



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل / كلية العلوم

قسم علم الأرض التطبيقي

## أستخدام الموجات الزلزالية المنكسرة الطولية P والمستعرضة S لمعرفة نوعية التربة تحت السطحية

بحث مقدم الى كلية العلوم قسم علم الأرض التطبيقي وهو جزء من متطلبات نيل شهادة  
البكالوريوس من قسم علم الأرض

اعداد الطالب

كرار كاظم زنوح

بأشراف

دكتور أحمد مسلم الخواجة

١٤٤٥

٢٠٢٤



**Republic of Iraq**

**Ministry of Higher Education and Scientific Research**

**University of Babylon, College of Science**

**Department of Applied Earth Science**

## **Using Refracted Seismic Waves P and S to Identify Subsurface Soil Type**

A research submitted to the College of Science, Department of Applied Earth Science, which is part of the requirements for obtaining a bachelor's degree from the Department of Earth Science

Student preparation

**Karar Kazem Zanouh**

Supervised by

**Dr. Ahmed Muslim Al-Khawaja**

٢٠٢٤

## إقرار السيد المشرف

أشهد ان موضوع البحث الموسوم **استخدام الموجات الزلزالية المنكسرة الطولية P** والمستعرضة **S** لمعرفة نوعية التربة تحت السطحية..... والمنجز من قبل الطالب **كرار كاظم زنوح** قد اجري تحت اشرافنا في قسم علم الارض التطبيقي- كلية العلوم - جامعة بابل كمتطلب جزئي لنيل شهادة البكالوريوس في علم الارض وذلك للفترة من ١/١٠/٢٠٢٣ ولغاية ١/٤/٢٠٢٤



التوقيع:

الاسم الثلاثي للسيد المشرف: **احمد مسلم عطالله**

اللقب العلمي: **مدرس**

التاريخ: **٢٠٢٤/٤/١٨**

## شكر وتقدير

اقدم شكري الجزيل الى عميد و عمادة كلية العلوم جامعة بابل لرعايتهم العلمية والتربوية القيمة طيلة فترة دراستي وإنجازي بحث التخرج.

شكري وتقديري العميق لأستاذي المشرف على البحث الدكتور احمد مسلم الخواجة لاقتراحه موضوع البحث و توجيهاته العلمية النظرية القيمة ومساعدته العملية المتواصلة وخروجه معي في العمل الحقلي وتعاونه في تشغيل جهاز (Terraloc Mrk٦) البيانات من منطقة البحث بشكل صحيح وسليم بالإضافة الى توفير المصادر العلمية المفيدة في البحث.

كما أود أن أشكر رئيس قسم علم الارض التطبيقي الدكتور مهند راسم عباس العوادي على تشجيعه المستمر ومتابعته مراحل انجاز البحث.

والشكر موصول الى جميع أساتذة القسم الذين بذلوا كل جهد ووقت وعلم طيلة فترة اربع سنوات مدة دراستي في القسم، والذي تمكنت من خلالهم انجاز بحث التخرج المتواضع هذا. اقدم امتناني ومحبتني الى جميع زملائي الذين رافقوني فترة دراستي في قسم علم الارض وخاصة الزملاء الذين دعموني في انجاز العمل الحقلي لبحث التخرج.

واقدم الشكر والتحية لجميع المعيديين والموظفين في القسم لجهودهم العلمية والعملية الرائعة طيلة فترة دراستي في القسم.

## الفهرست

رقم الصفحة	الفصل الاول	ت
١٣	المقدمة	١-١
١٤	موقع وجيولوجية منطقة الدراسة	٢-١
١٥	الخلفية النظرية	٣-١
١٩	حساب السرعة والعمق للطبقة السطحية (منحني لطبقتين)	٤-١
<b>الفصل الثاني</b>		
٢٤	العمل الحقل	١-٢
٢٦	الحسابات وتحليل البيانات الانكسارية الزلزالية	٢-٢
٢٦	الطريقة اليدوية	٣-٢
٢٩	الطريقة الالكترونية	٤-٢
٣١	ايجاد قيمة نسبة بوزون	٥-٢
<b>الفصل الثالث</b>		
٣٣	المستخلص	١-٣
٣٤	المصادر	٢-٣

قائمة الاشكال

رقم الصفحة	اسم الشكل	ت
١٤	يوضح موقع منطقة الدراسة	١
١٥	يوضح الترتيب الهندسي لطريقة انتشار وانكسار الموجات الزلزالية على الحد الطبقي الاول الفاصل بين طبقتين مختلفتين في السرعة والكثافة	٢
١٦	يوضح طريقة نشر الجيوفونات على سطح الارض وانتشار الموجات الزلزالية في الطبقات تحت سطحية	٣
١٧	يوضح العلاقة بين نسبة مسافة crossover الى عمق الطبقة الاولى من سطح الارض مع النسبة بين سرعة الطبقة الاولى والثانية	٤
١٨	يوضح كيف ينكسر الشعاع الساقط بزاوية حرجة على الحد الفاصل بين طبقتين المختلفتين في السرعة ويسير محاذي له وبسرعة الطبقة الثانية	٥
١٩	يمثل تسجيل السيسامو كرام للموجات الزلزالية المباشرة	٦

