.3	4741.38	4598.21	4490.74	4610.1
15	4772.73	4419.64	4375.00	4522.50	4817.71	4750.00	4687.50	4751.7	4342.11	4120.37	4000.00	4154.2
16	5769.23	5290.70	5030.49	5363.50	5000.00	4905.66	4437.50	4781.1	5094.34	4613.64	4335.11	4681.0
17	6572.58	5381.95	5069.44	5674.70	5000.00	4296.88	4000.00	4432.3	4575.89	4072.58	3965.52	4204.7
18	5067.57	5033.78	4972.83	5024.70	4888.89	4695.12	4675.93	4753.3	4274.19	4241.10	4166.67	4227.3
19	5000.00	4878.10	4782.61	4887.00	5096.15	4531.25	4184.78	4604.1	4866.20	4541.67	4277.78	4561.9
20	4858.50	4627.66	4729.73	4738.60	5000.00	4734.04	4709.30	4814.4	4903.85	4883.72	4622.64	4803.4
21	6036.59	5789.50	4886.36	5570.80	4500.00	4460.78	4046.10	4335.6	4734.04	4631.58	4468.10	4611.2
22	5972.22	5406.30	5337.84	5572.10	4852.94	4642.86	4270.83	4588.9	4419.64	4396.55	4330.36	4382.2
23	6203.70	6052.63	6011.91	6089.40	4507.58	4458.33	4312.50	4426.1	4305.56	4300.00	4100.00	4235.2
24	6363.67	6339.29	6160.72	6287.90	4883.72	4291.05	4257.81	4477.5	4909.10	4345.24	4241.10	4498.5
25	6439.40	5059.53	5000.00	5499.60	4598.21	4558.82	4519.23	4558.8	4346.15	4025.42	4008.62	4126.7
26	5390.63	5197.37	5138.89	5242.30	4375.00	4328.70	4285.71	4329.8	4363.64	4352.68	4260.2	4325.5
27	5857.14	5055.56	5000.00	5304.20	4353.45	4062.50	3360.66	3925.5	4414.90	4322.92	4038.46	4258.8
28	5312.50	5238.10	5059.52	5203.40	4652.78	4635.42	4627.66	4638.6	4468.10	4015.15	4007.35	4163.5
29	5086.21	5000.00	4758.10	4948.10	4772.73	4605.26	4593.02	4657.0	4308.51	4166.67	4062.50	4179.2
30	5079.37	5000.00	4602.30	4893.90	5232.56	4926.47	4322.92	4827.3	4461.21	4166.67	4068.18	4232.0

جدول (11-4) السرعة القصية للمواقع الثلاثة للنماذج المشبعة.

S NO	Ferst Location				Second Location				Third Location			
	Vs m/s with Bedding plane	Vs m/s vertical to Bedding Plane	Vs m/s Average	Vs m/s with Bedding plane	Vs m/s vertical to Bedding Plane	Vs m/s Average	Vs m/s with Bedding plane	Vs m/s vertical to Bedding Plane	Vs m/s Average	Vs m/s with Bedding plane	Vs m/s vertical to Bedding Plane	Vs m/s Average
1	2279.40	2131.00	2043.30	2151.22	2645.35	2269.02	2138.16	2350.843	2399.554	2385.204	2356.322	2380.36
2	2377.50	2362.60	2154.30	2298.13	2744.56	2640.85	2402.78	2596.063	2474.49	2308.673	1966.292	2249.818
3	2034.30	1991.90	1945.70	1990.64	2992.78	2462.12	1775.36	2410.09	2523.364	2400.99	1975.309	2299.888
4	2467.90	2405.10	2228.90	2367.30	2554.35	2430.56	2306.55	2430.484	2660.55	2378.641	2295.455	2444.882
5	2377.50	2104.60	1950.00	2144.03	2788.46	2585.23	2500.00	2624.563	2795.699	2418.478	2327.586	2513.921
6	2352.90	2207.40	2171.10	2243.79	3398.44	2272.73	2241.38	2637.515	2526.882	2460.938	2335.165	2440.995
7	2377.70	2333.30	2305.60	2338.88	2477.68	2314.36	2134.83	2308.955	2568.807	2337.963	2190.722	2365.831
8	2148.10	2091.60	1941.70	2060.45	2526.32	2450.00	2375.00	2450.439	2670.807	2446.237	2329.545	2482.196
9	2398.00	2302.60	2113.80	2271.46	2405.66	2202.97	2154.25	2254.295	2637.363	2412.791	2032.967	2361.04
10	2299.40	2289.50	2252.60	2280.48	2635.87	2555.56	2427.88	2539.77	2665.094	2393.868	2293.956	2450.973
11	2040.00	2037.00	1953.10	2010.05	3011.36	2473.96	2264.71	2583.343	2526.882	2368.421	2234.848	2376.717
12	2327.60	2112.10	2034.60	2158.08	2424.24	2382.35	2338.24	2381.61	2346.939	2265.625	2222.222	2278.262
13	2294.50	2252.30	2069.70	2205.49	2554.35	2430.56	2306.55	2430.484	2690.217	2640.449	2402.235	2577.634
14	2136.40	2019.20	1887.80	2014.46	2542.14	2474.49	2387.64	2468.088	2669.903	2601.01	2474.49	2581.801
15	2100.00	1996.00	1875.00	1990.33	2486.56	2199.07	2033.13	2239.589	3320.896	2531.646	2525.51	2792.684
16	2146.20	2064.20	1945.80	2052.06	2826.08	2730.77	2692.31	2749.721	2758.152	2755.102	2315.341	2609.532
17	2129.10	2058.10	1705.60	1964.27	2441.86	2222.22	2194.15	2286.077	2588.384	2274.775	2035.398	2299.519
18	2287.50	2130.70	2024.50	2147.56	2475.49	2178.22	2026.32	2226.675	2199.074	2120	2047.414	2122.163
19	2070.70	2000.00	1980.20	2016.97	2789.47	2371.49	2138.89	2433.286	2930.108	2500	2212.644	2547.584
20	2175.00	2093.50	1902.20	2056.89	2405.66	2202.97	2154.25	2254.295	2606.383	2413.793	2383.178	2467.785
21	2525.50	2471.90	2028.30	2341.90	2345.36	2022.47	1875	2080.944	2557.471	2470.588	2365.591	2464.55
22	2633.30	2376.40	2311.80	2440.50	2525.51	2385.32	2135.42	2348.749	2500	2354.369	2125	2326.456
23	2233.00	2069.70	1947.70	2083.45	2547.62	2306.20	2078.31	2310.711	2384.615	2287.234	2180.851	2284.233
24	2164.60	2058.80	1778.40	2000.59	2369.56	2318.55	2258.06	2315.393	2761.628	2755.102	2370.13	2628.953
25	2000.00	1897.30	1880.50	1925.94	2768.82	2611.11	2396.91	2592.278	2398.99	2396.907	2278.226	2358.041
26	2194.40	2176.50	2029.40	2133.45	2734.37	2540.76	2500	2591.712	2330.097	2236.239	2152.062	2239.466
27	2187.50	2050.00	1863.60	2033.70	2216.22	2176.72	1805.56	2066.165	2357.955	2234.043	1995.192	2195.73
28	2387.60	2178.20	2125.00	2230.27	2317.71	2243.30	2196.97	2252.661	2422.222	2387.387	2187.5	2332.37
29	2234.80	2137.70	1917.80	2096.78	2548.54	2453.27	2270.11	2423.977	2585.227	2301.136	2219.626	2368.663
30	1971.20	1928.60	1632.70	1844.14	2357.95	2500.00	2319.58	2392.514	2500	2352.273	2330.729	2394.334

