



جمهورية العراق



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل - كلية العلوم

قسم علم الأرض التطبيقي

مشروع بحث التخرج

التقييم الهندسي بطريقة الانكساري والخواص الجيوتكنيكية لموقع مقترح في جامعة
بابل

للطالب

محمد مهدي عبيد عبدعلي

بكلوريوس علوم الأرض التطبيقي

للعام الدراسي ٢٠٢٣-٢٠٢٤

بإشراف

د. عامر عطية الخالدي

٢٠٢٤ ميلادي

١٤٤٥ هجري.



Public of Iraq



Ministry of Higher education and scientific research

Babylon university- Collage of Science

Geology Department

Project of Research

Engineering evaluation using the refractive method and geotechnical properties of a proposed site at the University of Babylon

By Student

Mohammed Mahdi Obaid Abdul Ali

B.Sc. Geology

Scholar year 2023-2024

Supervised by

Dr. Amer Attia Al-Khalidi

1445 Hijr

2024 Gregorian

اقرار المشرف

أشهد بان موضوع البحث الموسوم **التقييم الهندسي بطريقة الانكساري والخواص الجيوتكنيكية لموقع مقترح في جامعة بابل والمنجز من قبل الطالب محمد مهدي عبيد عبدعلي** قد اجري تحت اشرافنا في قسم علم الارض التطبيقي كلية العلوم جامعة بابل كمتطلب جزئي لنيل شهادة البكلوريوس في علوم الارض وذلك للفترة من 2023/10/1 ولغاية 2024/4/1

التوقيع:

الاسم الثلاثي للسيد المشرف : عامر عطية الخالدي

اللقب العلمي:

التاريخ: ٢٠٢٤/٤/٢٢

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ }

{ صدق الله العلي العظيم }

سورة المجادلة الاية ١١

الاهداء

قال تعالى: (وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ)

الى من كلله الله بالهيبة والوقار .. الى من علمني العطاء بدون انتظار .. الى من احمل
اسمه بكل افتخار [والدي العزيز]

الى ملاكي في الحياة .. الى معنى الحب والى معنى الحنان والتفاني .. الى بسمه
الحياة وسر الوجود [امي الحبيبة]

و الى اخي الأكبر رقة عيني واخوتي و اسرتي جميعا ثم الى كل من علمني حرفا
أصبح برقه يضئ الطريق امامي .

الباحث

الشكر و التقدير

قال تعالى: (لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ)

من باب أنه لا يشكر الله من لا يشكر الناس، أود أن أعبر عن امتناني وتقديري للأستاذ الفاضل الدكتور: (عامر عطية الخالدي)، على توجيهه ودعمه وإشرافه المتميز على هذا البحث. وعلى كافة التسهيلات والإرشادات التي قدمها لي، فجزاه الله خيراً وبارك في جهوده.

كما اشكر عائلتي التي صبرت وتحملت معي ورافدتي بالكثير من الدعم على جميع الأصعدة، ونشكر الأصدقاء والأحباب وكل من قدم لنا الدعم في طوال مسيرتي الدراسية،

كذلك أشكر جامعة بابل التي منحتني فرصة الدراسة في كلية العلوم والتي زودتني بالموارد والمرافق اللازمة لإنجاز هذا البحث..

كما أشكر كل من ساهم في إنجاز هذا العمل من إدارة وأساتذة وزملاء في (جامعة بابل – كلية العلوم)، قسم (علم الأرض التطبيقي)..

الخلاصة

استخدمت في هذا البحث الطريقة الانكسارية لقياس سمك الطبقات بواسطة قياس سرعة الموجة الطولية P و سرعة الموجة المستعرضة S و المقارنة بينهما في دقة النتائج ، وكذلك تم حساب قيم معاملات المرونة والخصائص الجيوتكنيكية لموقع الدراسة حيث حسبت بالاعتماد على معدل سرعة الموجات المستعرضة والطولية والنسب فيما بينهما (Vp/Vs) في منطقة البحث الواقعة قرب قسم علم الأرض التطبيقي في جامعة بابل .

سبق العمل الحقلّي القيام بتحديد احداثيات بداية ونهاية المسارات الخاصة بالمسوحات الكهربية بواسطة استخدام GPS، بحيث تكون بعيدة قدر الامكان عن الأسلاك الكهربية والخنادق المحفورة داخل المنطقة ، أذ تضمن العمل الحقلّي القيام بما يلي :

تم استخدام جهاز التسجيل الزلزالي الرقمي ABEM Terraloc Mk-6 Seismic System

بعد ان تمت عملية النشر للقبال، ينصب جهاز السيزموكراف لتبدأ مرحلة القياس ، تسجيل كلاً من الموجات الطولية p-wave والمستعرضة S-wave ، بالقيام بعدد من عمليات المسح ولأكثر من مسار لأجل استحصال أفضل اشارته ممكنة .

ثم القيام بتفسير منحنيات الزمن - المسافة (Time-distance curves) المرسومة لجميع المسارات الزلزالية المنجزة بتطبيق طريقة الزمن - زائد - ناقص (T - Plus - Minus) وطريقة المعدل - ناقص - الزمن (Mean - Minus - T) وطريقة المربع الأدنى (Least Square Fitting) ، وأتضح مما يلي وجود اختلاف قليل جدا في سرع الموجات الزلزالية المحسوبة للطبقات تحت السطحية وسماكتها عند تطبيق هذه التقنيات كل على حده لذا تم اعتمادنا معدل النتائج المحسوبة بهذه الطرائق لكافة المسارات في موقع الدراسة .

تم الاستنتاج من هذا البحث بـ

بلغ معدل السرعة للموجات الطولية (Vp) في الطبقة الاولى (212) ماث بينما بلغ معدل السرعة للموجات

القصية (114.8) ماث لنفس الطبقة وبمعدل سمك (3.61 م)

بلغ معدل السرعة للموجات الطولية (Vp) في الطبقة الثانية (370) ماث بينما بلغ معدل السرعة

للموجات القصية (211) ماث لنفس الطبقة

تم حساب معاملات المرونة والمعاملات الجيوتكنيكية للتربة في منطقة الدراسة .

Abstract

In this research, the refractive method was used to measure the thickness of layers by measuring the velocity of the longitudinal wave P and the velocity of the transverse wave S and comparing them in terms of the accuracy of the results. The values of the elastic coefficients and geotechnical properties of the study site were also calculated, as they were calculated based on the average speed of the transverse and longitudinal waves and the ratios between them (V_p/V_s) in the research area located near the Department of Applied Geoscience at the University of Babylon. The field work was preceded by determining the beginning and end coordinates of the paths for the electrical surveys using GPS, so that they were as far away as possible from the electrical wires and trenches dug within the area. The field work included doing the following:

An ABEM Terraloc Mk-6 Seismic System digital seismic recorder was used.

After the process of deploying the transceiver has been completed, the seismograph device is installed to begin the measurement phase, recording both the longitudinal p-wave and the transverse S-wave, by performing a number of scanning operations and more than one path in order to obtain the best possible signal.

Then interpret the time-distance curves drawn for all seismic paths completed by applying the time-plus-minus method, the mean-minus-T method, and the least square method. Square Fitting), and it became clear from the following that there is a very small difference in the speeds and thicknesses of the seismic waves calculated for the subsurface layers when applying these techniques individually, so we adopted the average results calculated by these methods for all paths at the study site.

The conclusion from this research was:

The average speed of the longitudinal waves (V_p) in the first layer reached (212) m/s, while the average speed of the shear waves reached (114.8) m/s for the same layer with an average thickness of (3.61 m).

The average speed of the longitudinal waves (V_p) in the second layer reached (370) m/s, while the average speed of the shear waves reached (211) m/s for the same layer.

The elastic coefficients and geotechnical parameters of the soil in the study area were calculated.

المحتويات

٤	الاية القرآنية
٥	الاهداء
٦	الشكر و التقدير
٧	الخلاصة
	الفصل الأول
١٠	(١-١) مقدمة البحث
١٢	(٢-١) موقع و جيولوجية منطقة الدراسة
١٤	(٣-١) الخلفية النظرية
١٥	(٤-١) قانون سنيل و أنواع الموجات الزلزالية
١٥	(١-٤-١) قانون سنيل
١٧	(٢-٤-١) أنواع الموجات الزلزالية
٢٠	(٥-١) أنتشار الموجات الزلزالية
٢٠	(٦-١) العوامل المؤثرة في انتقال الموجات الزلزالية
٢١	(٧-١) توهين الموجات الزلزالية
٢١	(٨-١) قياس المعاملات الجيوتكنيكية
٢٣	(٩-١) الهدف من البحث
	الفصل الثاني
٢٤	(١-٢) الأجهزة المستخدمة
٢٦	(٢-٢) العمل الحقلى
٢٧	(٣-٢) مصادر توليد الموجات الزلزالية
	الفصل الثالث
٢٩	(١-٣) معالجة البيانات الزلزالية
٢٩	(٢-٣) تفسير البيانات الزلزالية
٣٠	(٣-٣) التفسير لنتائج المسح الزلزالي الانكساري
٣٣	(٤-٣) التقييم للخصائص الجيوتكنيكية وحساب معاملات المرونة
	الفصل الرابع
٣٨	(١-٤) الاستنتاجات
٤٠	(٢-٤) التوصيات
٤١	المصادر

الفصل الاول

(١-١) مقدمة البحث

الطريقة الانكسارية الزلزالية هي تقنية جيوفيزيائية تقليدية شائعة الاستخدام لتحديد عمق طبقات التربة تحت السطحية (Depth of Subsoil interface) والتعرف على نوعيتها وخواصها الهندسية وحساب معاملات المرونة والخواص الجيوتكنيكية المهمة في تصميم وبناء الاسس لجميع المنشآت الهندسية الكبيرة (Lawton. and Hochstein, 1993). كما وان الطريقة الانكسارية مهمة في الاستكشافات النفطية الأولية حيث لها القابلية في ايجاد عمق الطبقة الصخرية المدفونة. استخدمت الطرائق الجيوفيزيائية بنجاح في السنوات الأخيرة في أعمال الهندسة المدنية المتعلقة بتحريات التربة والأسس (Soil investigation and foundation). وتعد طريقة المقاومة النوعية الكهربائية إحدى طرق الأستكشاف الجيوفيزيائي ولها تطبيقات مهمة في مجالات التحريات الهندسية ، حيث أنها تستخدم في تحديد أعماق الطبقات الصخرية ونوعيتها فضلا عن التحريات التفصيلية لمواقع الأنفاق والسدود والمشاريع الضخمة . كما تعد الطريقة الزلزالية الانكسارية من اكثر التقنيات الجيوفيزيائية تطبيقا فالعمل الأستكشافي وذلك لأمتلاكها دقة عالية وقابلية كبيرة على الأختراق وتوفر طرائق تحليلية عالية الدقة ومناسبة بهدف تحسين المعطيات الزلزالية وكذلك تكمن أهميتها في أن لها القابلية على تفسير التغيرات الجانبية مع العمق ، فضلا عن أستخدامها في دراسات المشاريع الهندسية التي تهدف الى تحديد بعض الخواص الجيوتقنية للتربة.