	والمنكسرة	
٢٠	يبين منحنى زمن - مسافة المشتق من تسجيل الجيوفونات الحقلية	٧
٢٢	يوضح منحنى زمن مسافة من زمن الوصول للجيوفونات مع طريقة حساب السرعة والعمق للطبقة التحت سطحية الأولى.	٨
٢٢	- يبين طريقة حساب السرعة والعمق من الموجات المنكسرة لوسط جيولوجي من ثلاث طبقات.	٩
٢٤	يبين موقع مسار المسح وارقام فايالات التسجيل	١٠
٢٥	يوضح نشر الجيوفونات في منطقة العمل	١١
٢٥	يوضح استخدام المطرقة اليدويه والضرب الموازي لسطح الارض لتوليد موجه مستعرضه S	١٢
٢٦	استخدام المطرقة اليدويه كمصدر لتوليد الموجات الطولية والمستعرضة	١٣

٢٧	١٤ يمثل عملية تحديد زمن اول وصول لموجات الطولية المباشرة والمنكسرة للتسجيل الزلزالي الامامي ١٠٠٢ والعكسي ١٠٠٣ لمسار البحث طول ٢٤ متر علما ان نقطة التفجير تبعد مسافة ٢ متر عن اول جيوفون	١٤
٢٨	استخدام الطريقة اليدوية لتحليل مسار ١٠٠٢ لحساب سرعة الطبقة الأولى وسرعة الطبقة الثانية وعمق الطبقة الأولى، نوع الموجه P أمامي	١٥
٢٨	-استخدام الطريقة اليدوية لتحليل مسار ١٠٠٣ لحساب سرعة الطبقة الأولى وسرعة الطبقة الثانية وعمق الطبقة الأولى، نوع الموجه P عكسي	١٦
٢٩	يوضح استخدام الطريقة الالكترونية لمسار ١٠٠٢, ١٠٠٣ الموجة الطولية p	١٧
٣٠	استخدام الطريقة الالكترونية لتحليل مسار ١٠٠٤, ١٠٠٥ للموجة S امامي وعكسي.	١٨
٣٣	مقطع جيولوجي تصوري	١٩



	<p>طبقات المنطقة المدروسة بالاعتماد على نتائج تفسير البيانات الانكسارية الزلزالية.</p>	
--	--	--

## الخلاصة:

استخدمت في هذا البحث الطريقة الزلزالية الانكسارية لقياس سرعة الموجات الطولية (Pw) والموجات المستعرضة او القصية (Sw) من اجل التعرف على سمك الطبقة التحت سطحية subsurface soil وخواص التربة الهندسية ونوعيتها. تقع منطقة البحث في الجهة الشمالية من جامعة بابل قرب هيكل بناية قسم الارض التطبيقي الجديدة. تم المسح الانكساري على طول مسار واحد مستقيم بمسافة 24 m استخدم فيه 12 جيوفون من كلا النوعين وكانت المسافة بين جيوفون وآخر 2 m . كما استخدمت المطرقة اليدوية ذات الوزن 10 kg كمصدر للطاقة لتوليد الموجه P و S. تم استخدام طريقتين في تحليل البيانات الزلزالية الانكسارية الحقلية لقياس سرعة الموجات وهما الطريقة اليدوية والالكترونية بواسطة برنامج Reflex2DQuick. بينت نتائج تحليل البيانات الانكسارية وجود طبقتين افقيتين يختلفان في الخواص الليثولوجية. وان معدل سرعة الموجات الطولية في الطبقة الاولى 415.95 m/s . وان معدل سرعتها في الطبقة الثانية 1177.75 m/s , وسمك الطبقة الاولى 4.2 m . كما اظهرت نتائج تحليل الموجه المستعرضة S ان معدل سرعتها في الطبقة الاولى بلغ 263.88 m/s , ومعدل سرعتها في الطبقة الثانية 645.34 m/s وسمك الطبقة الاولى بلغ 3.58 m . وبالتالي تم ايجاد معدل سمك الطبقة الاولى من تحليل الموجات الطولية والمستعرضة حوالي 3.8 m . ومن خلال نتائج السرعة المستحصلة استطعنا حساب نسبة بوسون Poisson ratio لكل طبقة والتعرف على نوعية التربة لكلا منها من خلال مقارنتها بجداول عالمية معتمدة. فكانت نسبة بوسون للطبقة الاولى تساوي 0.21 . وللطبقة الثانية 0.15 . هذه النتائج دلت بان الطبقة الاولى مكونة من تربه ضعيفة silt clay . وان الطبقة الثانية مكونه من تربه قويه Dense silt sand . وتم رسم المقطع الجيولوجي لمنطقة الدراسة استنادا لنتائج البحث المتحققة .