جدول (2-4) السرعة القصية للمواقع الثلاثة للنماذج الجافة.

S. NO	First Location				Second Location				Third Location			
	Vs m/s with Strike	Vs m/s with Bedding plan	Vs m/s vertical to Bedding Plan	Vs m/s Average	Vs m/s with Strike	Vs m/s with Bedding plan	Vs m/s vertical to Bedding Plan	Vs m/s Average	Vs m/s with Strike	Vs m/s with Bedding plan	Vs m/s vertical to Bedding Plan	Vs m/s Average
1	3100.00	2944.1	2910.96	2985.02	2372.20	2369.8	2288.7	2343.56	2443.2	2385.2	2252.7	2360.37
2	2836.30	2756.4	2596.15	2729.62	2922.30	2805.6	2678.6	2802.14	2536.2	2287.7	2285.4	2369.77
3	2722.20	2561.7	2500.00	2594.63	3051.50	3046.9	2227.3	2775.21	2559.2	2354.4	2000.0	2304.53
4	2983.90	2961.5	2923.10	2956.16	2470.60	2401.0	2392.0	2446.23	2566.4	2158.1	2130.4	2284.97
5	3003.10	2826.1	2713.82	2847.67	2416.70	2345.4	2173.9	2311.98	2574.3	2250.0	2247.5	2357.27
6	3192.30	2985.1	2661.29	2946.23	2074.50	2368.4	2558.8	2287.8	2386.4	2260.6	2238.1	2295.03
7	2625.00	2561.7	2485.80	2557.50	2392.20	2375.0	2164.4	2310.53	2222.2	2214.9	2213.5	2216.87
8	2854.70	2431.3	2380.96	2555.66	2714.30	2400.0	2289.7	2468.00	2298.0	2263.2	2180.9	2247.37
9	2500.00	2363.6	2216.98	2360.20	2487.60	2455.4	2417.6	2504.12	2255.4	2222.2	2202.4	2226.67
10	3045.80	2939.2	2699.27	2894.76	2525.0	2446.8	2425.0	2465.60	3265.9	2463.6	2244.6	2658.03
11	2684.20	2573.5	2357.14	2538.28	2548.10	2423.5	2162.9	2378.16	2163.5	2136.4	2107.1	2135.67
12	2629.90	2517.1	2451.92	2532.97	2774.00	2760.4	2325.6	2620.00	2323.2	2105.3	1790.1	2072.87
13	2840.90	2791.7	2630.21	2754.27	2524.00	2422.7	2392.0	2446.23	2426.5	2239.6	2238.1	2301.40
14	2582.40	2561.0	2312.50	2485.30	2486.30	2401.0	2361.1	2416.12	2433.6	2362.4	2309.5	2368.50
15	2470.60	2313.1	2250.00	2344.57	2486.60	2474.0	2343.8	2434.76	2272.7	2209.8	2119.0	2200.50
16	2678.60	2645.3	2426.47	2583.46	2600.00	2592.6	2218.8	2470.45	2596.2	2349.5	2289.3	2411.67
17	3395.80	2943.5	2807.97	3049.10	2658.20	2455.4	2000.0	2371.20	2329.5	2214.9	2169.8	2238.07
18	2910.20	2884.6	2599.43	2798.10	2525.00	2468.0	2417.6	2470.18	2729.9	2572.8	2120.5	2474.40
19	2594.90	2500.0	2439.02	2511.32	2548.10	2328.0	2162.9	2346.33	3027.8	2477.3	2187.5	2564.20
20	2558.80	2524.5	2397.26	2493.52	2542.90	2500.0	2469.5	2504.12	2575.8	2289.7	2164.9	2343.47
21	3390.40	3142.9	2828.95	3120.75	2394.70	2307.7	1996.8	2233.10	2121.2	2115.4	2004.5	2080.37
22	3028.20	2781.7	2772.44	2860.78	2551.60	2452.8	2157.9	2387.42	2426.5	2287.7	2256.6	2323.60
23	3458.90	3221.2	3108.11	3262.74	2315.20	2240.3	2210.7	2255.39	2216.2	2214.3	2171.7	2200.73
24	3593.80	3413.5	3333.33	3446.88	2470.60	2252.1	2211.5	2311.40	2755.1	2305.8	2225.6	2428.83
25	3269.20	2796.1	2622.95	2896.10	2398.00	2299.1	2235.6	2310.88	2315.6	2101.8	2094.6	2170.67
26	2923.70	2598.7	2569.44	2697.28	2302.60	2269.4	2201.8	2257.96	2278.0	2222.2	2108.6	2202.93
27	3254.00	2770.3	2676.47	2900.26	2359.80	2345.4	1990.3	2231.82	2470.2	2258.1	2207.4	2311.90
28	2784.80	2656.3	2591.46	2677.52	2487.60	2392.5	2313.8	2397.98	2120.0	2096.2	2000.0	2072.07
29	2587.70	2500.0	2458.33	2515.34	2453.30	2430.6	2351.2	2411.67	2201.1	2139.6	2106.5	2149.07
30	2746.80	2594.9	2500.00	2613.90	2730.30	2710.8	2326.4	2589.17	2331.1	2283.7	2110.8	2241.87