وقد استخدمت الطريقة الانكسارية بشكل متزايد منذ ثمانينيات القرن الماضي في أعمال توصيف المواقع البيئية والهندسية الضحلة. وتعتمد هذه الطريقة على قياس سرعة الموجات المنكسرة الطولية والمستعرضة من الحدود الفاصلة بين طبقات الأرض المختلفة وفقا لعدد الطبقات التي تسري بها الموجات السيزمية ، فقد تكون عبارة عن طبقتين أو ثلاثة أو طبقات متعددة أكثر من ثلاثة)، على فرض ان السرعة تزداد بازدياد العمق ان قابلية الطريقة الانكسارية في الكشف عن اعماق وسرعة الطبقات تحت سطحية المستهدفة تزداد بزيادة الممانعة الصوتي Acoustic Impedance تساوي ضرب السرعة في الكثافة بين الطبقات التي تمر او تنكسر على حدودها الموجات الزلزالية

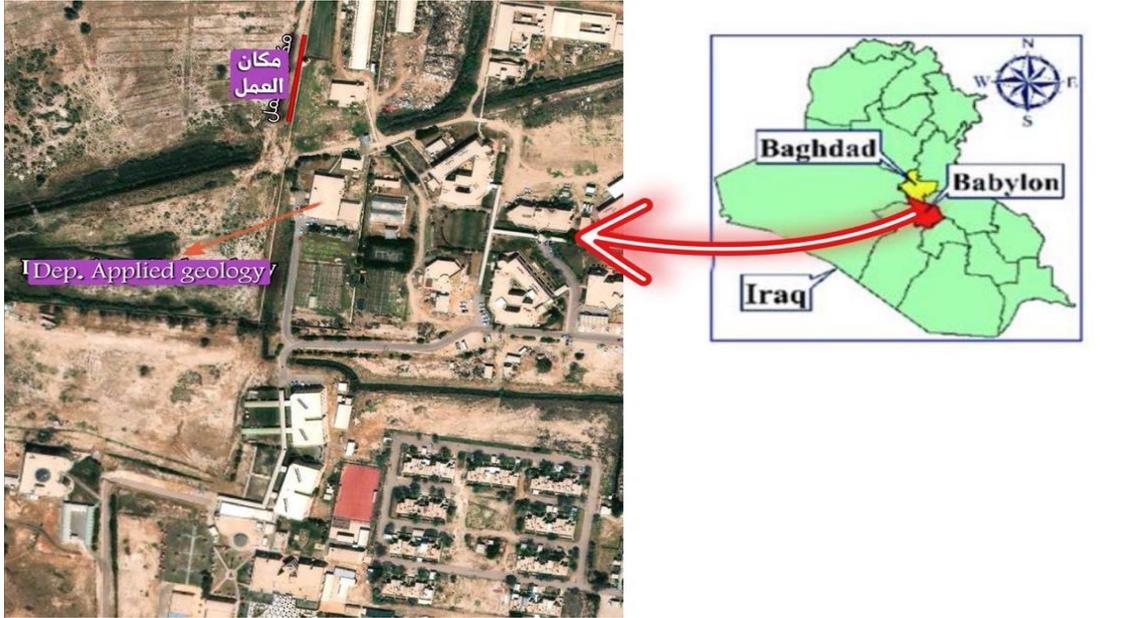
ان عمل هذه الطريقة يبدأ بتوليد موجة مباشرة يتم توليدها باستخدام طاقة اندفاعية قريبة من السطح تنتشر عبر وسط التربة وتنكسر على طول الحدود الطبقيّة ومن ثم يعاد استلامها بواسطة

لاقطات Geophone منتشرة على طول مسار مستقيم بينها مسافة متساوية تتناسب مع عمق الطبقة المستهدفة ، تعتبر الطريقة الانكسارية من الطرق المفضلة والمناسبة في الاعمال الهندسية ذات المساحات الكبيرة حيث انها توفر معلومات تقييمية دقيقة عن الخواص الجيوتكنيكية ومعاملات المرونة للتربة لمساحة كبيرة بزمن قليل وبكلفة رخيصة على عكس الابار التي تمثل نتائجها منطقة صغيرة وبكلفة عالية ووقت طويل .

من مميزات الطريقة الانكسارية أنها تحتاج لأقل عدد ممكن من المصادر والمستقبلات، ولذلك هي رخيصة نسبيا في جمع البيانات، في حين أن الطريقة الانعكاسية تحتاج لعدد أكبر من المصادر والمستقبلات، لذلك فهي طريقة مكلفة جدا في جمع البيانات. تحليل البيانات الانكسارية أسهل من تحليل البيانات الانعكاسية، حيث يُعتمد في تحليل البيانات الانكسارية على زمن وصول أول موجة، في حين أن تحليل البيانات الانعكاسية يعتمد على الجزء المتبقي من الطاقة، كما انها تحتاج إلى أجهزة حاسوبية متطورة وخبرة علمية، لذلك فهي مكلفة ومعقدة

(٢-١) موقع و جيولوجية منطقة الدراسة

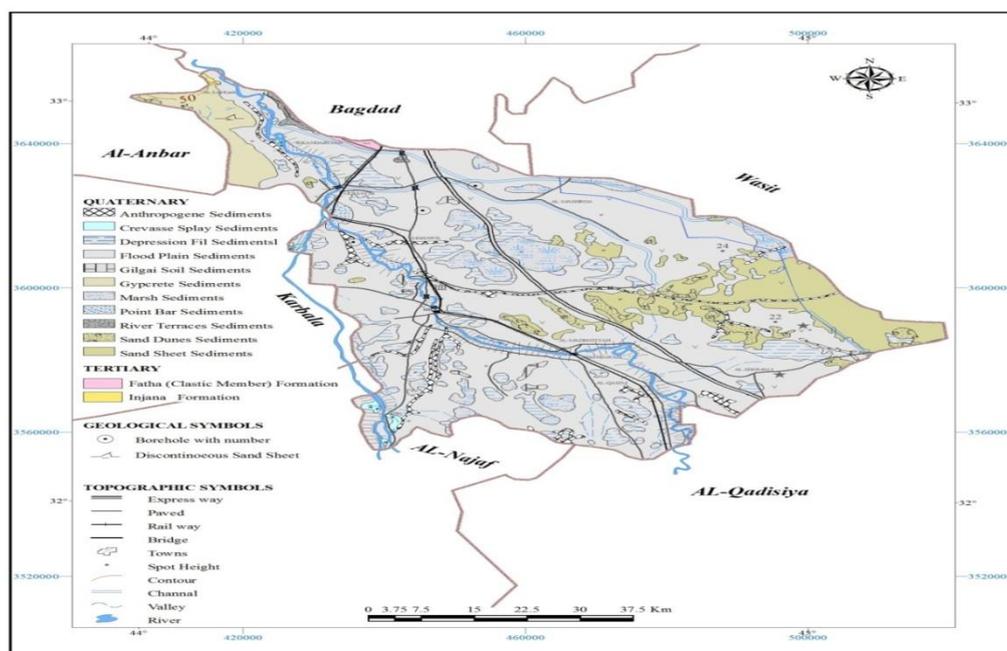
تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من جامعة بابل قريبة من بناية قسم علم الارض التطبيقي جنوب محافظة بابل بحدود ١٥ كم ، ومحصورة بين الاحداثيات شمالي و شرقي [44 24 21-44 23 29 N] ، [32 23 21-32 23 38 E] ، كما في شكل رقم (١-١)



شكل (١-١) يوضح موقع منطقة الدراسة.

حسب التقسيم التكتوني للعراق (Buday and Jassim, 1984) تقع منطقة الدراسة ضمن الحوض الرسوبي في الجرف غير المستقر ، وضمن الرف المستقر حسب التصنيف الحديث للعراق (Jasmine and Goff, 2006). تقع منطقة بلاد ما بين النهرين داخل حوض خط الأرض بين جبال زاغروس في الشمال الشرقي والهضبة العربية المستقرة في الجنوب الغربي ، كما هو موضح في الشكل (٢-١). (Al-Hiti, 1989). من وجهة النظر الجيولوجية ، الرواسب الحديثة من العصر الرباعي للعصر البليستوسيني والهولوسين في منطقة الدراسة ، وتتميز هذه الرواسب بترسيب سهل الفيضان لنهر الفرات وفروعه (sissakian et.al., 2000) ،

بينما تشكلت الترسبات الغرينية خلال فترة البليستوسين (Buringh, 1960) ، وهناك رواسب تملأ المنخفضات ، والتي تتجمع نتيجة للفيضانات ، وتتكون عمومًا من طبقات رقيقة من الرمل الناعم والطين الطيني الذي يمر من خلاله النهر يمر (Parsons, 1957).



شكل (٢-١) خريطة جيولوجية معدلة لمنطقة الدراسة (Geosurv, 2020)

والتي تكون بشكل عم من تتابع طبقي قليل السمك ومتغير من منطقة لأخرى مكون بشكل عام من رمل ناعم و سلت و طين . وتتميز طوبوغرافية منطقة الدراسة بسطحها المسطح ، ومنحدرها بشكل عام لطيف. يبلغ المنحدر في منطقة بلاد الرافدين (22) سم للكيلومتر ويوجد منحدرات ثانوية (Al-Jubouri 2002). تنحدر الأرض من الجزء الشمالي الغربي إلى الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية.

(٣-١) الخلفية النظرية

الانكسار الزلزالي هي أحد أقدم الطرق الجيوفيزيائية المطبقة والمستخدمه بشكل شائع لرسم خرائط توضح الشكل الهندسي لسطوح الجيولوجية الضحلة (Pelton, 2005). في المسح الزلزالي ، يتم إنشاء الموجات الزلزالية بواسطة مصدر خاضع للرقابة وتنتشر عبر باطن الأرض تعود بعض الموجات إلى السطح بعد الانكسار أو الانعكاس عند الحدود الجيولوجية للطبقات تحت سطح الأرض اذ تكتشف الأجهزة الموزعة (اللاقطات) على طول السطح حركة الأرض التي تسببها هذه الموجات العائدة ، وبالتالي تقيس زمن وصول الموجات في نطاقات مختلفة من المصدر وبما ان سرعة الموجات ثابتة ومن خلال تسجيل زمن الوصول يمكن استخراج قيم العمق وتحديد الحدود الفاصلة بين الطبقات التحت السطحية بشكل دقي بالاعتماد على التغيرات الليثولوجي للطبقات.

المسح باستخدام الطريقة الانكسارية الزلزالية يتكون من نشر خط من اللاقطات (Geophone) على سطح الأرض ، وإطلاق مصدر الطاقة الزلزالي ؛ تنشر اللاقطات عادة في المواقع وبأشكال متعددة حسب نوع الهدف ونوع الطريقة المستخدمة في البحث. تعمل طريقة الانكسار الزلزالي عندما يكون هنالك طبقتان صخرية مختلفة تحت سطح الأرض ، ويكون للطبقة العليا V_p أصغر من الطبقة السفلية (Refractor) (Senthil, 2019) عندما تكون زاوية سقوط الموجة الزلزالية هي الزاوية الحرجة ، تنتقل الموجة الزلزالية عبر السطح (interface) مع V_p للطبقة السفلية ، ثم تنكسر مرة أخرى إلى السطح. يتم قياس الوقت الذي تستغرقه الموجة الأولية للانتقال من المصدر الزلزالي إلى كل لاقط ، وباستخدام زمن الوصول وطرق الانعكاس هذه ، يمكننا تصميم مخطط رسم بياني للزلازل للجس التحت سطحي. تساعدنا نماذج السرعة هذه في تحديد وجود التراكيب أو الشدود في باطن الأرض بشكل أفضل (kearey, 2002).

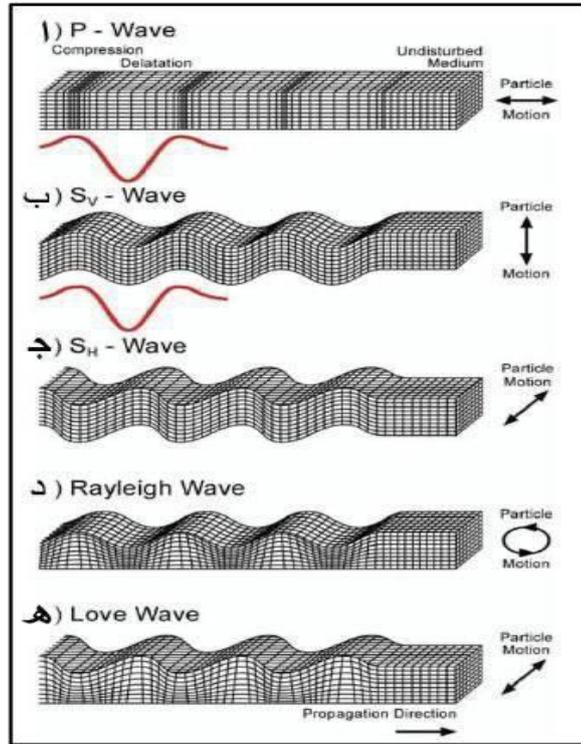
(٤-١) قانون سنيل و أنواع الموجات الزلزالية

(١-٤-١) قانون سنيل المعروف أي ضًا باسم قانون الانكسار هو صيغة تستخدم لوصف العلاقة بين زوايا سقوط الموجة وشعاع الانكسار.