## **Conclusion:**

In this research, the seismic refraction method was used to measure the speed of longitudinal waves (Pw) and transverse or shear waves (Sw) In order to Identify the thickness of the soil subsurface and the engineering properties and quality of the soil. The research area Is located on the northern side of the University of Babylon, near the structure of the new Applied Land Department building. The refraction survey was carried out along one straight path with a distance of 24 m, in which 12 geophones of both types were used, and the distance between one geophone and another was 2 m. A manual hammer weighing 10 kg was also used as an energy source to generate the P and S wave. Two methods were used in analyzing field refraction seismic data to measure Wave speed, Using the manual and electronic method using the ReflexDQuick program. The results of the analysis of refractive data showed the presence of two horizontal layers that differ in lithological properties. The average speed of the longitudinal waves in the first layer was 410.90 m/s, the average speed In the second layer was 1177.70 m/s, and the thickness of the first layer was 4.2 m. Also, the results of the analysis of the transverse wave S showed that their average speed In the first layer was 263.88 m/s, and their average speed In The second layer Is m/s 640.34 and thickness. The first layer reached 3.08 m. Therefore, the average thickness of the first layer was found from analyzing the longitudinal and transverse waves to be about 3.8 m. Through the obtained

velocity results, we were able to calculate the Poisson ratio for each layer and identify the soil quality for each of them by comparing them with approved international tables. The Poisson ratio for the first layer was equal to 0.21, and for the second layer it was 0.1. These results indicated that the first layer was composed of weak clay silt soil. The second layer consists of strong soil, sand silt soil, and the geological section of the study area was drawn based on the achieved research results.