جدول (14-4) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج المشبعة (الموقع الثالث) .

Sample No.	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	ρ kg/m ³	K $\times 10$ GPa	μ $\times 10$ GPa	K/ μ	E $\times 10$ GPa	σ	β N/m ² $\times 10^{-11}$	λ $\times 10$ GPa
1	4506.34	2380.36	1.89	2684.77	3.42	1.52	2.25	3.97	0.306498	2.92	2.41
2	4276.46	2249.82	1.90	2570.71	2.97	1.3	2.28	3.41	0.308652	3.37	2.1
3	4558.32	2299.89	1.98	2631.13	3.61	1.39	2.59	3.7	0.329248	2.77	2.68
4	4520.6	2444.88	1.85	2588.86	3.23	1.55	2.08	4	0.293288	3.1	2.2
5	4865.37	2513.92	1.94	2667.29	4.07	1.69	2.41	4.44	0.317895	2.46	2.94
6	4496.53	2440.99	1.84	2667.57	3.27	1.59	2.06	4.1	0.291084	3.05	2.21
7	4402.19	2365.83	1.86	2637.71	3.14	1.48	2.12	3.83	0.296942	3.18	2.16
8	4658.73	2482.2	1.88	2687.49	3.63	1.66	2.18	4.31	0.301791	2.76	2.52
9	4769.8	2361.04	2.02	2636.23	4.04	1.47	2.74	3.93	0.337728	2.48	3.06
10	4626.26	2450.97	1.89	2568.47	3.44	1.54	2.23	4.03	0.304896	2.91	2.41
11	4731.71	2376.72	1.99	2628.1	3.9	1.48	2.63	3.95	0.331281	2.56	2.91
12	4251.41	2278.26	1.87	2568.85	2.87	1.33	2.15	3.46	0.298569	3.49	1.98
13	4712.18	2577.63	1.83	2607.57	3.48	1.73	2.011	4.46	0.286505	2.87	2.32
14	4818.45	2581.80	1.87	2650.99	3.8	1.77	2.14	4.59	0.298641	2.63	2.62
15	4488.92	2792.68	1.61	2602.17	2.54	2.03	1.25	4.81	0.184283	3.94	1.18
16	4618.54	2609.53	1.77	2661.21	3.26	1.81	1.80	4.59	0.265528	3.07	2.05
17	4346.94	2299.52	1.89	2552.36	3.02	1.35	2.23	3.52	0.305712	3.31	2.12
18	4155.84	2122.16	1.96	2499.56	2.82	1.13	2.49	2.98	0.323631	3.55	2.07
19	4675.94	2547.58	1.84	2522.56	3.33	1.64	2.03	4.22	0.288927	3	2.24
20	4903.85	2467.79	1.98	2472.49	3.94	1.51	2.61	4.01	0.330436	2.54	2.93
21	4629.45	2464.55	1.88	2577.37	3.44	1.57	2.19	4.08	0.30225	2.91	2.39
22	4336.35	2326.46	1.86	2526.34	2.93	1.37	2.13	3.55	0.297916	3.42	2.02
23	4154.05	2284.23	1.82	2474.81	2.55	1.29	1.97	3.31	0.283289	3.92	1.69
24	4900.91	2628.95	1.86	2565.27	3.8	1.77	2.14	4.6	0.298002	2.63	2.62
25	4507.53	2358.04	1.91	2609.75	3.37	1.45	2.32	3.81	0.311609	2.97	2.4
26	4350.42	2239.47	1.94	2639.43	3.23	1.32	2.44	3.49	0.319738	3.1	2.35
27	3908.76	2195.73	1.78	2268.02	2.01	1.09	1.84	2.78	0.269477	4.98	1.28
28	4414.76	2332.37	1.89	2564.07	3.14	1.39	2.25	3.64	0.30641	3.19	2.21
29	3034.03	2368.66	1.28	2614.95	4.51	1.47	3.06	2.11	-0.28037	2.22	-5.3
30	4422.87	2394.33	1.85	2594.71	3.09	1.49	2.07	3.85	0.292724	3.23	2.1

جدول (13-4) السرعة والكثافة ومعاملات المرونة المقاسة للنماذج المشبعة (الموقع الثاني) .