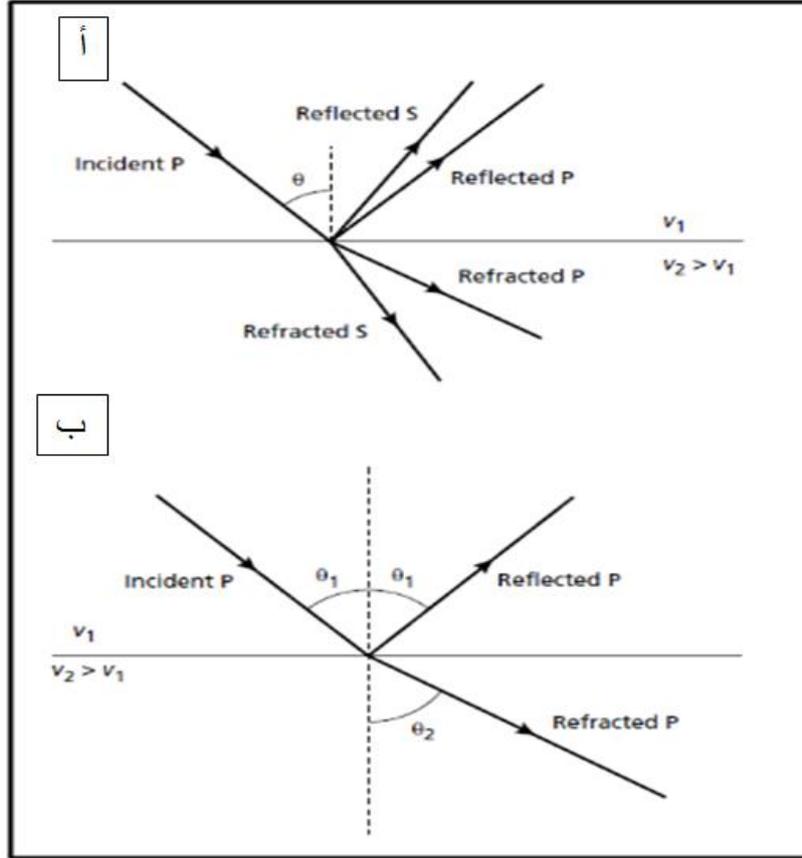
(Telford et al., 1990؛ Kearey et al., 2002؛ Lowrie، 2007) عندما يقع شعاع الموجة P بشكل غير مباشر على واجهة تباين فيه الممانعة الصوتية ، تتولد أشعة منعكسة ومرسلة. P-wave كما في حالة حدوث طبيعي. بالإضافة إلى ذلك ، يتم تحويل بعض الطاقة الانضغاطية الساقطة إلى أشعة منعكسة ومرسلة S-wave المستقطبة في مستوى عمودي. ينتقل شعاع الموجة P المرسل عبر الطبقة السفلية مع تغيير اتجاه الانتشار ويشار إليه باسم الشعاع المنكسر. (Kearey et al., 2002; Lowrie, 2007)

ينص الشكل العام لقانون سنيل على أنه طول أي شعاع واحد ، فإن معامل الشعاع يبقى ثابت ثابتة. بالنسبة لشعاع الموجة P المنكسر الموضح في الشكل (٣-١) ، لذلك

$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2} \dots \dots \dots \text{eq. 2.3 (Kearey et al., 2002)}$$



شكل (٣-١) انتشار الموجات الزلزالية.

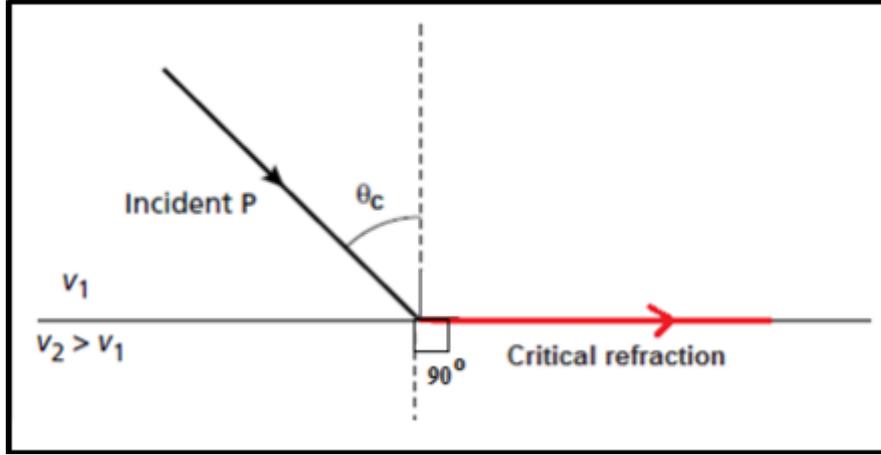


الشكل (٤-١) (أ) أشعة الموجة P و S المنعكسة والمنكسرة الناتجة عن شعاع الموجة P بشكل غير مباشر على واجهة تباين فيها الممانعة الصوتية ، و (ب) أشعة الموجة المنعكسة والمنكسرة المرتبطة بأشعة الموجة P حادث غير مباشر على واجهة تباين الممانعة الصوتية (Kearey et al., 2002).

ينكسر الشعاع بعيداً عن الطبيعي للواجهة إذا كان $V_2 > V_1$ ؛ وهذا هو $\theta_2 > 1$ (Kearey et al., 2002; Lowrie, 2007; Reynolds, 2011). عندما تكون السرعة أعلى في الطبقة الثانية ، توجد زاوية وقوع معينة ، تُعرف بالزاوية الحرجة (θ_c) وهي زاوية الانكسار 90 (Kearey et al., 2002; Lowrie, 2007; Reynolds, 2011). يؤدي هذا إلى ظهور شعاع منكسر ينتقل على طول الواجهة بسرعة أعلى V_2 الشكل (٥-١). يتم حساب الزاوية الحرجة بواسطة المعادلة ادناه:

$$\sin \theta_c / v_1 = \sin 90^\circ / v_2 = 1/v_2$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1} (v_1 / v_2) \dots \dots \dots \text{Eq . 6.2 (kearey et al., 2002)}$$



الشكل (٥-١) شعاع المنكسر الحرج (kearey et al., 2002)

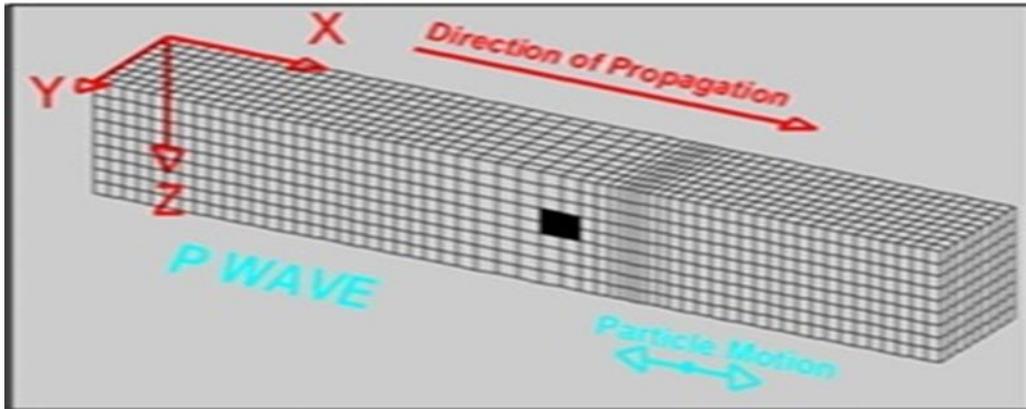
(٢-٤-١) أنواع الموجات الزلزالية

هنالك نوعان رئيسان من الموجات المرنة هما :-

١ - الموجات الجسمية (Body waves) وتكون على نوعين :

أ. الموجات الطولية (Longitudinal waves)

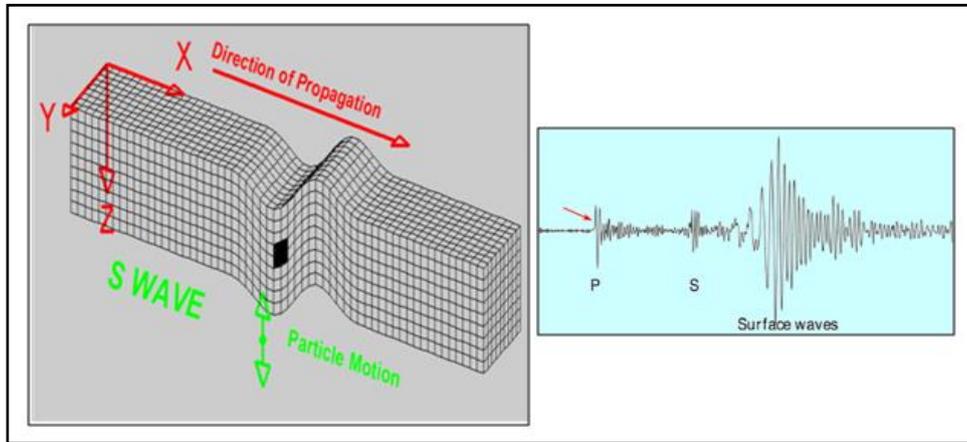
يطلق عليها أيضا تسمية الموجات الأولية Primary waves أو P-waves وتكون فيها حركة جزيئات الوسط باتجاه حركة الموجة مما يسبب تداخل وتضاغط للوسط كما هو الحال في الموجات الصوتية , ان هذا النوع من الموجات ينتقل في كل الأوساط صلبة كانت ام سائلة وتعد أسرع الموجات إنتقالاً، كما في الشكل (٦-١) ،



الشكل (٦-١) حركة الجزيئات للموجة الطولية

ب. الموجات المستعرضة (Transverse waves)

وتسمى أيضا الموجات القصية **Shear waves** أو الموجات الثانوية **Secondary waves** أو **S-waves** ، حيث تتحرك فيها دقائق الوسط بشكل عمودي على اتجاه حركة الموجة وتتكون من مركبتين هما المركبة الأفقية **Horizontal shear component-S_h** والتي تكون موازية لمستوى سطح الأرض ، والمركبة الشاقولية **Vertical shear component-S_v** (Jolly, 1956) ، أن هذا النوع من الموجات ينتقل في الأوساط الصلبة فقط ولا ينتقل في السوائل وتسجل ثانياً في التسجيلات الزلزالية (Telford et al., 1981). تكون سرعته الموجة المستعرضة V_s في الموائع (صفر) لأن قيمة (μ) تساوي صفراً ، كما في الشكل (٧-١) .



الشكل (٧-١) حركة الجزيئات في الموجة المستعرضة

٢ - الموجات السطحية surface waves

وهي الموجات الزلزالية التي تنتقل قريباً من السطح حيث يمكن ان تميز بسرعتها وترددتها الواطئين اما سعة الموجة فتكون كبيرة على السطح وتضمحل كلما اتجهنا نحو الأعماق ، وتعد هذه الموجات في الغالب مصدر لما يسمى بالضوضاء المنتجانسة ، واعتماد على حركة الدقائق فيها فقد قسمت إلى نوعين :

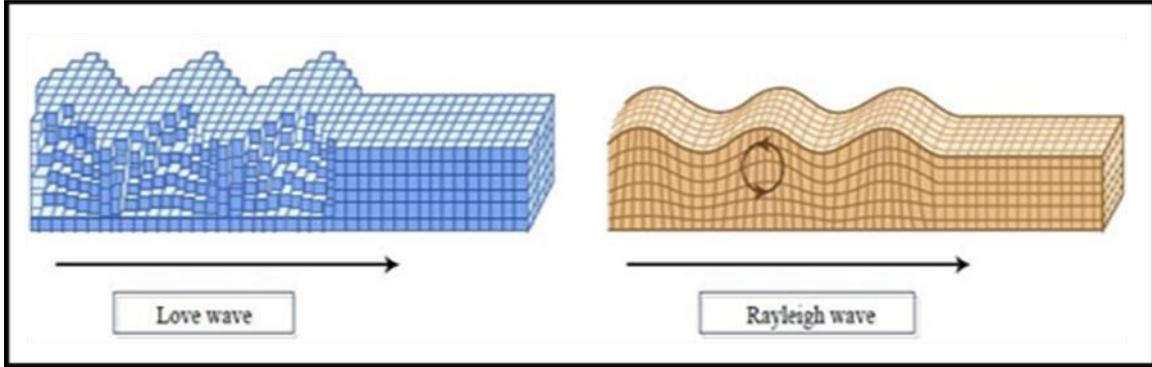
أ. موجات رايلي Rayleigh wave

تم تسمية هذا النوع من الموجات نسبة للعالم الانكليزي لورد رايلي Lord Rayleigh ، تكون حركة الدقائق فيها بشكل مركب نوعاً ما من الاهتزاز الافقي والعمودي مكونة حركة تراجع بشكل بيضوي للمستوى العمودي على طول اتجاه حركة الموجة ، ان السرعة لموجة رايلي تساوي تقريباً

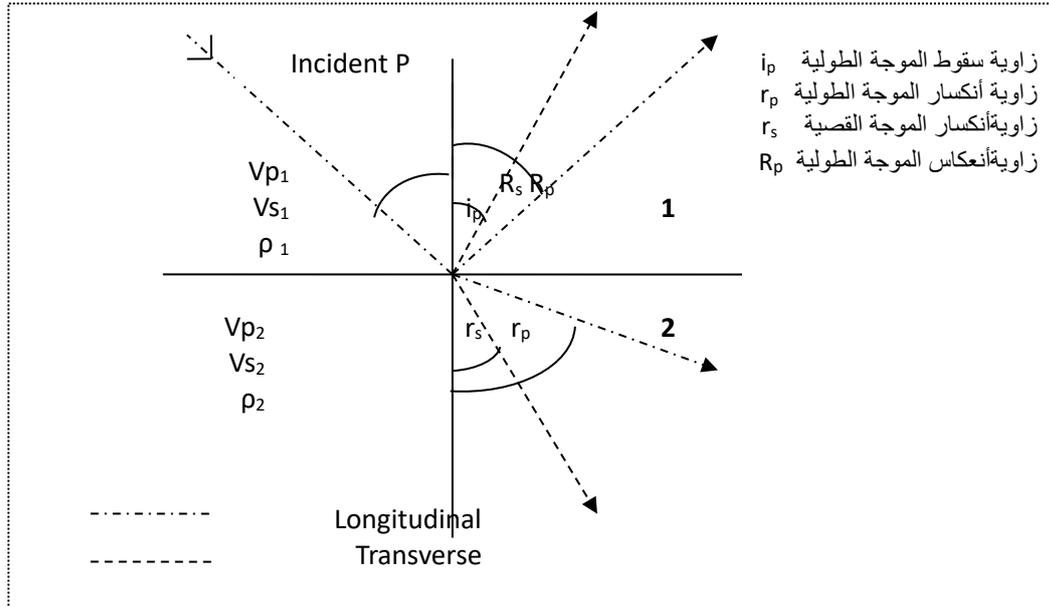
(0.91) من السرعة للموجة القصية (Sheriff, 2002), ان السعة لهذه الموجة تكون كبيره على سطح الارض وتضمحل باتجاه العمق ، الشكل ٧ .