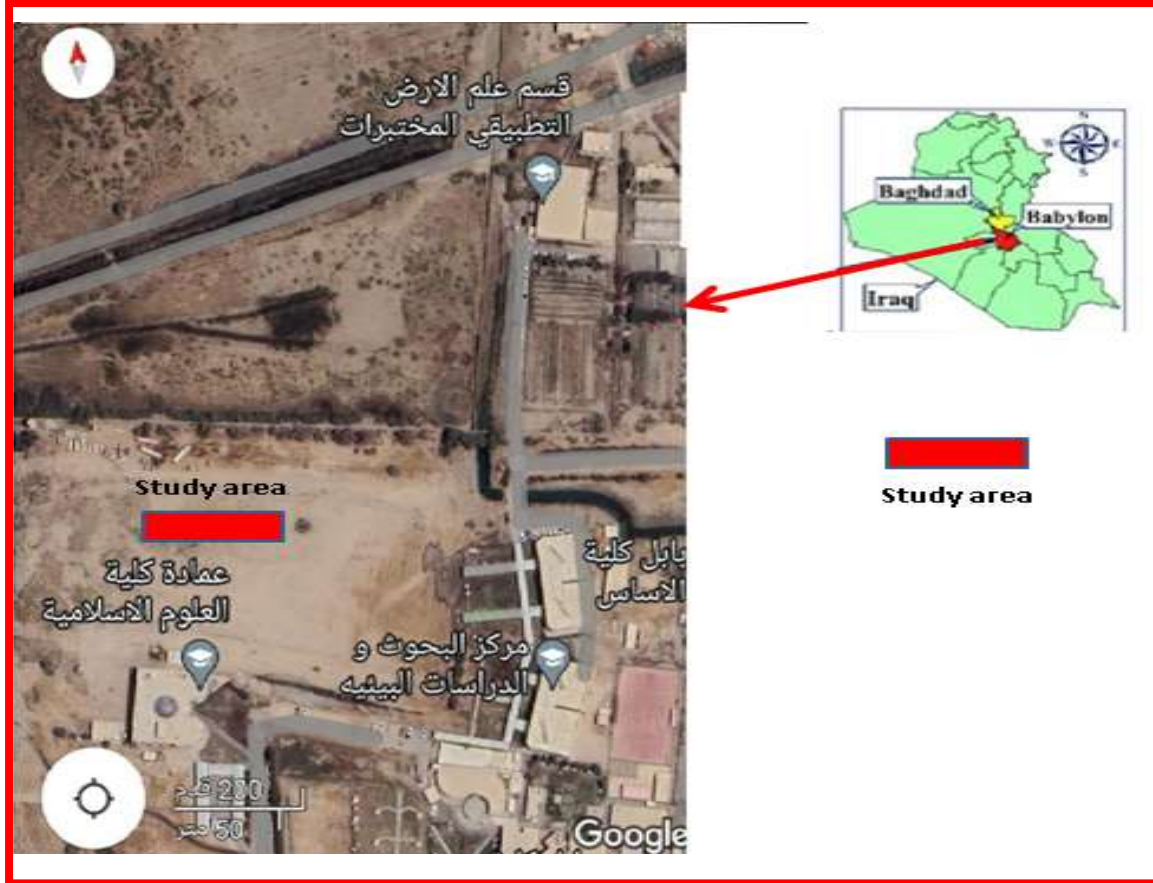
## الفصل الاول

### ١- المقدمة

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, ١٩٩٣). كما وان الطريقة الانكسارية مهمة في الاستكشافات النفطية الاولى حيث لها القابلية في ايجاد عمق الطبقة الصخرية المدفونة ، اي حساب سمك غطاء التربة فوق سطح الصخور، وتحديد طوبوغرافيتها. بالإضافة الى ان هذه الطريق تساعد في التعرف على عمق منسوب المياه الجوفية ( Telford et al, ١٩٧٩). 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 التحت سطحية المستهدفة تزداد بزيادة الممانعة الصوتية Acoustic Impedance تساوي ضرب السرعة في الكثافة) بين الطبقات التي تمر أو 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 ومن ذلك يمكن تحديد زمن الوصول الاول للموجة First ArrivalTime وحساب سرعة الطبقة وعمقها ( Dobrin and Savit, ١٩٨٨). 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 . ان الهدف من هذا البحث هو قياس سرعة الموجات الطولية والمستعرضة وايجاد عمق الطبقة السطحية والمقارن بينهما في دقة النتائج عند موقع مختار في جامعة بابل.

## ٢: موقع وجيولوجية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من جامعة بابل قريبة من هيكل بناية قسم الارض التطبيقي الجديدة. وتبعد عن مركز محافظة بابل بحدود ١٥ كم جنوبا ، ومحصورة في الاحداثيات شمالي وشرقي ٣٩ ٧٣ E, ٣٢ ٧٥ N كما في شكل- ١



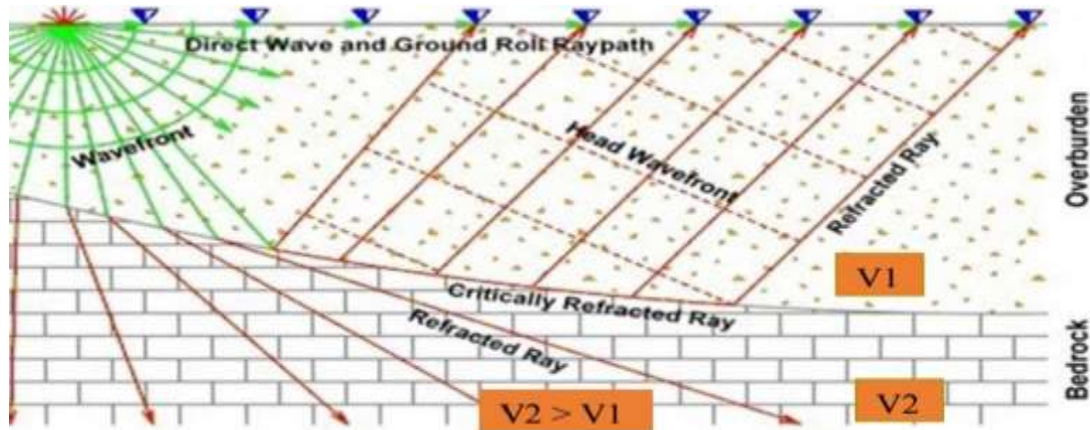
شكل ١- يوضع موقع منطقة الدراسة.

تقع منطقة الدراسة جيولوجيا في السهل الرسوبي المحصور بين الرصيف المستقر في الجهة الغربية والرصيف غير المستقر من الجهة الشرقية ضمن نطاق الحوض الرسوبي لوادي الرافدين العميق Mesopotamian Foredeep Basin (Boday, ١٩٧٨). تغطي منطقة الدراسة رواسب العصر الرباعي الحديث ( البلايستوسين والهيلوسين ) والمتكونة من رواسب السهل الفيضي الغرينية الطينية لنهري دجلة والفرات والترسبات الهوائية ورواسب المنخفضات والاهوار الحديثة والمؤلفة بشكل عام من تتابع طبقي قليل السمك ومتغير من منطقة لأخرى ومكون بشكل عام من رمل ناعم وسلت وطين. تتميز طبوغرافية منطقة الدراسة بانها مستوية