Sample No.	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	ρ kg/m ³	K $\times 10$ GPa	μ $\times 10$ GPa	K/ μ	E $\times 10$ GPa	σ	β N/m ² $\times 10^{-11}$	λ $\times 10$ GPa
1	4286.95	2350.84	1.82	2414.99	2.66	1.33	2	3.43	0.284988	3.76	1.77
2	4896.92	2596.06	1.89	2612.94	3.92	1.76	2.22	4.59	0.304541	2.55	2.74
3	4177.03	2410.09	1.73	2619.57	2.54	1.52	1.67	3.81	0.250472	3.93	1.53
4	4794.21	2430.48	1.97	2629.81	3.97	1.55	2.56	4	0.327043	2.52	2.94
5	4348.69	2624.56	1.66	2633.88	2.56	1.81	1.41	4.4	0.213531	3.9	1.35
6	4366.01	2637.52	1.66	2632.52	2.58	1.83	1.40	4.44	0.212672	3.88	1.36
7	4530.01	2308.96	1.96	2649.71	3.55	1.41	2.51	3.74	0.324509	2.81	2.61
8	4553.84	2450.44	1.86	2641.26	3.36	1.59	2.11	4.11	0.296215	2.97	2.31
9	4377.98	2254.29	1.94	2644.79	3.28	1.34	2.44	3.55	0.3196	3.05	2.38
10	4773.74	2539.77	1.88	2629.81	3.73	1.7	2.19	4.42	0.302596	2.68	2.6
11	4948.17	2583.34	1.92	2647.17	4.13	1.77	2.33	4.64	0.312651	2.42	2.95
12	4520.83	2381.61	1.9	2688.79	3.46	1.53	2.26	3.99	0.307933	2.89	2.45
13	4794.21	2430.48	1.97	2653.66	4.01	1.57	2.55	4.16	0.327043	2.49	2.96
14	4899.66	2468.09	1.99	2675.86	4.25	1.63	2.61	4.34	0.329992	2.35	3.16
15	4149.05	2239.59	1.85	2469.29	2.6	1.24	2.10	3.21	0.294417	3.85	1.77
16	4812.5	2749.72	1.75	2679.11	3.5	2.03	1.72	5.1	0.257649	2.85	2.15
17	4377.06	2286.08	1.91	2644.79	3.22	1.38	2.33	3.63	0.312447	3.1	2.3
18	4250.76	2226.68	1.91	2558.21	2.93	1.27	2.31	3.33	0.310916	3.41	2.09
19	4426.12	2433.29	1.82	2634.76	3.08	1.56	1.97	4	0.283429	3.25	2.04
20	4377.98	2254.3	1.94	2565.33	3.18	1.3	2.44	3.44	0.319598	3.15	2.31
21	4335.61	2080.94	2.08	2564.67	3.34	1.11	3.01	3	0.35034	2.99	2.6
22	4653.99	2348.75	1.98	2580.93	3.69	1.42	2.59	3.78	0.329133	2.71	2.74
23	4455.88	2310.71	1.93	2458.94	3.13	1.31	2.38	3.46	0.31608	3.19	2.26
24	4405.52	2315.39	1.90	2460.08	3.02	1.32	2.28	3.45	0.309183	3.32	2.14
25	4589.15	2592.28	1.77	2580.12	3.12	1.73	1.80	4.39	0.2657	3.2	1.97
26	4688.14	2591.71	1.81	2633.58	3.43	1.77	1.93	4.53	0.279941	2.92	2.25
27	4058.43	2066.17	1.96	2454.89	2.65	1.05	2.52	2.78	0.325064	3.78	1.95
28	4459.14	2252.66	1.98	2551.66	3.35	1.29	2.59	3.44	0.328674	2.99	2.48
29	4644.78	2423.98	1.92	2560.46	3.52	1.5	2.35	3.95	0.312856	2.84	2.52
30	4709.81	2392.51	1.97	2572.03	3.74	1.47	2.54	3.9	0.326102	2.67	2.76

المصادرالمصادر العربية

1. الاسدي، اسيا عبد الرحمن عسى 2004، التقويم الجسوتنيكي لصخور منطقة الزاكة جنوب شرق الموصل – شمال العراق، اطروحة دكتوراه، كلية العلوم-جامعة بغداد (غير منشورة).
2. السياب، الانصاري، العمري، الشيخ، الراوي، الجاسم، 1982 جيولوجيا العراق، الطبعة الاولى، جامعة الموصل، 123ص.
3. السلطاني، ضياء غاوي صالح، 1986 الصفات الجيوتكنيكية والتقييم المنجمي السطحي لصخور الرخام في منطقة ختي شمال العراق. اطروحة ماجستير، كلية العلوم-جامعة الموصل غير (منشورة) .
4. الصالحي، مثنى عبد الستار رسول، 1999 قياس بعض الخصائص الجيوتكنيكية باستخدام الموجات الزلزالية المنكسرة الطولية والمستعرضة لمواقع مختارة بين منطقتي بيجي وسامراء . اطروحة ماجستير، كلية العلوم-جامعة بغداد (غير منشورة).
5. العطار، حازم حسن ، عبد الرحيم، نوزاد عمر، خضر، محمد باقر ،ميخائيل، يسرى اسعد، 1981: هندسة المكامن النفطية، جامعة بغداد ،312 ص.
6. الفهداوي، صلاح شعبان، 2000 استخدام الطريقة الزلزالية الانكسارية وطريقة (Cross – hole) لاغراض التقييم الجيوتكنيكي لمنشأ هندسي. اطروحة ماجستير، كلية العلوم-جامعة بغداد (غير منشورة).
7. الخفاجي، عمار جاسم محمد، 2004 استخدام الطرق الزلزالية في التحري عن اماكن الضعف والتقييم الجيوتكنيكي لتربة اسس مشروع ماء الحسين-كربلاء. اطروحة ماجستير، كلية العلوم-جامعة بغداد (غير منشورة).
8. امين،نورس ناهض، 2004 دراسة زلزالية مختبرية لبعض الخواص الجيوتكنيكية للصخور لأغراض هندسية في منطقة السماوة. اطروحة ماجستير، كلية العلوم-جامعة بغداد (غير منشورة).
9. علي، ظاهر خليل، 2004 دراسة الخصائص الفيزيائية والجيوتكنيكية لبعض وحدات صخور تكاوين البلاسي والفتحة وانجانة في منطقة شقلاوة -شمال العراق اطروحة ماجستير، كلية العلوم-جامعة بغداد (غير منشورة).