ب . موجة لوفوف (Love Wave)

سميت الموجة بهذا الاسم نسبة الى عالم الرياضيات الانكليزي H.Love حيث تكون حركة الجزيئات فيها بشكل حركة افقية مستعرضة وموازية لسطح الارض وعموديه على اتجاه حركة الموجة (Telford et al.,1990) ولايعد هذا النوع من الموجات مهماً في عمليات الاستكشاف والمسح الزلزالي (Sheriff, 2002) الشكل (٨-١) .



الشكل (٨-١) حركة موجات رايلي و لوف



شكل (٩-١) انعكاس وانكسار الموجات الزلزالية

(٥-١) انتشار الموجات الزلزالية (propagation of seismic waves)

عند انتقال الموجات الزلزالية (خاصة الموجات الجسمية) خلال الارض ابتداءً من تولدها من مصدر الطاقة وحتى اضمحلالها فإنها تتعرض للانعكاس والانكسار والتشتت عند الحدود الفاصلة بين وسطين مختلفين بالخواص الفيزيائية . إن عمليات انعكاس وانكسار الموجات الزلزالية تكون أكثر تعقيداً من الموجات الضوئية لكون ان سقوط موجة زلزالية (P_{wave}) أو (S_{wave}) على الحد الفاصل يؤدي الى تكوين موجتين منعكستين (P, S) ، وموجتين منكسرتين (P, S) أيضاً ، والشكل (٨) يبين انعكاس وانكسار الموجات الزلزالية . إن هذه الموجات الزلزالية تخضع لمبادئ علم البصريات الهندسي: مثل مبدأ هايجن و مبدأ فيرمات و قانون سنيل

(٦-١) العوامل المؤثرة في انتقال الموجات الزلزالية

أ - **الكثافة (Density)** : أن سرعة الموجات الطولية والمسعرضة تزداد بزيادة معاملات المرونة الفعالة وتقل مع زيادة الكثافة ، اي أن العلاقة بين السرعة و الكثافة عكسية ولكن هذا غير صحيح في الواقع فإن السرعة تزداد بزيادة الكثافة.

ب - **العمق (depth)** : هو من العوامل المهمة المؤثرة في انتقال الموجات الزلزالية خلال الطبقات الصخرية ، إن زيادة العمق ستؤدي إلى زيادة الأحكام التي تؤدي بدورها إلى تقليل المسامية وزيادة الكثافة ثم زيادة السرعة ، كما أن نسبة زيادة السرعة في الأعماق الضحلة تكون أكبر منها في الأعماق المتوسطة و السحيقة.

ج - **المسامية (porosity)** : العلاقة بين سرعة الموجات الزلزالية والمسامية هي علاقة عكسية، حيث تزداد السرعة مع نقصان المسامية ، بينما تقل المسامية مع العمق بسبب زيادة الكثافة.

د - **الصخرية (Lithology)** : تكون سرعة الموجات الزلزالية في الصخور النارية والمتحولة أي بشكل عام أكبر من مثيلاتها في الصخور الرسوبية .

هـ - **محتوى السوائل (Fluids Content)** : تتأثر سرعة الموجات الزلزالية بكمية ونوعية السوائل المتواجدة في الصخور .

ز - **الشقوق و الكسور (Joints and Cracks)** : إن الشقوق و الكسور تزيد من المسامية الثانوية في الصخور، ومع زيادة المسامية سوف تقل سرعة الموجات الزلزالية.

و - **النسيج (Texture)** : تتأثر السرعة بحجم الحبيبات المكونة للصخور ، اذ تكون أسرع أكبر عندما يكون حجم الحبيبات ناعمة .

(٧-١) توهين الموجات الزلزالية (Attenuation of seismic waves):

كلما زادت انتقال الإشارة الزلزالية من مصدرها ، أصبحت أضعف. يشار إلى انخفاض السعة مع زيادة المسافة من المصدر باسم التوهين. يرجع ذلك جزئياً إلى هندسة انتشار الموجات الزلزالية ، وجزئياً بسبب الخصائص غير المرنة للمادة التي تنتقل من خلالها; (Telford et al., 1990; Lowrie, 2007; Reynolds, 2011).

يرجع السبب الأكثر أهمية إلى التوهين الهندسي، حيث ان موجات الجسم الزلزالية. (body waves) الناتجة عن مصدر زلزالي عند نقطة (P) على سطح ذات نصف مساحة موحدة إذا لم يكن هناك فقدان للطاقة بسبب الاحتكاك ، فإن الطاقة (Eb) في مقدمة الموجة على مسافة (r) من مصدرها يتم توزيعها على سطح الكرة الأرضية بمساحة (2πr).²

شدة أو كثافة الطاقة (Ib) لموجات الجسم هي الطاقة لكل وحدة مساحة في واجهة الموجة ، وعلى

$$Ib(r) = \frac{Eb}{2\pi r^2} \dots\dots\dots eq. 12.2 \text{ (Lowrie, 2007 هي } r \text{ مسافة)}$$

سبب آخر للتوهين هو امتصاص الطاقة بسبب خصائص المرنة غير الكاملة. إذا لم تتفاعل جسيمات الوسط بشكل مرّن تمامًا مع الجسيمات المجاورة لها ، فسيتم فقد جزء من الطاقة في الموجة (على سبيل المثال ، كحرارة احتكاكية) بدلاً من نقلها عبر الوسط.

(٨-١) قياس المعاملات الجيوتكنيكية

تعتبر عمليات التقييم الموقعي الجيوتكنيكي من العمليات التي لها اهمية بالغة في الاعمال الهندسية مثل بناء المنشآت وانشاء السدود والطرق السريعة والجسور وغيرها ويتم الاعتماد على الخواص الجيوتكنيكية للتربة وكذلك طبقات تحت السطح

المصدر	العلاقة المستخدمة	المعامل الديناميكي
(Abd El-Rahman, 1991)	$Si = 1 - 2 \left(\frac{Vs}{Vp} \right)^2$	Stress Ratio (Si)
(Abd El-Rahman, 1991)	$V = \frac{3 - (vp/vs)^2}{(vp/vs)^2 - 1}$	Index Material(v)
(Abd El-Rahman, 1991)	$Di = \left[\left(\frac{3}{vp^2} \right) - \left(\frac{1 - \delta}{1 + \delta} \right) \right]$	Desity Gradient (Di)
(Abd El-Rahman, 1991)	$\left[3 - 4 \left(\frac{Vs^2}{Vp^2} \right) \div 1 - 2 \left(\frac{Vs^2}{Vp^2} \right) \right]$	Concentration Index (Ci)

جدول رقم (١-١) العلاقات الرياضية المستخدمة في إيجاد المعاملات الجيوتكنيكية

معامل المادة :- (v) Index Material

يعرّف هندسياً بأنه المقدار المستخدم لتحديد نوع المادة وكذلك درجة كفاءتها للأساسات البناء, وكذلك يعرف على انه درجة صلابة المادة بالاعتماد على المعاملات المرنة لها .

معامل التركيز :- (C_i) Concentration Index

وهو من المعاملات المهمة الهندسية الدالة على درجة الرص للمادة المستخدمة لقياس الكفاءة للأسس وللعديد من الاعمال الهندسية المدنية. ان هذا العامل يعتمد بصورة اساسية على معامل المرونة للمادة وكذلك توزيع الضغوط في العمق .

زاوية الاحتكاك الداخلية الفعالة (Ø) Interna Friction angles

تستخدم زاوية الاحتكاك الداخلية بشكل كبير في عملية تقييم الخصائص الهندسية للتربة والصخور. ويمكن ان تحسب الزاوية بدلالة السرعات للموجات والقصية والطولية وكما في العلاقة :-

$$\sin \phi = 2 \left(\frac{v_s}{v_p} \right)^2 \dots \dots \dots (38 - 2) \quad ,(\text{Sheriff \& Gelbert, 1986})$$

معامل نسبة الضغط او الاجهاد :- (S_i) Stress Ratio

يعد هذا المعامل من المعاملات المهمة الجيوتكنيكية في الجانب الهندسي وهو نسبة الاجهاد الافقي للاجهاد العمودي عند اعماقٍ معينه حيثُ يمثل مقياساً للضغوط الجانبية للصخور او التربة في الظروف الطبيعية حيثُ يكون الضغط الهيدروستاتيكي لسوائل متساوي في كافة الاتجاهات ان القيمة لهذا المعامل تكون عالية في التربة الناعمة مما هو عليه في التربة الخشنة وكذلك تكون كبيره في التربة الغير متماسكه والمفككة وتصبح قليله مع ازدياد ضغط الصخور, (1982,

Bowles)

سعة التحمل القصوى :- (B.C) Bearing Capacity

تعتبر من الخواص الجيوتكنيكية ذات الاهمية الكبيرة والتي هي مقدار لتحمل التربة او الصخور تحت الاساسات , حيث انها تشير لمدى مقاومة التربة للاجهادات الناشئة نتيجة للاحمال المتحركة (الديناميكية) والثابتة حيث يجب ان يحسب مقدار (q_u) عند التصميم للمنشآت الهندسية حيث يمكن ان يحصل تشويه للطبقات ومشكلات هندسية كالهبوط اذا كان الجهد المتكون اكبر من (q_u)

(Bowles, 1984)

(٩-١) الهدف من البحث

تحديد سمك الطبقات تحت سطحية وعمقها وسرعتها ومعرفة خصائص هذه الطبقات مثل نسبة بوسان (Poisson's Ratio) و معامل يونغ (Young's Modulus) و معامل الحجم (Bulk modulus) و معامل الصلابة او القص (Shear Modulus) و ثابت لامى (Lame's Constants) و معامل المادة (Index Material) و معامل التركيز (Concentration Index) و معامل نسبة الضغط او الاجهاد (Stress Ratio) و الانحدار (الميل) الكثافي (Density Gradient) و زاوية الاحتكاك الداخلية الفعالة (\emptyset) و Intern Friction angles و سعة التحمل القصوى (Bearing Capacity) بالإضافة إلى قياس بعض الخواص الفيزيائية مثل المسامية (Porosity) والكثافة الكلية (Bulk Density). وكذلك دراسة مقاومة الطبقات التحت سطحية وتحديد الطبقة المناسبة لإقامة المشروع .

الفصل الثاني

الأجهزة المستخدمة و العمل الحقل

ان المبادئ الرئيسية في المسوحات الزلزالية الانكسارية هو الاستخدام لأزمة الوصول الاولية والتي يتم التقاطها من البيانات للمسح الزلزالي وكذلك رسم منحنيات المسافة_ الزمن للنقطة المسوحة حيث ينسب كل زمن من ازمة الوصول الاولية لسطح كاسر معين واجراء تقدير للأعماق والسرعات والامتدادات للطبقات الكاسرة، ويجرى تقدير لسرعة كل سطح كاسر من خلال من خلال ميل خط سرعة ذلك السطح في منحنى (الزمن - مسافة). ومن أكثر المصاعب المواجهة للمفسر هو عملية تحديد الامتداد للسطح الكاسر على منحنى (الزمن - مسافة) ولكن لربما قد يساعد ترتيب النشر العكسي المفسر الا انه لا يعد حلاً لهذه الصعوبة، ومن هنا تتبين الاهمية في المعرفة الجيولوجية لمنطقة المسح عند اجراء التفسير (1992, الجريسي).

(١-٢) الأجهزة المستخدمة

١-١-٢ - جهاز التسجيل الزلزالي ABEM Terraloc Mk-6 Seismic

تم استخدام جهاز التسجيل الزلزالي الرقمي ABEM Terraloc Mk-6 Seismic System

السويدي الصنع لتسجيل المسارات الزلزالية في منطقة الدراسة والعائد الى قسم علم الأرض

التطبيقي، لوحة (١-٢).



لوحة (١-٢) جهاز التسجيل الزلزالي (ABEM Terraloc Mk-6 Seismic)

ملحقات جهاز المسح TerraloMK.6

- كابل يستخدم لربط اللواقط الارضية ذو (24) منفذ.
- مصدر لتوليد الطاقة الكهربائية (بطاريه 12 فولت) مزود بشاحنة خاصة ولها وقابل لربط الجهاز بالمصدر.
- لاقطات ارضية (Geophone) يبلغ عددها (24) لاقط من نوع (sesor – sm 24) أحدها يستخدم كقادح قريباً من مصدر توليد الطاقة.
- (Trigger) ويدعى مفتاح القدح والعائد لشركة (Gesco) وظيفته توصيل الدائرة عند ملامسة المطرقة للقرص.