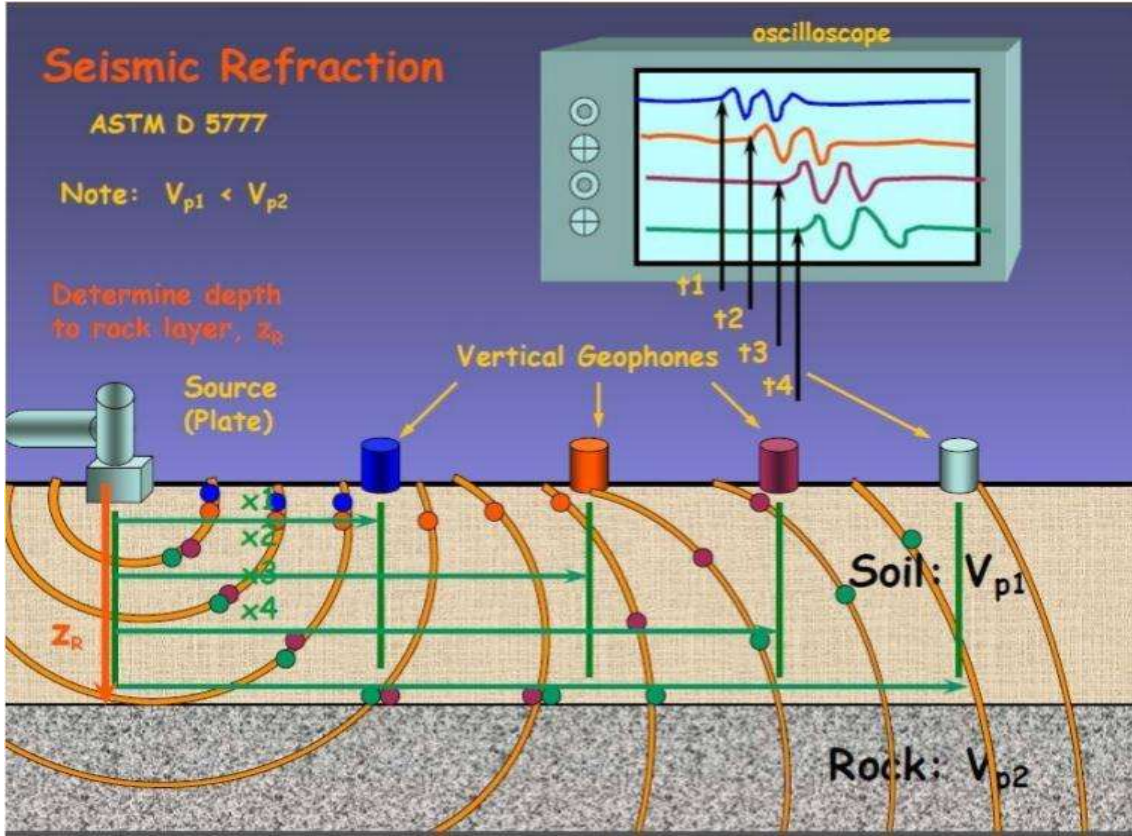
خالية من التموجات والتغيرات السريعة بالارتفاع، وترتفع عن سطح البحر بحدود ٢٣ متر (Aqrawi et al., ٢٠١٠)

### ٣: الخلفية النظرية

تعتمد الطريقة الزلزالية الانكسارية اساسا على قوانين وخواص انتقال الموجة الزلزالية في الوسط المرن (Sharma, ١٩٧٦). ان سرعة الموجات الزلزالية التي تنتقل خلال الطبقات سوف تتغير بتغير الخواص المرنة للصخر (Kearey et al. ٢٠٠٤). ان توليد موجة في نقطة التفجير (Shot point) تقع على امتداد خط نشر الجيوفونات سوف تولد موجات زلزالية تنتشر في جميع الاتجاهات. ان الجيوفونات (اللاقطات) القريبة من نقطة التفجير سوف تستلم اول الموجات الواصلة بوقت قليل وتسجل كزمن اول وصول (First arrival) time لهذه الموجات وتسمى بالموجات المباشرة (Direct Waves) والتي تسير بسرعة الطبقة السطحية (V1). اما الجيوفونات البعيدة فسوف تسجل الموجات المنكسرة او الموجات الراسية (head waves) التي انتقلت في الجزء العلوي من الطبقة الثانية بعد الانكسار الحرج وتسير بسرعة الطبقة الثانية السفلية (V2) ثم تعود الى السطح بسرعة اعلى من الموجات المباشرة وبالتالي سوف تصل بزمن اقل من الموجات المباشرة وتسجل زمن اول وصول الى الجيوفونات البعيدة ( ١٩٧٦ Dobrin, ان شكل ( ٢ ) يوضح طريقة انتشار الموجات المباشرة والمنكسرة من المصدر وسيرها في طبقات الارض واستلامها من الجيوفونات (اللاقطات او المستلمات) المزروعة على سط الارض، كما في شكل رقم ٣ .