10. فتوحى، زهير رمو 1982، ميكانيك الصخور، الطبعة الاولى، جامعة بغداد، 383 ص.
11. ثابت، كنانة محمد، يحيى، محمد علاء الدين، فتوحى، 1980، الجيولوجيا الهندسية وميكانيك الصخور، الجزء الاول، جامعة الموصل.
12. خورشيد، سلمان زين العابدين 1994 استخدام الطرق الجيوفيزيائية في تقييم الخواص الجيوتكنيكية لموقع سد العظيم. اطروحة دكتوراه، كلية العلوم—جامعة بغداد (غير منشورة).
13. خورشيد، سلمان زين العابدين 1986 دراسة الموجات الطولية والمستعرضة في الطبقات الرسوبية، اطروحة ماجستير، كلية العلوم—جامعة بغداد (غير منشورة).

REFERENCES

1. Abd El Rahman Mahdy, 1989, Evaluation of the kinetic elasticmoduli of the surface materials and application to engineering eologic maps at Ma'Barrisabah area (Dhamar province), northern Yemen. Egypt. j. Geol, 33, 1-2, pp.229 – 250.
2. Ahmad, I., 2007, Chemical analyses of limestone rock in sarchinar cement factory (Internal report)
3. Al-Mukhtar, Khalid S., 1995, Dependence of Sismic Reflection Coefficient on Depth, Porosity and Pore Fluids: Dirasat. Vol.22B, NO. 3.
4. Al-Mukhtar, Khalid S., 1989, Determination of porosity of some oil bearing formation at the northern part of Al-Zawra'a oil field using seismic data: Jour. Geol. Soc. Iraq, Vol. 22, No. 1, pp.68-85.
5. Alsinawi, S.A., 1973, Body wave velocity and elastic moduli of rocks under pressure – An experimental study: Bull. Col. Sci. Vol. 14, University of Baghdad.
6. Al-Dajani, A., and Tsvankin, I. 1998 Non – hyperbolic reflection moveout for horizontal transverse isotropy, Geophysics, 63, pp.1738 – 1753.
7. Al- Mukhtar. Khalid 1988 Predication of overpessured zones using seismic data, Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Series C, V. 6, pp. 343 – 359.
8. Andrea D.V, Fischer R.L. and Fogelaon D. E., 1965 Predication of compressive strength from other rock properties, U.S.B.M., R.I. 6702, 23 Pages.

9. ASTM, 1985, Standard test method for compressive properties of rigid plastics (METRIC). D 695 m-85.
10. ASTM, 1983, Standard method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock: ASTM Designation: D 2845-83.
11. ASTM, 1985, Standard method for compressive properties of rigid plastics (METRIC)¹.
12. ASTM, 1987, Standard method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock: ASTM Designation: D 2845-83, West Conshohocken, Pa.
13. Batzle, M. and Castagna, J., 1999, Fluids and frequency dependent seismic velocity of rocks: University of Oklahoma.
14. Bellen, R.C. Van, H.V. Dunnington, Wetzel, R. and Morton, D., 1959, Lexique stratigraphique international. Asie, Fase 10a, Iraq, Paris.
15. Berge, Patricia, A., Bonner, Brian P. and Berryman, James G. 1995 Ultrasonic velocity–porosity relationships for sandstone analogs made from fused glass beads: Geophysics, 60, No.1, 108–119.
16. Blangy, J.P., Strandenes, S., Moos, D., and Nur, A., 1993, Ultrasonic velocities in sands – revisited: Geophysics, Vol. 58, No. 3. PP. 344 – 356.
17. Bowles, J.E., 1984, Physical and geotechnical properties of soil: McGraw-Hill Co.,
18. Brown, A. E., 1997, Acoustic properties of material group nondestructive evaluation section manufacturing and material engineering division: Lawrence Livermore national laboratory.

19. Buday, T. and Jassim, S.Z., 1987, the regional geology of Iraq, tectonism, magmatism, metamorphism, Geol. Surv. Min. Invest.
20. De, .S. Gopa, Winterstein, .F. Donald, and Meadows .A., Mark, 1994, Comparison of *P*- and *S*- wave velocities and *Q*'s from VSP and sonic log data: Geophysics, Vol. 59, No. 10, pp.. 1512-1529. 16 Figs.
21. Domenico, S.N., 1984, Rock lithology and porosity determination from shear and compressional wave velocity: Geophysics, Vol. 49, pp.1188-1195.
22. Dobrin, M. B. 1976, Introduction to geophysical prospecting, 3rd ed. McGraw-Hill publ. Co., New York, 630p.
23. Dobrin, M. B. 1976, Introduction to geophysical prospecting, 2nd ed. McGraw-Hill publ. Co., New York, 446p.
24. .Duncan, N. and Devane, A. 1982, Geological and geotechnical criteria for assessing the stability of inclines, headings and tunnels in rock. Proce. 1st Int. Conf. on stability in underground mining, Vancouver.
25. Dunnington, H.V., 1953, Subsurface rock unit nomenclature for Northern Iraq IPC Report, INOC Library. No. IDLR57, Baghdad
26. Du Bernard, X., Manika Prasad, Michael Reinstaedtler, 2004, the effect of cementation on the seismic properties of sandstone, Bldg. 37, D-66123, Saabrücken, Germany.
27. Dutta, 1984, Seismic refraction method to study the foundation rock of dam: Geophysical Prospecting, Vol. 32, PP.1103 – 1110.
28. Dvorkin, Jack and Nur, A., 1993, Dynamic poroelasticity a unified model with the squirt and the biot mechanisms: Geophysics, Vol. 58, No. 4, pp.. 524-533. 6 Figs.