• ومن المواد التي من الضروري توفرها اثناء العمل الحقلي،

- قرص مطاطي وذلك لتجميع الطاقة وعدم تشتيتها.
- مطرقة حديديه وزن (10) كغم.
- شريط للقياس للمسافات البعيدة.
- قرص مدمج (C-D).



لوحة (٢-٢) اللاقطات الأرضية الأفقية و العمودية

(٢-١-٢) اللاقطات الارضية:- (Geophones)

استخدمنا في عمليات التسجيل الحقلي لواقط ارضية بتردد مقداره (10 H Z), حيث تعمل هذه اللاقطات بعملية تحويل للطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية (اشارة كهربائية) تنتقل باسلاك موصلة بالسيزموكراف ، واللاقطه هي الجزء من الجهاز المتصل بالأرض ، تتشكل اللاقطه من ملف وعمود مغناطيسي موضوع في صندوق مصنوع من البلاستيك او المعدن مدبب من احدى نهايتيه ، الملف (coil) او العمود المغناطيسي المثبت على الصندوق والآخر ذا قصوراً ذاتياً . نقوم بغرس الجزء المدبب في الارض وعند انتقال الموجة داخل الارض فان اللاقط الارضي سيستجيب للاضطراب الزلزالي الحاصل فتهتز نتيجة لذلك بينما يبقى الجزء ذا القصور الذاتي ثابتاً ولذلك تتكون ازاحة نسبيه فيما بينهما ناتجاً عن ذلك قوة كهربائية دافعة فتولد اشارة كهربائية متنقلةً بعد ذلك عبر الأسلاك لأجهزة الالتقاط ليتم تسجيلها بعد ذلك ، تم استخدام اللاقطات القياسية المرتبطة بالجهاز حيثُ استخدمنا اللاقطات العمودية لقياس سرع الموجات الطولية (P- wave) واللاقطات الأفقية تستخدم لقياس سرع الموجات القصية (S-wave) وكما مبين في لوحة (٢-٣)

(٢-٢) العمل الحقلّي - The field work

سبق العمل الحقلّي القيام بسفرة استطلاعية لموقع الدراسة في ٢٠٢٤/٣/٥ بهدف تحديد احداثيات بداية ونهاية المسارات الخاصة بالمسوحات الكهربائية بواسطة استخدام GPS، بحيث تكون بعيدة قدر الأمكان عن الأسلاك الكهربائية والخنادق المحفورة داخل المنطقة، أذ تضمن العمل الحقلّي القيام بما يلي :

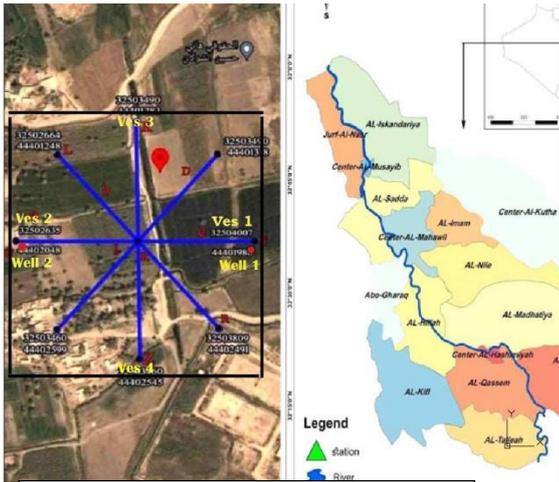
تسجيل كلاً من الموجات الطولية p-wave والمستعرضة S-wave وهناك مجموعه من الخطوات التي تم اجراءها قبل المباشرة بالعمل الحقلّي وهي: -

- استحصال صورة فضائية لمنطقة الدراسة وذلك عبر برنامج (الكوكل ارث) لتحديد خطوط المسح الزلزالي.

- اعداد وتهيئة جهاز السيزموكراف والمعدات المرتبطة به كشريط المستخدم للقياس والمطرقة المستخدمة والقرص المطاطي والبطارية.

- تم القيام بعدد من عمليات المسح التجريبي ولأكثر من مسار لأجل استحصال أفضل اشارته ممكنة الشكل (١-٣) يمثل صورة فضائية لمنطقة الدراسة مسقط عليها المسارات الكهربائية والزلزالية

ونقاط حفر الابار في منطقة الدراسة



شكل (١-٢)

بعد ان تمت عملية النشر للقابل، ينصب جهاز السيزموكراف لتبدأ مرحلة القياس والتسجيل وبعدها يتم حفظ البيانات بصيغة (SEG-2) القياسية ومن ثم يتم غلق البرنامج وبصوره نظاميه وبعد اكتمال من العمل الحقلّي يتم ربط جهاز السيزموكراف بالحاسوب لأجل نقل بيانات التسجيل الزلزالي. حيث تم تحديد اربعة مسارات زلزالية اول اثنين متعامدين أحدهما باتجاه

(شمال - جنوب) والآخر باتجاه (شرق - غرب) في منطقة الدراسة والبالغة مساحتها (22) الف م² وبواقع (150150) م تقريباً لاستحصال سرع الموجات الانكسارية الزلزالية الانضغاطية (VP) والقصية (VS) حيث بلغت اطوال الخطوط الزلزالية كافة (115م) عندما تكون المسافة ما بين جيوفون وآخر (5م) تم التوليد للموجات الزلزالية الانكسارية بتسع ضربات لكل خط زلزالي (Shoot point) وبواقع 3 ضربات امامية (forward) 3 عكسية (Reverse) وكذلك 3 ضربات وسطية (middle) الذي يوضح هندسة النشر لكل مسار والصورة الفضائية في الشكل (3-4) اعلاه

والموضح عليها جميع المسارات الزلزالية والكهربائية ونقاط حفر الابار

(٣-٢) مصادر توليد الموجات الزلزالية وتقسّم الى شقين:

(١-٣-٢) مصادر توليد الموجات الزلزالية الطولية

يتم توليد الموجات الطولية بطريقة المطرقة (Hummer) وذلك بطرق قرص مطاطي (Shock plate) دائري الشكل عمودياً بهدف جمع الطاقة وعدم تشتيتها وذلك برفع المطرقة بارتفاع مترين وبوزن 10 كغم، وتعاد الضربة عدة مرات لحين الحصول على أفضل تسجيل، الغاية من هذا الارتفاع هو توليد طاقة كافية للموجات الزلزالية المنتشرة خلال الأوساط الصخرية قليلة التماسك في منطقة الدراسة.

(٢-٣-٢) مصادر توليد الموجات الزلزالية المستعرضة

أما الموجات المستعرضة يتم توليد الموجات المستعرضة بطريقة المطرقة وذلك بطرق لوح خشبي (0.1×0.1) مترا وبطول 2 مترا ، ويثبت بالأرض بعمق 30 سم ويطرق عليه بمطرقة وزنها 10 كغم من ارتفاع 2 مترا باتجاه مواز للأرض وعمودي على اتجاه النشر ، اللوحة (7-3) ، حيث يتم توليد المركبة الأفقية على امتداد النشرة الزلزالية ، كما يصار الى طرق اللوح الخشبي باتجاهين متعاكسين وذلك للتأكد من تشخيص الموجة المستعرضة في المقطع الزلزالي الناتج ، وكل اتجاه سيولد موجة لها زمن الوصول نفسه لكن باستقطاب متعاكس (اختلاف بالطور 180 درجة) .



لوحه (٣-٢) تمثل اتجاه طرق اللوح الخشبي لغرض الحصول على الموجات القصية



صور تمثل طريقة نشر اللاقطات الأرضية (Geophones) في العمل الحقلية

الفصل الثالث

معالجة و تفسير المعطيات الجيوفيزيائية

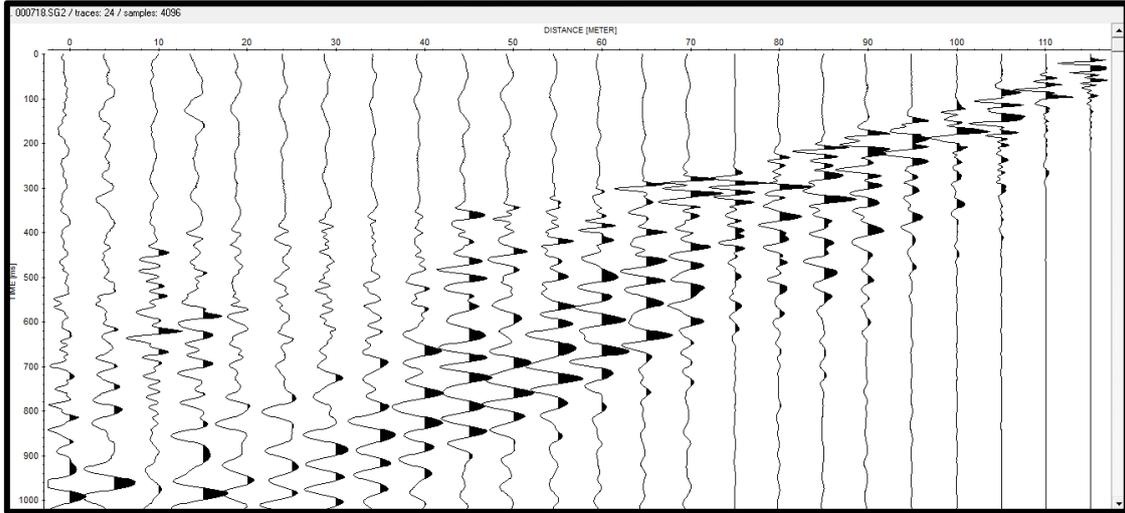
(١-٣) معالجة البيانات الزلزالية Processing of Seismic Data

الهدف من عملية المعالجة معدل اشارة عالية مع نسبة منخفضة من الضوضاء للتمكن من تفسير البيانات تفسيراً دقيقاً . مع وجود عوامل متعددة تسبب الضوضاء في موقع الدراسة منها الحركة الناتجة عن مرور الاشخاص والسيارات والمواشي في موقع الدراسة كذلك تأثير قوة الرياح والاعشاب والنباتات والضوضاء الناتجة من تشغيل المولدات الاهلية قرب موقع الدراسة لذلك وبسبب ما ذكر ان بعض التسجيلات الزلزالية كانت تمتلك نسبة ضوضاء عالية جدا ولقد تمت معالجة هذه المشاكل باستخدام برنامج Pickwin احد حزمة برنامج SeisImager/2D وذلك لنحصل على نسبة اشارة الى ضوضاء اعلى باستخدام مرشحات القطع المتوفرة .

(٢-٣) تفسير البيانات الزلزالية Interpretation of Seismic Data

ان اغلب الطرق المتبعة في تفسير البيانات الزلزالية تفترض ان الطبقات تكون ذات سرع ثابتة وأن السرعة الزلزالية للطبقات تزداد بزيادة العمق (Mota, 1954). وتفترض طرق التفسير ان السطح الكاسر يكون مستويا وبعضها تفترض ان يكون السطح غير مستوي . (195) (irregular) (Hagedoorn, palmer,1981) في العقدين المنصرمين برزت طرق حديثة تعتمد بصورة اساسية على مبدأ العكس Inversion وهي تعمل على تحليل السرعة الزلزالية الى شبكة من نوع (Grid) من الخلايا وتمتلك هذه الخلايا سرع محددة Lanz et (al.,1998;Gamal and Hanafy,2004)

تتضمن عملية تفسير البيانات الزلزالية حساب السرعة المختلفة والاعماق للطبقات بالإضافة لحساب المعاملات الهندسية لها وفي الطرق الجيوفيزيائية المتعددة يجب الاستعانة بسجل المعلومات المتوفرة كالمكاشف الصخرية out croup وكذلك المعلومات المتوفرة عن الابار القريبة من منطقة الدراسة كذلك المعلومات ونتائج الدراسات الجيوفيزيائية من طرق اخرى لمنطقة الدراسة او المناطق المجاورة, ومن خلال ربط كل المعطيات المتاحة التي ذكرت يمكن ربط هذه المعلومات للحصول على معلومات دقيقة وتقدم فكرة واقعية عن سمك ونوعية الطبقات .