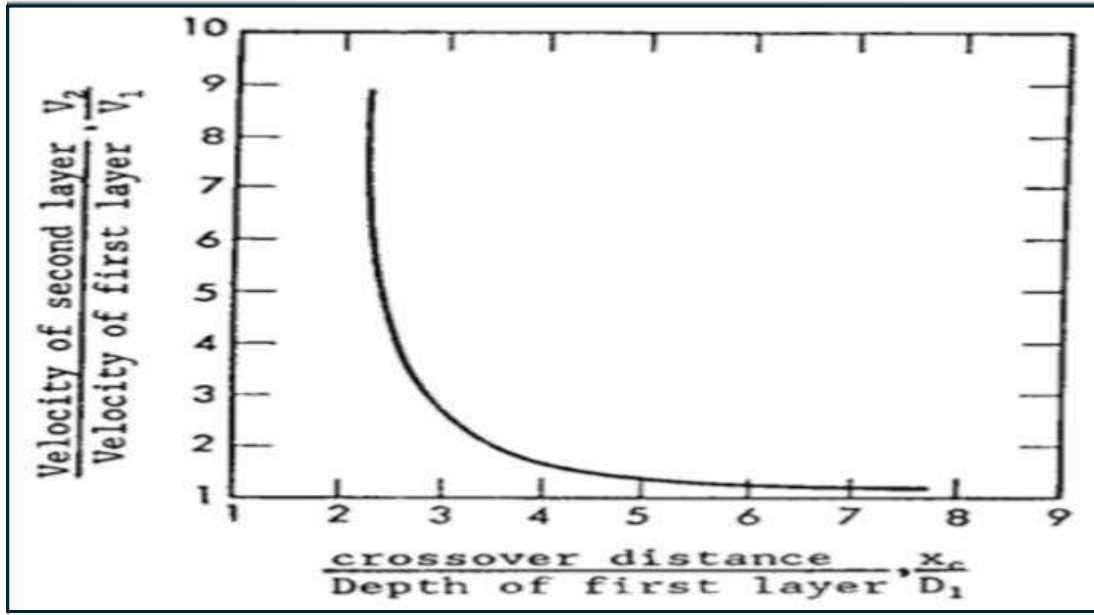
شكل رقم ٢ يوضح الترتيب الهندسي لطريقة انتشار وانكسار الموجات الزلزالية على الحد الطبقي الاول الفاصل بين طبقتين مختلفتين في السرعة والكثافة



شكل رقم - ٣ - يوضح طريقة نشر الجيوفونات على سطح الارض وانتشار الموجات الزلزالية في الطبقات التحت سطحية.

يتم تسجيل زمن الموجات الواصلة الى الجيوفونات الموزعة على طول مسار مستقيم طولة يساوي تقريبا ٥-١٠ مرات العمق المستهدف الجيوفونات موزعة بمسافات متساوية وان هذه المسافة يجب ان تتناسب مع مسافة Crossover-Xco والتي تساوي ٣.٥ من العمق المستهدف . فمثلا اذا كان سمك الطبقة الأولى ١٠ متر فان Xco سوف تساوي ٣٥ . فاذا كان لدينا ١٢ جيوفون لا نستطيع نشرهم بمسافة بينية ٣ متر لان لن يكون هناك جيوفون يستلم الموجات المنكسرة الواصلة الى السطح بعد مسافة ٣٥ متر ان شكل رقم ٤ يمثل مرتسم بياني يوضح العلاقة بين العمق ومسافة نشر الجيوفونات ( Al-Heety and Shanshal, ٢٠١٦ )



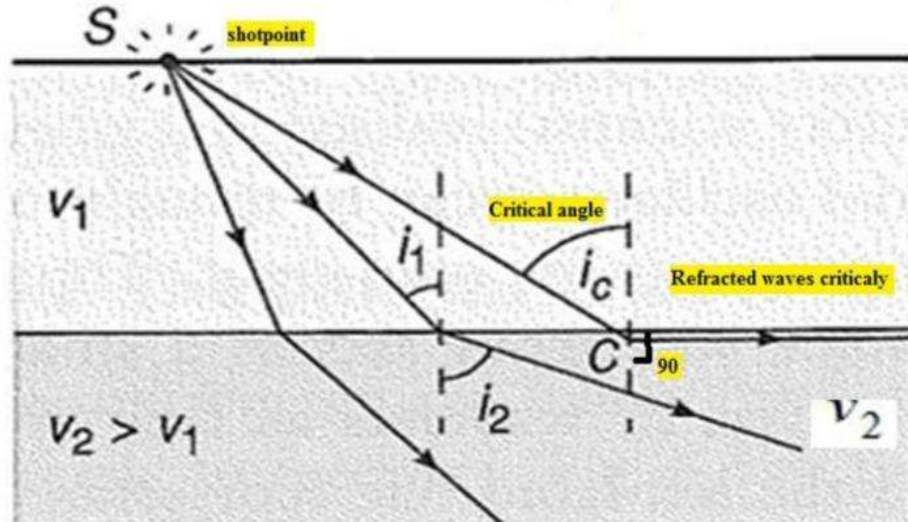


شكل رقم ٤- - يوضح العلاقة بين نسبة مسافة Crossover الى عمق الطبقة الأولى من سطح الارض مع النسبة بين سرعة الطبقة الأولى الى الثانية. بعد (Redpath, ١٩٧٣).