29. Faust, L. Y., 1951, Seismic velocity as a function of depth and geologic time: Geophysics, Vol. 16, No.2, pp.192-206.
30. Grujic, Nikola, 1974 Ultrasonic testing of foundation rock: proc. 3rd Congress of the ISRM, Denver, geol., pp.. 404-409.
31. Hamdi, F.A.I., Said, I. and Hussein, N., 1989, Rock strength and modulus of deformation assessed ultrasonic velocity measurement: Iraqi J.Sci., Vol 30, No. 4.
32. Haskell, N.A., 1941, the relation between depth, lithology and seismic wave velocity in tertiary sandstones and shales.
33. Henson, F.R.S., 1951, Observation on the geology and petroleum occurrences of the Middle East. 3rd World Petroleum Congress, Proc. Sect. 1, The Hague.
34. Hunt, R.E., 1986, Geotechnical engineering analysis and evaluation: McGraw-Hill Book Co., 730p.
35. Ibrahim Ahmed Riad 1987) Mathematical Study of the Effect of Rock Deformation on its Porosity and Permeability, Arab Golf J. Science Rev. as 1) pp. 97 – 109.
36. Jassim, Issam, Al-Mukhtar, Khalid and Hussain, Sabah, 1996, determination of porosity and permeability as a function of other petrophysical and dynamic properties of Khassib formation (U. Cret.) in East Baghdad field, Central Iraq: ABHATH AL YARMOUK: Vol.5, No.2, PP..161-175.
37. Jassim, Saad Z. and Goff, Jeremy C., 2006) Geology of Iraq, Czech Republic, ISBN 80-7028-287-8.
38. Johnson, R. E., 1961). Final well report on samsra-1. Manuscript report FWR 50, INOC Library, Baghda.

39. Kramer, Steven L. 1996, Geotechnical Earthquake Engineering, Translated by; Al-Kurnai, Ali, 2003, University of Saud King.
40. Kassab, I.I.M., and Jassim, Saad Z. 1980, the regional geology of Iraq, Stratigraphy and Paleogeography: Volume1, State Organizattion for Minerals, Baghdad, Iraq.
41. Kuttah, D.K. Abd-Ul-Rahiem, 2000, Effect of compactive effort on the behaviour of agypsiferous subgrade soil: M. Thesis, Univ. of Al-Nahrain.
42. Koefoed, O. Oosterveld, M .M. and Gaalons, I. J 1963 Avaboratory investigation in to the elastic properties of limestones: Geophysical Prospecting, Vol . 2,PP.300 – 312.
43. Kuiper, J., Van Ryex, W.M.L. and Koefoed, O., 1959, laboratory determination of elastic properties of some limestones: Geophysical Prospecting, Vol. 7, PP.38 – 44.
44. Lama, R. D. and Vutukuri, V. S., 1978, Handbook on mecanical properties of rock-testing techniques and result: VOl. II, trans. Tech.pub.
45. Leslie, Jennife M. and Lawton, Don C. 1999 Arefraction – Seismic field study to determine the anisotropic parameters of shales: Geophysics, 62, No.4, P.1247 – 1252.
46. Lynn, Heloise B. and Booth David C., 1989 Shear-wave: VSP's: A Powerful new tool for fracture and reservoir description: Society of petroleum engineers, Journal of petroleum technology. March 1989, P 283-289.
47. Lynn, Heloise B.,Beckham, W.E., Simon, K.M., Bates, C.R., Lyman, M. and Jones, M., 1999, *P*-wave and *S*-wave azimuthal

- anisotropy at a naturally fractured gas reservoir, Bluebell-Altamont Field, Utah: *Geophysics*, Vol.64, No.4, pp.1312-1328.
48. Mallick, S., Craft, K. L., Meister, L. J. and Chambers, R.E., 1998, Determination of principal directions of azimuthal anisotropy from *P*-wave seismic data: *Geophysics*, 63 692-706.
 49. Manificat, Guillaume and Gueguen, Yves, 1998, what does control V_p/V_s in granular rock: *Geophys. Res. Lett.*, Vol.25, No.3, pp.381-384.
 50. Mari, J.L., Arenas, G., Chapellier, D. and Gaudiani, P., 1999, *Geophysics of reservoir and civil engineering: translated from French by Jacques Revol, Ed. Tichnip, Paris.*
 51. Milson, John 2003, *Field Geophysics: 3rd Ed. University College London*, web site: www.wiley.com.
 52. Moloto VA. L. V. and Vassiliev, Yu. I. 1962 Velocity ratio of longitudinal and transverse waves in rocks, *American Geophysical Union, Volume II.*
 53. OYO Corporation, 1981 Operation Manual of the new sonic viewer device, Model-5217A, Tokyo Japan.
 54. Potter, Colin, C. and Fottinek, Darren, S., 1997, Formation elastic parameters by deriving *S*-wave velocity logs: *CREWES Research Report – Vol. 9, Ch 10.*
 55. Remy, Jean-Michel, Bellanger, M. and Etienne, F.H., 1994, Laboratory velocities and attenuation of *P*-wave in limestone during freeze- thaw cycles: *Geophysics*, Vol.59 No.2, pp.245-251, 10, FIGS.