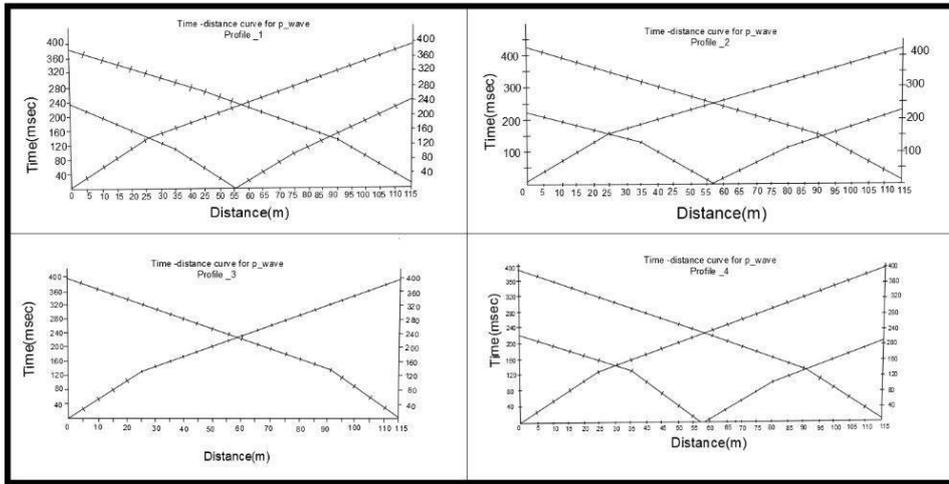


شكل ٣-١ نموذج من البيانات الزلزالية الاولية (Raw data) في منطقة الدراسة

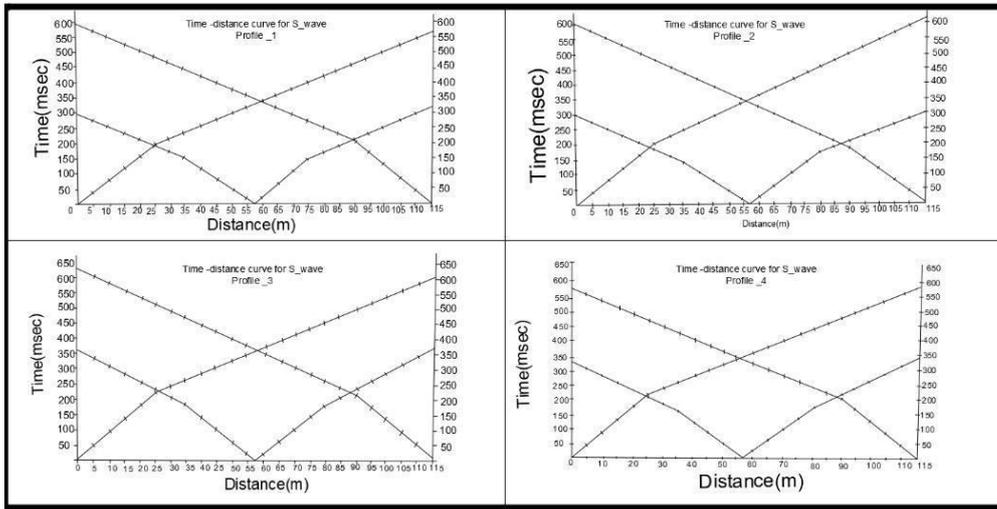
(٣-٣) التفسير لنتائج المسح الزلزالي الانكساري:- Interpretation of the seismic refraction survey

تم في هذه الفقرة تفسير منحنيات الزمن - المسافة (Time-distance curves) المرسومة لجميع المسارات الزلزالية المنجزة بتطبيق طريقة الزمن - زائد - ناقص (T - Plus - Minus) وطريقة المعدل - ناقص - الزمن (Mean - Minus - T) وطريقة المربع الأدنى (Least Square Fitting) ، وأتضح مما يلي وجود اختلاف قليل جدا في سرع الموجات الزلزالية المحسوبة للطبقات تحت السطحية وسماكتها عند تطبيق هذه التقنيات كل على حده لذا تم اعتمادنا معدل النتائج المحسوبة بهذه الطرائق لكافة المسارات في موقع الدراسة .

رسمت منحنيات الزمن - المسافة للموجات الطولية والمستعرضة (P and S-waves) لجميع المسارات في موقع الدراسة ، الشكلين (2-4) و (3-4) بالاعتماد على أزمان الوصلات الأولية (First arrivals) وبالإضافة على مواقع اللاقطات على سطح الأرض الموضحة في المقاطع الزلزالية الانكسارية المنجزة بواسطة التفجير الاعتيادي (Normal shooting) والتفجير المركزي (Central shooting) والتفجير المعكوس (Reverse shooting) وذلك باستخدام برنامج التفسير الزلزالي (REFLEXW, version 3.5) ، (أنظر الملحقين 2,3)



الشكل (٢-٣) يمثل منحنيات الزمن – المسافة للموجات الطولية لمحطات موقع الدراسة



شكل (٣-٣) يمثل منحنيات الزمن – المسافة للموجات المستعرضة لمحطات موقع الدراسة

تم حساب سرعة الموجات الزلزالية المستعرضة والطولية لكل طبقة من الطبقات تحت السطح لموقع الدراسة في المسارات الاربعة من خلال قياس ميل المستقيمات المبينة في المنحنيات أعلاه (تمثل السرعة مقلوب ميل المستقيم) ، كما تم حساب أعماق هذه الطبقات وذلك باستخدام معادلات طريقة الزمن المقطوع والمسافة الحرجة الفصل الثاني .

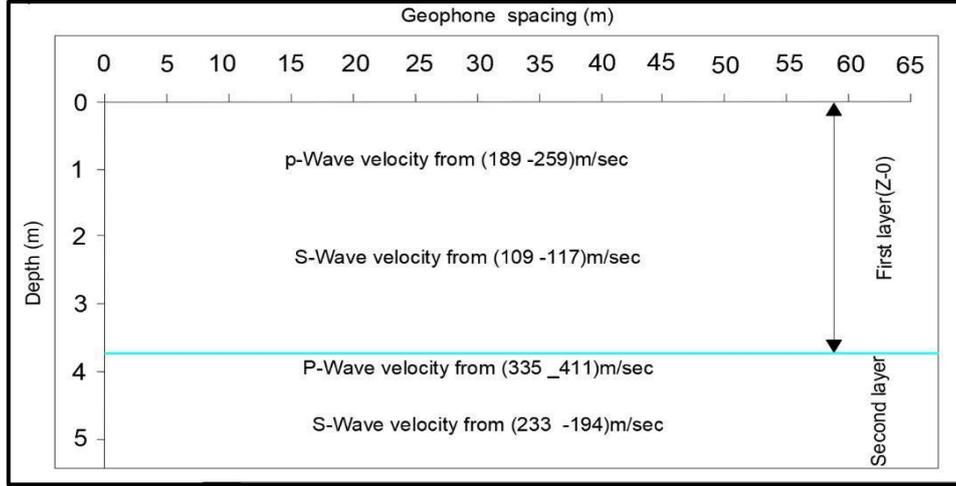
الجدول (٣-١) يوضح قيم سرعة الموجات الزلزالية الطولية والمستعرضة ومعدل سماكات الطبقات للمسارات الزلزالية في موقع الدراسة

Site name	Profile No.	Layer	Shooting						Mean thickness (m)
			Normal		Center		Reverse		
			Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	
	1	First	196	120	190	109	206	115	3.73
		Second	355	255	306	199	365	228	
	2	First	180	127	198	116	182	114	3.55
		Second	345	216	328	172	321	203	
	3	First	241	117	-	103	277	108	3.52
		Second	381	212	-	170	431	202	
	4	First	200	117	200	100	198	118	3.67
		Second	325	240	398	166	373	227	

يتضح من خلال الجدول أعلاه أن معدل سرعة الموجة الطولية للطبقة الأولى في المسار الأول قد بلغ 197 م / ثا في المسار الأول والمسار الثاني 189 م / ثا وبسماكة تراوحت بين (3.73- 3.55) مترا ، بينما بلغ معدل سرعتها في المسار الثالث 259 م / ثا والمسار الرابع 202 م / ثا وبسماكة تراوحت بين (3.67_ 3.52) فيما يخص الطبقة الثانية / في المسار الأول فقد بلغ معدل السرعة الطولية 342 م / ثا والمسار الثاني 355.5 م / ثا ، أما في المسار الثالث فقد بلغ معدل السرعة الزلزالية 411 م / ثا والمسار الرابع 372 م / ثا .

فيما يخص السرعة الزلزالية للموجات المستعرضة فقد بلغ معدلها في الطبقة الأولى - المسار الأول / 114 م / ثا والمسار الثاني 119 م / ثا ، في حين بلغ معدل السرعة في المسار الثالث 109 م / ثا والمسار الرابع 117.5 م / ثا . أما بالنسبة للطبقة الثانية فقد بلغ معدل سرعتها المستعرضة 217 م / ثا للمسار الأول / والمسار الثاني 197 م / ثا ، في حين بلغ معدل هذه السرعة في المسار الثالث 194 م / ثا والمسار الرابع 235.5 م / ثا .

أستخدم برنامج التفسير الزلزالي المذكور في حساب أعماق الطبقات تحت السطحية في موقع الدراسة ، الشكل (٤-٣) والذي تضمن احتساب الأعماق للمسارات الاربعة باستخدام البرنامج الخدمي (Excel 2007) ، أذ بلغ معدل عمق الطبقة الأولى في موقع الدراسة (3.61) مترا كما لوحظ وجود تفاوت بسيط لا يتعدى 40 سم عمق الطبقة الاولى في موقع الدراسة من مسار الى اخر بسبب مسافة نشر اللاقطات كانت قصيرة بسبب صغر مساحة المواقع المدروس



الشكل (٤-٣) يمثل مقطع عميق لطبقات منطقة الدراسة

(٤-٣) التقييم للخصائص الجيوتكنيكية وحساب معاملات المرونة:- assessment of geotechnical properties and Calculation of the elastic modulus

تم حساب قيم معاملات المرونة والخصائص الجيوتكنيكية لموقع الدراسة حيث حسبت بالاعتماد على معدل سرعة الموجات المستعرضة والطولية والنسب فيما بينهما (V_p/V_s) وذلك من خلال تطبيق المعادلات الرياضية (2-13, 2-12) الفصل الثاني الشق الاول

النسب لمعاملات المرونة والمعاملات الجيوتكنيكية كالآتي :-

نسبه بوزان :- Poisson's ratio (δ)

ان مقدار قيمة بوزان للطبقة الاولى تراوحت (0.17 – 0.44) وان معدل نسبة بوزان للطبقة الاولى 0.31 بينما كانت نسبة بوزان للطبقة الثانية (0.16 – 0.35) ومعدل نسبة بوزان للطبقة الثانية 0.23 تكون القيمة للطبقة الاولى مرتفعة نوعا ما مما يدل على كونها ذات صلابة معتدلة الى حد ما بينما تكون منخفضه للطبقة الثانية وهذا ما يشير الى ان الطبقة الثانية ذات صلابة عالية المقدار , (Sheriff & Gelbert,1986), عن (2014 , الهيتي).

معامل يونغ :- (E) Young's Modulus

سُجلت اعلى قيمه لهذا المعامل وكانت في الطبقة الثانية وبمعدل (209) ميكا باسكال , بينما كانت اقل قيمه في الطبقة الاولى وكان معدلها (57.6) ميكا باسكال [, ان معامل يونغ يتناسب تناسباً طردياً مع سرعة انتقال الموجه حيث يزداد بزيادة سرعة الموجه الزلزالية كنتيجة لزياده كثافة التربة , ان قيمة هذا المعامل في الطبقة الثانية تكون عالية دلالة على كونها طبقة صلبة على عكس الطبقة الاولى حيث تكون قيمة المعامل قليلة حيث تكون معامل الصلابة او القص :- (Shear Modulus μ) ضعيفة بالمقارنة مع الطبقة الاولى.

معامل الحجم :- (K) Bulk modulus

كانت قيمة المعامل الحجمي للطبقة الاولى بمعدل (75.1) ميغا باسكال , ولثاني طبقة (240.2) , حيث تزداد قيمة المعامل مع العمق بزيادة كثافة الطبقات . تم اجراء الحساب لقيم هذا المعامل باستعمال العلاقة ما بين معامل يونغ وكذلك نسبة بوزان (Toksoz et al, 1960) , (al, 1976) , وقد سجلت اعلى قيمة للطبقة الثانية وبمعدل (83.6) ميكا باسكال , بينما سَجلت الطبقة الاولى اوطأ قيمه وكان معدلها (23.54) ميكا باسكال , ان قيمة هذا المعامل يزداد بالزيادة لسرعة الموجه مع العمق حيث ان التناسب يكون طردياً .

ثابت لامى :- (λ) Lamé's Constants

تم ايجاد هذا المعامل من العلاقة ما بين معامل يونغ ونسبة بوزان (Toksoz et al, 1966) , (al1976) , حيث تراوحت معدل القيم لهذا المعامل في الطبقة الاولى (55.7) ميكا باسكال وفي الطبقة الثانية (138.5) ميكا باسكال ومن الملاحظ لهذه القيم نجد ان هذا المعامل يتصرف بطريقة مشابهة لمعامل يونغ وكذلك معامل الصلابة حيث تزداد قيمته بازدياد صلابة الصخور او زيادة كثافة التربة.