يتم تسجيل الموجات المباشرة والمنكسرة بواسطة جهاز الساسموكراف (Seismograph) عبر كيبيل ضوئي خاص يربط بين الجيوفونات والجهاز ومنه تظهر البيانات للموجات الواصلة للجيوفونات على شكل ورقة بيانية تسمى سايسموكرام (Seismogram) يمثل محورها العمودي زمن وصول الموجات بوحدة ملي ثانية (ms) ، اما محورها الافقي يمثل مسافة نشر الجيوفونات بوحدة المتر. ان سايسموكرام يظهر العلاقة الدالة بين سعة الموجة وزمن وصولها عند كل جيوفون على حدة ومنه يمكن قياس زمن وصول اول موجة للجيوفون وهذا الزمن مهم في حساب سرعة وعمق الطبقة التحت سطحية.

عندما تسقط الموجة الزلزالية على السطح الفاصل بين نوعين مختلفين من الصخور ، تنعكس بعض الطاقة الى السطح وينكسر الباقي بزواوية مختلفة في طريقه الى الطبقة السفلى الاكثر سرعة قانون الانعكاس بسيط ؛ زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط، بينما يخضع الانكسار لقانون سنيل (( Sell's Law ، الذي يربط زوايا السقوط والانكسار بالسرعات الزلزالية في الوسطين ان الموجات المنكسرة تخضع لقانون سنيل ( Snell's Law ) الذي تحكمه المعادلات التالية كما في شكله،(Palmer, ١٩٨٦).

$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{v_2}$$



شكل رقم ٥ يوضح كيف ينكسر الشعاع الساقط بزاوية حرجة على الحد الفاصل بين طبقتين مختلفتين السرعة ويسير محاذي له وبسرعة الطبقة الثانية ( Lankston, ١٩٩٠ )

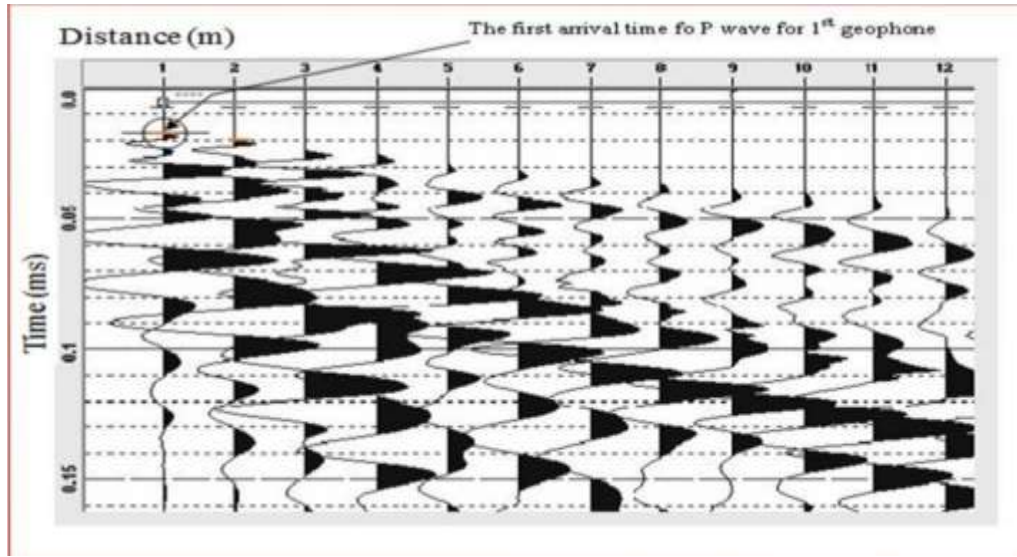
$$\frac{\sin i_c}{v_1} = \frac{\sin 90}{v_2}$$

$$\sin i_c = \frac{v_1}{v_2}$$

$$i_c = \arcsin\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$$

إن الموجات الزلزالية التي تعود من السطح الفاصل بين طبقتين بزاوية حرجة الى سطح الارض يتم استلامها من الجيوفونات البعيدة من نقطة التفجير والتي تم نشرها على سطح الارض وعلى مسافات متساوية ان الموجات الراسية المنكسرة والراجعة المستلمة من قبل الجيوفونات المنتشرة على سطح الارض فإنها تمثل دائماً أول وصول للطاقة الزلزالية