56. Roplee, C.J., Stocke, K.H., Fuhriman, M.D. and Nelson, P.P., 1994, Cross-hole SW- wave measurements in rock and soil: ASTM Special technical Publ.1213, 58p.
57. Sheriff, R.E. and Geldert, L.P., 1995, Exploration seismology, 2nd Ed. Cambridge University press, 592p.
58. Sharma, P.V., 1986, Geophysical method in geology, 2nd Ed: Elsevier, New York, 442p.
59. Sayers, C.M 1994 the elastic anisotropy of shales, J. Geophys .Res. 99, No.B1, 767 – 774.
60. Schreiber, E., Fox. P. J. and Peterson, J. J 1973, Compressional wave velocities in selected sample of gabbro schist limestone anhydrite, gypsum and halite from Ds Dp log 18. In initial Report of the Deep sea drilling project, PP. 595 – 597.
61. Sjogren, B. 1984, Shallow refraction seismic. Chapman and Hall, London.270P.
62. Shuey, R. T. 1985 a simplification of the Zoeppritz equations Geophysics, 50, 609-614.
63. **Sun, Xinhua , Tang , Xiaoming, C. H. and L. Neil Frazer, 2000 , P- and S-wave attenuation logs from monopole sonic data ;** Geophysics, Vol. 65, No. 2
64. Techelaar. Bart, W. and van Luik .Klaas, W., 1995, sonic logging of compressional – wave velocities in a very slow formation: Geophysics, Vol. 60, No. 6, P. 1627 – 1633, 9 Figs.
65. Tsvankin, I., 1997 Reflection moveout and parameter estimation for horizontal transverse isotropy: Geophysics, No. 62, pp.614 – 629.
66. Thomsen, L 1986 Weak elastic anisotropy: Geophysics, 51, No. 10, p. 1954-1966.

67. Vijaya Raghava, M.S., 1977, an ultrasonic profiling investigation on some fresh and weathered granites of Hyderabad, India: Geophysical Prospecting, Vol. 25, pp.768-779.
68. website (www.Geology.ccom)
69. Yu, Gang, Vozoff, K. and Durny, Davd, W. 1993, the influence of confining pressure and water saturation on dynamic elastic properties of some Permian coals: Geophysics, Vol.36, No. 1, pp. 1954-1966.

الاستنتاجات

1. حسبت السرعة الزلزالية للمواقع الثلاثة حيث بلغ معدل السرعة الطولية للموقع الاول (5260.8) م\ثا، ومعدل السرعة القصية هو (2750.3) م\ثا، اما في الموقع الثاني فكان معدل السرعة الطولية هو (4682.6) م\ثا، ومعدل السرعة القصية هو (2418.6) م\ثا، بينما في الموقع الثالث بلغ معدل السرعة الطولية (4402.3) م\ثا، ومعدل السرعة القصية هو (2287.1) م\ثا.
2. من ملاحظة القيم المحسوبة للسرعة الزلزالية في الاتجاهات الثلاثة نجد ان هناك تجانس في قيم السرعة الى حد ما بين اتجاهي خط المضرب وميل الطبقة لكون الارقام متقاربة اما الاتجاه العمودي فان السرعة مختلفة لهذا فانه لا يوجد تماثل Isotropy لهذه الانواع من الصخور في المقالع الثلاثة، كما حسب عامل التماثل (Isotropic Factor) للمواقع الثلاثة حيث بلغت اعلى قيمة له في الموقع الثاني والتي كانت (0.96) والموقع الاول (0.75) بينما كانت اقل قيمة في الموقع الثالث (-0.10719) حيث السرعة الزلزالية اكثر تقارب، علما بان زيادة هذا العامل يعني عدم وجود تماثل والعكس صحيح.
3. من خلال معلومات السرعة الزلزالية تبين ان الاتجاه الاضعف للصخور هو الاتجاه العمودي على مستوى الطبقة كما نلاحظ انخفاض قيم معاملات المرونة بعد اشباع النماذج مما يعني انه في الحالة الرطبة يكون قلع الصخور اسهل مما هو عليه في حالة الجفاف.
4. تراوحت قيم الكثافة الكلية لنماذج الصخور الكلسية الجافة للموقع الاول بين (2216.6-2752.4) كغم\م³ والكثافة الرطبة بين (2412.8-3040.3) كغم\م³ بينما للموقع الثاني فان الكثافة الجافة تتراوح بين (2308.9-2677.3) كغم\م³ والكثافة الرطبة بين (2415-2688.8) كغم\م³ اما الموقع الثالث فان الكثافة الجافة تتراوح بين (2334.5-2669.7) كغم\م³ والكثافة الرطبة بين (2268-2687.5) كغم\م³ وكانت معدلات الكثافة الجافة للمواقع الثلاثة هي (2439) و (2555.891) كغم\م³ و (2532.795) كغم\م³ على التوالي، ومعدلات الكثافة الرطبة فهي (2525.2) كغم\م³ و (2591.454) كغم\م³ و (2584.7) كغم\م³ على التوالي.