معامل المادة :- (v) Index Material

يعرّف هندسياً بأنه المقدار المستخدم لتحديد نوع المادة وكذلك درجة كفاءتها للأساسات البناء , وكذلك يعرف على انه درجة صلابة المادة بالاعتماد على المعاملات المرنة لها (Abd Al- Rahman, 1989) حيث اشتق المعادلة بدلالة السرعات للموجات الطولية (Vp) والقصية (Vs) عن (2016) , (النعيمي) و كان معدل قيمة لهذا المعامل عند الطبقة الاولى ع هو (0.226 -) مما يدل على انها اقل قوة مقارنة بالطبقة الثانية التي ارتفعت فيها هذه القيمة وبمعدل (0.22) التي تدل على طبقة عالية الصلابة .

معامل التركيز :- (C_i) Concentration Index

وهو من المعاملات المهمة الهندسية الدالة على درجة الرص للمادة المستخدمة لقياس الكفاءة للأسس وللعديد من الاعمال الهندسية المدنية. ان هذا العامل يعتمد بصورة اساسية على معامل مرونة للمادة وكذلك توزيع الضغوط في العمق , وقد قام (Abd El_ Rahmman,1991) بوضع معادلة لإيجاد هذا المعامل من خلال استخدام قيمة سرعة الموجات الطولية (Vp) والقصية (Vs) عن (2016), (النعمي), حيثُ كان معدل القيم لهذا المعامل للطبقة الاولى (5.01) ومعدل الطبقة الثانية (5.88) ان القيم لمعامل التركيز فُورنت بالمديات المحددة من قبل (Abd El- Rahmman,1989) .

معامل نسبة الضغط او الاجهاد :- (S_i) Stress Ratio

يعد هذا المعامل من المعاملات المهمة الجيوتكنيكية في الجانب الهندسي وهو نسبة الاجهاد الافقي للإجهاد العمودي عند اعماقٍ معينة حيثُ يمثل مقياساً للضغوط الجانبية للصخور او التربة في الظروف الطبيعية حيثُ يكون الضغط الهيدروستاتيكي لسوائل متساوي في كافة الاتجاهات ان القيمة لهذا المعامل تكون عالية في التربة الناعمة مما هو عليه في التربة الخشنة وكذلك تكون كبيره في التربة الغير متماسكه والمفككة وتصبح قليله مع ازدياد ضغط الصخور (Bowles, 1982), اي مع ازدياد كثافة التربة بفعل ضغط الطبقات مع العمق في موضوع البحث حيثُ كان معدل القيم لهذا المعامل للطبقة الاولى (0.37) وفي الطبقة الثانية (0.31) حيث بدأت تنخفض هذه القيمة في الطبقة الثانية مما يشير الى صلابة هذه الطبقة عالية مقارنة مع المديات التي حددت من قبل (Abd El- Rahmman, 1989) ان السلوك الذي ينتهجه هذا المعامل مشابهاً لسلوك نسبة بوزان حيث تزداد قيمته في التربة المفككة,

معامل الصلابة او القص :- (μ) Shear Modulus

تم اجراء الحساب لقيم هذا المعامل باستعمال العلاقة ما بين معامل يونغ وكذلك نسبة بوزان , (Toksoz et al ,1976) (King,1960) وقد سجلت اعلى قيمة للطبقة الثانية وبمعدل (83.6) ميكا باسكال, بينما سجلت الطبقة الاولى اوطأ قيمة وكان معدلها (23.5) ميكا باسكال, ان قيمة هذا المعامل يزداد بالزيادة لسرعة الموجه مع العمق حيث ان التناسب يكون طردياً.

الأنحدار (الميل) الكثافي :- Density Gradient (D_i)

حيث تراوحت القيم لهذا المعامل ما بين (0.7 -) - (0.38 -) في الطبقة الاولى و (0.48 -) (0.72 -) للطبقة الثانية حيث تزيد قيمته في الطبقة الضعيفة او الهشة وتقل في الطبقة المتصلبة ومن خلال قيم المعامل نستنتج ان الطبقة الاولى صلبة نوعا ما والطبقة الثانية عالية الصلابة وان قيمة هذا المعامل تتناسب بصورة عكسية مع السرعة للموجات الزلزالية حيث تقل قيمته كلما ارتفعت سرعة الموجة مع العمق وبالعكس.

زاوية الاحتكاك الداخلية الفعالة (Ø) Internal Friction angles

هو عنصر جيوتكنيكي مهم يمكن قياسها اما في المختبر من خلال دوائر موهو او من خلال الفحص الثلاثي المحاور حيث ان (Ø) الزاوية لميل المماس في دوائر موهو حيث ان اقطار هذه الدوائر تمثل الفارق ما بين الاجهاد الافقي والعمودي , تستخدم زاوية الاحتكاك الداخلية بشكل كبير في عملية تقييم الخصائص الهندسية للتربة والصخور

حيث تزداد قيمة الزاوية بازدياد الكثافة والصلابة وتقل بازدياد المحتوى المائي, حيث تراوحت معدل القيم لهذا المعامل في الطبقة الاولى للطبقة الاولى (39.3)° وللطبقة الثانية (43)° حيث تقل في الطبقات الضعيفة وتزداد بازدياد الصلابة. وبالتالي تعكس ان زاوية الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات تزداد مع الاعماق حيث ان التناسب يكون طرديا بزيادة سرعة الموجات الزلزالية. وقد تم بيان النتائج لمعاملات المرونة في منطقة الدراسة في الجدول (٢-٣)

		Vp (m/s)	Vs(m /s)	Vp/vs	Density (kg/m)	E _d	μ	K	Λ	(δ)
1	First	197	114	1.72	1645	59.12516	23.13	63.8	37.84	0.248266
	Second	342	217	1.57	1710	209.0121	88.05	192.288	105.83	0.163048
2	First	189	119	1.58	1645	61	25.206	58.727	58.75	0.171591
	Second	335.5	197	1.7	1710	199.2365	72.575	192.1521	114.86	0.236413
3	First	259	109	2.37	1645	51.28292	21.148	110.32	86.58	0.392382
	Second	411	194	2.11	1710	176.5891	70.37932	288.7163	213.58	0.356663
4	First	202	117.5	1.71	1645	59.26802	25.57513	67.08848	39.744	0.44307
	Second	372	233.5	1.59	1710	249.509	103.710	288.1158	120.05	0.165595

جدول (٢-٣) نتائج لقيم معاملات المرونة في منطقة الدراسة

Profile No	layer	Mean							
		Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp/v (m/s)	V	CI	Si	Ø°	Di
1	First	197	114	1.72	0.0069	5.027	0.33	42	-0.61
	Second	342	217	1.57	0.347	7.133	0.19	53.6	-0.72
2	First	189	119	1.58	0.3136	6.827	0.207	52.3	-0.509
	Second	335.5	197	1.7	0.0524	5.221	0.31	43.5	-0.625
3	First	259	109	2.37	-0.569	3.548	0.645	20.6	-0.438
	Second	411	194	2.11	0.426-6	3.803	0.554	26.4	0.481-
4	First	202	117.5	1.71	0.0227	5.093	0.323	42.5	-0.385
	Second	372	233.5	1.59	0.337	6.716	0.198	52	-0.71

جدول (٣-٣) نتائج لقيم معاملات الجيوتكنيكية في منطقة الدراسة

الفصل الرابع الاستنتاجات و التوصيات

Conclusions (١-٤) الاستنتاجات:-

- تم استخدام الطريقة الزلزالية الانكسارية للتحري الموقعي في منطقة الدراسة وهي واحدة من الطرق الجيوفيزيائية لتوضيح توزيع الطبقات تحت السطح , وقد تبين ان السلوك الذي اتخذه الموجات الزلزالية الانكسارية الطولية (V_p) والموجات المستعرضة (V_s) كان كالآتي :
- بلغ معدل السرعة للموجات الطولية (V_p) في الطبقة الاولى (212) ماث بينما بلغ معدل السرعة للموجات القصية (114.8) ماث لنفس الطبقة وبمعدل سمك (3.61 م)
- بلغ معدل السرعة للموجات الطولية (V_p) في الطبقة الثانية (370) ماث بينما بلغ معدل السرعة للموجات القصية (211) ماث لنفس الطبقة
- تم حساب معاملات المرونة والمعاملات الجيوتكنيكية للتربة في منطقة الدراسة , حيث تميزت القيم لنسبة بوزان ومعامل الانضغاط بكونها مرتفعة عند الطبقة الاولى وبمعدل (0.31) لنسبة بوزان و(0.37) لمعامل الانضغاط في حين ان القيم تنخفض عند الطبقة الثانية وبمعدل (0.23) لنسبة بوزان وبمعدل (0.31) لمعامل الضغط مما يدل على ضعف الطبقة الاولى كونها هشة او شبه هشة بسبب كونها طبقة خارجية معرضة لعوامل التعرية والتجوية. في حين ترتفع القيم لبقية المعاملات المحسوبة للتربة منطقة الدراسة مع الاعماق حيث يكون المعدل لمعامل التركيز (5.1) ومعامل المادة ((- 0.226)) وللمعامل الكثافي (-0.3) ولمعامل يونك (57.6) ميغا باسكال ولمعامل القص (23.6) ميغا باسكال ولثابت لامى (55,7) ميغا باسكال والمعامل الحجمي (75) ميغا باسكال حيث امتازت الطبقة الثانية بصلابتها وكثافتها العالية كنتيجة لارتفاع قيم المعاملات السابقة بسبب ثقل وزن الترسبات التي تعلوها اضافة لكون نسبة الاطيان في الرسوبيات قليلة جدا فيما تراوح معدل زاوية الاحتكاك الداخلي للطبقة الاولى (39) وللثانية (43).
- تمتاز منطقة الدراسة إنها تحتوي على اربعة طبقات تحت سطحية ، أذ تتكون الطبقة الأولى (الطبقة السطحية) من ترسبات الطين الغريني الرطب مع تواجد ترسبات الرمل بشكل قليل وتتراوح قيم مقاومتها النوعية بين (15.3-29) أوم . مترا وسماكتها بين (1.7-1.07) مترا ،

حيث تتباين قيم المقاومة النوعية في هذه الطبقة بسبب اختلاف نوع ترسباتها وزيادة رطوبتها ، أما الطبقة الثانية فأنها يتكون من ترسبات الرمل الغريني وتتراوح مقاومتها النوعية بين (5.3-4.7-6.9) أوم . مترا وسماكتها تتراوح بين (8.3-3.69) مترا ، أذ نلاحظ تقارب في اغلب قيم المقاومة النوعية لهذه الطبقة بسبب حصول ظاهرة الخاصية الشعرية للمحتوى الرطوبي في هذه الطبقة الأمر الذي أدى الى نقصان التوصيلية الكهربائية بشكل قليل . أما الطبقة الثالثة فتتألف من ترسبات الطين الغريني مع بعض ترسبات الرمل ، حيث تتراوح المقاومة لهذه الطبقة بين (18.4-43.4) وسماكتها بين (4.7-11.5)

أما الطبقة الرابعة أن الطبقة الرابعة تمتلك قيم مقاومة نوعية منخفضة بالمقارنة مع باقي الطبقات في موقع الدراسة بلغت (Ves-1, 2, 3) (5.3-0.2-6.4) أوم وعلى التوالي ، حيث أنه من الممكن أن تدل على تواجد كميات من ترسبات الطين الغريني (Silty clay) مع ترسبات قليلة من الجبس في هذه الأعماق. عدا النقطة (Ves-4) مترا حيث سجلت قيم مرتفعة للمقاومة بالمقارنة مع باقي النقاط بالمقارنة في الطبقة الرابعة حيث بلغت (23.25) أوم والتي من المحتمل أن تدل على تواجد ترسبات من الطين الغريني (Silty clay) مع تواجد بعض ترسبات الرمل وبسماكة غير محددة

- بينت العلاقات المرسومة بين نسب المكونات الحجمية للتربة (الطين – الغرين – الرمل – الحصى) وقيم المقاومة النوعية الكهربائية الحقيقية لمنطقة الدراسة، إن شكل المنحني يدل على نقصان قيم المقاومة النوعية الحقيقية بزيادة نسبة الحبيبات الناعمة مثل الغرين والطين والموجودة في التربة ، بينما تزداد قيم المقاومة النوعية مع زيادة نسب الحبيبات الخشنة مثل الحصى والرمل الموجودة في التربة ، وهذا يعني أن قيم المقاومة النوعية الكهربائية تقل مع التربة المتماسكة وتزداد مع التربة غير المتماسكة .
- من خلال العلاقات المرسومة بين نسب المحتوى الرطوبي للتربة وقيم المقاومة النوعية الحقيقية غي منطقة الدراسة نلاحظ حصول انخفاض قيم المقاومة النوعية مع زيادة المحتوى الرطوبي للتربة ، وهذا يعني أن زيادة نسبة الرطوبة في التربة تؤدي الى نقصان في قيم المقاومة النوعية الكهربائية .
- تم التوصل من خلال العلاقات المرسومة بين نسب تواجد الجبس في التربة المنطقة أعلاه إلى أن نوع هذه العلاقات يرتبط باحتواء التربة على نسبة من المحتوى الرطوبي فيها، أذ نلاحظ ومن المنحني المرسوم بين نسب تواجد الجبس في التربة وقيم المقاومة النوعية الحقيقية

(٢-٤) التوصيات (Recommendations)

- نوصي باستخدام احدث الطرائق الجيوفيزيائية الدقيقة والحديثة مثل المسح الكهربائي ثنائي الأبعاد والانكساري لتحديد مستوى المياه الجوفية والفوالق ونقاط الضعف بشكل أوضح .
- حفر المزيد من آبار المراقبة في مواقع يراعى تحديدها بحيث تغطي منطقتي الدراسة وما يحيطها لعمل مراقبة مستمرة لمستويات المياه الجوفية وتحديد نسبة الاملاح في هذه المياه وتقييم نوعية المياه وصلاحياتها في الزراعة لتوسيع الغطاء النباتي .
- اتخاذ كافة الاجراءات والمعالجات اللازمة للتخلص من الاثار السلبية لارتفاع نسب الكبريتات والاملاح في تربة منطقة الدراسة .