5. وجد بان قيم المسامية تتراوح بين (2.48%-2.32%) في الموقع الاول والمعدل هو (2.4%) و في الموقع الثاني تتراوح بين(11%-1.1%) والمعدل (3.8%) بينما في الموقع الثالث تراوحت المسامية بين (23.36%-1.53%) والمعدل (6.19%).
6. رسمت العلاقة بين الكثافة والمسامية للمواقع الثلاثة وكانت علاقة عكسية بمعامل ارتباط جيد(كما مثبت على الاشكال) في الموقعين الاول والثاني الا انها كانت ضعيفة في الموقع الثالث.

الموقع الثالث	الموقع الثاني	الموقع الاول
$\rho = -24.5n + 2671$	$\rho = -19.12.3n + 2627.7$	$\rho = -11.123n + 5124.2$

7. النتائج المستحصلة لمعاملات المرونة تبين ان معامل يونك يتراوح بين (35 - 72 GPa) في الموقع الاول وبين (45-74GPa) للموقع الثاني وبين (21- 48GPa) للموقع الثالث، اما معامل الصلادة فكانت قيمته تتراوح بين (15-29 GPa) في الموقع الاول وبين (12-20 GPa) في الموقع الثاني وبين (10-20 GPa) في الموقع الثالث، اما المعامل الحجمي فقد تراوحت قيمته بين (31-57 GPa) في الموقع الاول وبين (21-54 GPa) في الموقع الثاني وبين (20-45 GPa) في الموقع الثالث والثاب اللامي تراوحت قيمته بين (18-44 GPa) في الموقع الاول وبين (13-41 GPa) في الموقع الثاني وبين (13-31 GPa) في الموقع الثالث ونسبة بوسان تراوحت قيمتها بين (0.23-0.34) في الموقع الاول وبين (0.26-0.33) في الموقع الثاني وبين (0.23-0.37) في الموقع الثالث.
8. رسمت العلاقات بين السرعة الزلزالية والكثافة ρ وعامل يونك E وكانت علاقة طردية كما تم رسم العلاقة بين النسبتين Vp/Vs و K/μ وكانت العلاقة طردية ايضا واعطت معامل ارتباط جيد ومن خلال هذه العلاقات يمكن استنتاج معادلة تربط بين تلك المتغيرات التي من الممكن استخدامها في مناطق ينكشف فيها نفس التكوين في حالة عدم توفر دراسة سابقة عليها.
9. اظهرت نتائج الفحص السكوني Static لمعامل يونك الذي اجري على (9) نماذج بان قيمته كانت تتراوح بين (12- 10 GPa) ونسبة المرونة الحركية الى المرونة الساكنة تتراوح بين (3.0-7.6) وهذا يعتبر كمؤشر على صلابة الصخور فكلما كانت نسبة المرونة الحركية عالية كلما كانت الصخور ذات صلابة قليلة.

10. اوضحت نتائج فحص الخواص الجيوتكنيكية ما يلي:

الموقع الثالث			الموقع الثاني			الموقع الاول			الخاصية الجيوتكنيكية
Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.	
0.044	-0.253	-0.48	-0.044	-0.27	-0.344	0.072	-0.242	-0.39	معامل المادة Im
0.592	0.4583	0.314	0.506	0.4657	0.353	0.536	0.4522	0.302	معامل ضغط الارض الجانبي
0.685	0.5416	0.407	0.646	0.5346	0.494	0.698	0.548	0.464	زاوية الاحتكاك الداخلي
27.4	8.317	-12.3	15.14	9.3857	-6.71	19.43	7.4521	-14	معامل اللدونة

Abstract

Using seismic velocities to study of the geotechnical properties for limestone rock used in cement industry for three sites selected in the province of Sulaymaniyah are (Sarchinar, Tasloja, Bazian), 30 samples were collected in each site, each sample cut as cubic shape for studying the isotropy, using Ultrasonic wave for measuring the velocity of longitudinal and shear waves in three dimensions. The velocity of V_p for the first site ranges between (6287.9- 4522.5) m/sec were the velocity of V_s ranges between (2344.6-3446.9) m/sec but at the second site velocity of V_p was ranges between (5620.6-3925.5) m/sec and velocity of V_s ranges between (2802.1- 2231.8) m/sec, while at the third site the velocity of V_p ranges between (4803.4-4059.2) m/sec, and velocity of V_s ranges between (2658-2072.1), m/sec, as well as measuring of the densities of all sample were calculated to get the dynamic elastic properties (E , K , σ , μ , λ , Z , I_m , k_0 , ϕ , I_p) for each site and the average were as follows: ($E=56-34$ GPa), ($K=42.6-31.4$ GPa), ($\sigma=0.31-0.32$), ($\mu=18.4-13.3$ GPa), ($\lambda=31-22.5$ GPa), ($z=1294 \times 10^3-1115 \times 10^3$ kg/m².sec), ($I_m=[-0.242]-[-0.27]$), ($k_0=0.465-0.452$), ($\phi=33-32$), ($I_p=9.4-7.45$), the porosities of all samples in three sites were measuring in petroleum department, engineering collage was in the first site (2.4%) and the highest value was in the third site (6.19%) many mathematical relationship were calculated between the velocities and elastic modules also static Young's module were calculated for (9) sample and the value of it ranges between (1.2-13 GPa). The saturated samples velocities show deceasing in seismic velocities (21%) in the first site, (3%) in the second site and about (5.5%) in the third site.

**STUDY OF SEISMIC VELOCITIES
USING ULTRASONIC WAVES FOR
SOME GEOTECHNICAL PROPERTIES
IN LIMESTONE QUARRIES
SULAIMANIA- PROVINCE**

ATHESIS

**SUBMITTED TO COLLEGE OF SCIENCE
UNIVERSITY OF BAGHDAD IN PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
GEOLOGY**

By

Hassan Ali Hashim

B.Sc. 2004

1430

2009