المصادر

المصادر العربية

- أمين، نورس ناهض (2006) ، دراسة زلزالية مختبرية لبعض الخواص الجيوتكنيكية للصخور لأغراض هندسية في منطقة السماوة . رسالة ماجستير ، كلية العلوم - جامعة بغداد ، (غير منشورة) .
- الخفاجي، عمار جاسم محمد (2004) ، استخدام الطرق الزلزالية في التحري عن أماكن الضعف والتقييم الجيوتكنيكي لتربة أسس مشروع ماء الحسين- كربلاء ، رسالة ماجستير ، كلية العلوم - جامعة بغداد ، (غير منشورة) .

المصادر الأجنبية

- Abd El-Rahman, M. (1989). "Evaluation of the Kinetic Elastic Moduli of the Surface Materials and Application to Engineering Geologic Maps at Maba-Risabah Area (Dhamar Province), Northern Yemen", Egypt. Journal of Geology. Vol. 33, No. 1-2, pp. 229-250.
- Abd El-Rahman, M. (1991). "The Potential of Absorption Coefficient and Seismic Quality Factor in Delineating Less Sound Foundation Materials in Jabal Shib Az Sahara Area, Northwest of Sanaa, Yemen Arab Republic", Egypt, M.E.R.C. Earth Sciences ,Vol. 5. Ain Shams University, pp. 181-187.
- Abdullah, S. and Michael P., (1982), Sedimentary, petrographic, geochemical and hydrochemical modern sediments, of Al- Hammar Marsh in southern Iraq.(Unpublished Master's Thesis, College of Science, Baghdad University), p. 182.
- Adams, L.H. (1951). "Elastic Properties of Materials of the Earth's Crust. Internal Construction of the Earth (edited by Gutenberg)", Dover Publications, Inc., New York.
- Ahmed , I.I.,Osazuwa,I.B., Lawal, K.M., (2012)"2-D Seismic Refraction Tomography Investigation of a Sewage Treatment

Site"Journal of Environment and Earth Science ISSN 2224-3216 (Paper)
ISSN 2225- 0948 (Online) Vol 2, No.10 pp.1-14 .

- Al –Kadhimi ,J., Sissakian ,F. and Fattah , A . (1996). Tectonic Map of Iraq . Geosurv, Baghdad ,Iraq.
- Al-Abdullah, K. A., (1997). A study of the distribution of salts in Iraqi soils in the lower part of the sedimentary plain, an unpublished report, the General Company for Geological Survey and Mining, p. 49.
- Al-Adly, A.S.,(1998).Geotechnical evaluation for Baghdad soil settlement- Iraq. (Ph.D Thesis, University of Baghdad).P-143.
- Al-Ani, T. M., (1986). Geochemical & Hydrochemical and sedimentological study of middle and southern of Iraq ,M. Sc. thesis, College of Science, University of Baghdad, Iraq.P-182 .
- AL-Hiti, M. Y H., (1989). Baquba study the internal structure of a career, unpublished MSc Thesis (unpublished), College of Education, Ibn Rushd, Baghdad University(In Arabic).
- Al-Jubouri, H. H. (2002). Geotechnical Evaluation of Soil in Babil Governorate, M. Sc. Thesis, College of Science, Baghdad University. p 183.
- Al-Khalidi, A. A. (2002). Geotechnical Assessment of Karbala Soil, Unpublished PhD thesis, University of Baghdad - College of Science, p: 181.
- Al-khatteb, A.A. (1988). Geomorphology of Najaf hill. (M.Sc. thesis. Collage of science. University of Baghdad). p 120.
- Al-Saadoun, A. D., (1988). A study of the tourism reality in the province of Babylon, the necessity of planning tourism services in it, an unpublished master’s thesis, University of Baghdad, Urban and Regional Planning Center, p. 184.
- Banerjee, B. and Gupta, S.K. (1975); The hidden layer problem in seismic refraction work. Geoph. Pros. 23, PP: 642–651.
- Berwari, A. M., Saliwa, N. A., (1995). Report on the Geology of the Karbala Plate, General Company for Geological Survey and Mining, Baghdad, Iraq.
- Bowles, J. E., (1984). Physical and geotechnical of soil", (2nd ed.), Mc Graw Hill Inc., p. 861.
- Bowles, J.E. (1982). "Foundation Analysis and Design", 2nd Ed. McGraw–Hill International Book Company, London, 587p.

- Bowles, J.E., (1984), Physical and Geotechnical Properties of soil, 2nd ed., Mc Graw Hill, Japan Ltd. 578p.
- Buringh, P., (1960). Soil and soil conditions of Iraq, ministry of agriculture, Baghdad, p.322.
- BWRD (Babylon Water Resources Department, 2004), personal connection.
- BWRD (Babylon Water Resources Department, 2018), personal connection.
- BWRD (Babylon Water Resources Department, 2020), personal connection.
- Dobrin, M. B. (1976). Introduction to Geophysical Prospecting. McGraw Hill Book Co., 3rd edition. New York, 630p.
- Dobrin, M.B. and Savit, C.H., 1988; Introduction to geophysical prospecting, 4th edition, McGraw-Hill, New York, 865 P.
- Dobrin, M.B. Savit, C.H,(1988) . Introduction To Geophysical Prospecting .4th Ed., McGraw Hill ,New York 867 p.
- Ehlers, C.J., Lobley, G.M., Spikula, D.R. and Brand, J.R., (2008), Site Characterization through the Integration of Geophysical and Geotechnical Data. Offshore Technology Conference, May 2008, Houston, Texas, USA.
- **Flathe, H. (1963):** Five – layer master curves for the hydrogeological interpretation of geoelectrical resistivity measurements above a two-story aquifer. Geophysics. Prosp., Vol.2 pp. 471-508.
- **Frohlich R. K., and Urish, D. (2002):** The use of geoelectrics and test wells for the assessment of groundwater quality of a coastal industrial site. Journal of Applied Geophysics 50: 261-278.
- **Frohlich, R. K., and Parke, C. D. (1989):** The electrical resistivity of the Vadose Zone –Field study. Ground water. 27 (4), 524-530.
- Griffiths, D.H. and King, R.F. 1965; Applied geophysics for engineers and geologists, Pergamon Press, 223 P.
- Griffiths, D.H. and king, R.F., 1981; Applied geophysics for geologists and engineers, Pergamon press, 230 P.
- Griffiths, D.H. and king, R.F., 1981; Applied geophysics for geologists and engineers, Pergamon press, 230 P.

- Hughes, D.S.J. and Jones, H.J.,(1950); Elastic wave velocity in sedimentary rocks, Am. geophysics union trans., Vol.31, PP: 169–173.
- Hunt R.E., 1986; Geotechnical engineering analysis and evaluation. MC-Graw Hill Book Co., 730 P.
- Jassim, S. Z. and Goff, J. C., (2006). (GEOLOGY OF IRAQ), Dolin, Prague and Moravian museum, Brno, Czech Republic.P314.
- Jolly, R.N., 1956; Investigation of shears waves, Geophysics, Vol.21, PP: 305-938.
- Kearey, P., 2002; An introduction to geophysical exploration, 3rd edition, Block well science Ltd., 262 P.
- Kearey, Ph., Brooks, M., Hill, I.,(2002), "An Introduction To Geophysical Exploration", 3rd Ed. Blackwell Science Limited , 281 p.
- Keller, G.V. and FrischKnecht, F.C., 1966; Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press, New York.
- Keller, G.V., and FrischKnecht, F.C., 1970, Electric sounding for predicting aquifer properties: Pergamon Pres, Oxford, 519 P.
- Kilty, T.K., Norris, R., Mc Lamore, W.R.,Hennon,K.and Evge, K., (1986) Seismic Refraction at Horse Mesa Dam. An application of the generalized reciprocal method. Geophysics Vol.51, No.2,pp. 266– 275.
- King ,T.V.V, 1966 Mapping organic contatamination Detection of clay –organic processes , proceeding A ssociation Ground Water Scientists and Engineers (AGWSE) \ national Water well Association (NWWA)\API.
- Knödel K. ; Lang G . ; Voigt H.J. (2007), "Environmental Geology" Handbook of field methods and case studies, Hannover Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Springer Books, 1357p.
- Kosinski, W.K., and Kelly, W.E., 1981; Geoelectric sounding for predicting aquifer properties: Groundwater, Vol.18, No.2, PP: 163-171.
- Kunetz, G., 1966; Principle of direct current resistivity prospecting. Gebruder Borntrager, Berlin, 106 P.
- Lama, R.D. andVutukuri, V.S. (1978): Handbook on mechanical properties of Rocks. Trans Tech Publication , Switzerland ,515 p.

- Lowrie, W., (2007), Fundamentals of Geophysics "2nd Edition", Cambridge University Press.
- Manea, M. H., (2019). Potential contamination of surface water in (shatt-al-hilla), Babylon governorate. Unpublished MSc Thesis, College of Science, University of Baghdad
- **Mares, S. (1984):** Introduction to Applied geophysics. D. Reidel published Co., 581p.
- Mooney, H.M., 1973; Handbook of engineering geophysics. Bison Instruments, Minneapolis.
- Morgan, N.A., (1967); The use of the continuous seismic profiler to solve hidden layer problems, Geophysical prospecting, Vol.15, PP: 35–43.
- Nafe J.E. and Drake, C.L. (1957): Variation with depth in shallow and deep water marine sediments of porosity, density and the velocities of compressional and shear waves. Geophysics, Vol. 22, p.523-552. doi:10.1190/1.1438386
- Palmer, D., 1991; The resolution of narrow low velocity zones with generalized reciprocal method. Geoph. Pros. 39, PP: 1031-1060.
- Parasnis, D.S., 1972; Principles of applied geophysics 2nd ed., London, Chapman and Hall LTD., 214 P.
- Parsons, R.M., (1957). Groundwater resources of Iraq (Mesopotamia plain), Vol.11, development board ministry of development government of Iraq, P.5-21.
- Salem, H.S. (1990). "A Theoretical and Practical Study of Petrophysical, Electric and Elastic Parameters of Sediments, Ph.D. Thesis, Kiel University, F.R. Germany, Publish by University Microfilms International (UMI), MI, USA, 200p.
- Shakir, S. N., (1985). Geomorphology of sand dunes in the area between Kut - Diwaniyah - Nasiriyah, unpublished master's thesis, University of Baghdad, College of Science, p. 208.
- Sharma, P.V., 1986; Geophysical methods in geology: 2nd edition, Elsevier Scientific publishing company, Netherlands, 422 P.
- Sharma, P.V., 1997; Environmental and engineering geophysics. Cambridge University press, 475 P.

- Sheriff, R.E. and Geldart, L.P., (1986); Exploration Seismology, Cambridge University Press, pp .316.
- Sissakian ,V.; Ibrahim, E.; Ibrahim, F. and Al-Ani, N.(2000). Geologic Map of Iraq , 3rd ed., Geosurv , Baghdad , Iraq.
- Sjøgren, B., 1984; Shallow refraction seismic. Chapman and Hall, London, 270 P.
- Socco L.V. and Strobbia C. (2004). [Surface-wave method for near-](#)Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., (1990), Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 770 p.
- Soske, J. L., (1959); The blind zone problem in engineering geophysics. Geophysics 24, PP: 163–180.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., (1990), Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 770 p.
- Toksoz, M.N., Cheng, C.H. and Timur, A. (1976). “Velocities of Seismic Waves–Porous Rocks”, Geophysics ,Vol.41, pp.621–645.
- **Van Overmeeren, R. V. (1989):** Aquifer boundaries explored by geoelectrical measurements in the coastal plain of Yemen, A case of equivalence. Geophys., Vol. 54, pp. 38-48.
- Zohdy, A.A., Eaton, G.P., and Mabey, D.R., 1974; Application of surface geophysics to ground-water investigations. U.S. Geological Survey, Techniques of water-resource investigations, 116 P.
- Zohdy, A.A.R., 1965; The auxiliary point method of electrical sounding interpretation and its relationship to Dar Zarrouk parameters: Geophys, Vol. 30, No.4, PP: 644-660.%