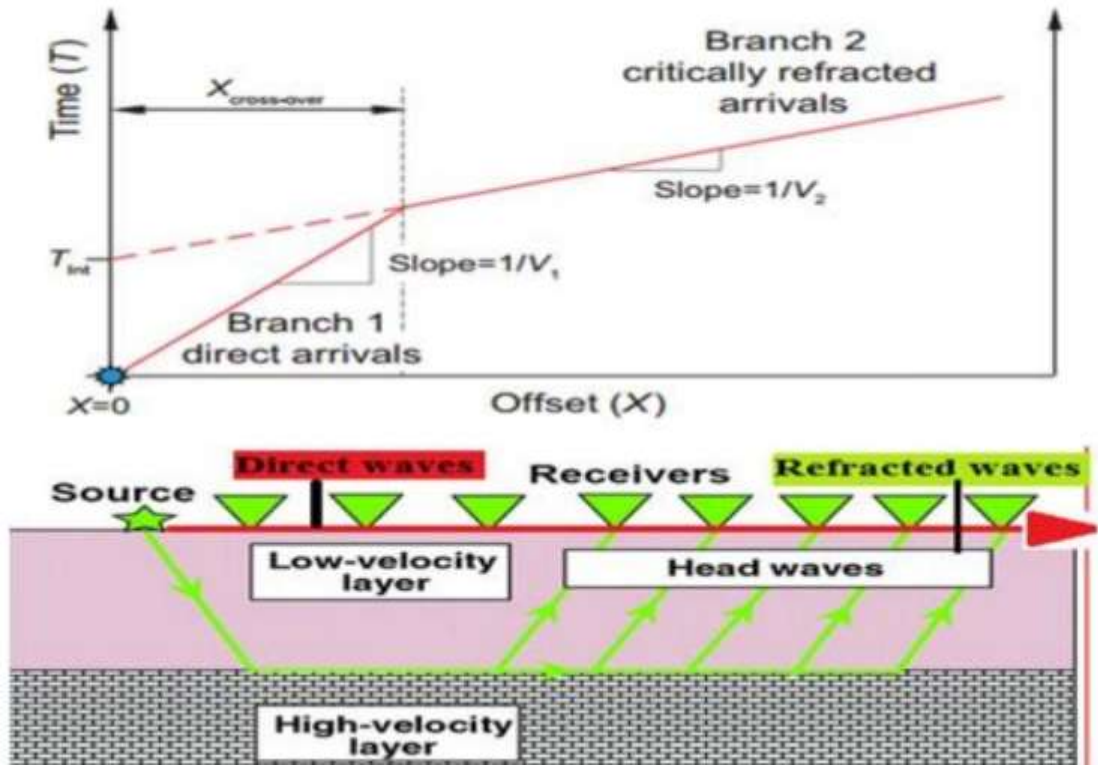
Waves First arrival الشكل - ٦ - (Telford et al., ١٩٧٩).



شكل رقم ٦ يمثل تسجيل السيسموكرام للموجات الزلزالية المباشرة والمنكسرة

### حساب السرعة والعمق للطبقة السطحية (منحني طبقتين)

عند انطلاق الموجات الزلزالية من مصدر Shotpoint سوف تستقبل مجموعة من الجيوفونات القريبة الموجات المباشرة المارة في خط مستقيم على طول سطح الارض وتسجل هنا زمن اول وصول وتسمى الموجات المباشرة ولها سرعة الطبقة السطحية الأولى. وبعدها نسجل في الجيوفونات البعيدة الموجات المنكسرة زمن اول وصول على السيسموكرام. ثم يتم التقاط زمن اول وصل عند كل جيوفون ويرسم منحني زمن - مسافة . يتم تحليل البيانات الزلزالية للموجات عن طريق رسم وقت الوصول الأول في كل جيوفونات مقابل المسافة من المصدر الزلزالي كما في شكل ٧ (Dobrin and Savit, ١٩٨٨), (Kaeary et al., ٢٠٠٤)



شكل رقم ٧ - يبين منحنى زمن - مسافة المشتق من تسجيل الجيوفونات الحقلية.

من خلال التقاط ورسم وقت وصول الموجة (T) لكل جيوفون كدالة للمسافة (X) التي يبعدها عن نقطة المصدر Shotpoint ، يمكن تحديد السرعة الزلزالية (V) للتربة أو الصخور الأساسية تحت السطحية وعمق السطح البيني الفاصل بين الطبقات الجيولوجية

(Whitely, ٢٠٠٤) كما يلي :

$$V = \frac{X}{T}$$

يوضح الشكل ٧ أيضاً أن هناك قيمتين للانحدار لسرعة الموجات ( ١ و ٢ ) لطبقتين مختلفتين. ان ميل الخط الاول للموجات المباشرة يساوي  $V_1$  وهي طاقة الموجات  $P$  التي يتم رسمها على أنها تسافر مباشرة إلى الجيوفونات بينما ميل  $V_2$  هو سرعة الموجة التي تتجاوز المسافة الحرجة. إذا تم تمديد خط ميل  $V_2$  و عبوره إلى محور الوقت ، فيمكن الحصول على قيمة وقت التقاطع للطبقة الأولى ( Intercept time ) يمكن حساب عمق الحد الفاصل الطبقي الاول او سمك الطبقة الأولى باستخدام ثلاث طرق شائعة مثل وقت التقاطع والمسافة الحرجة وطريقة وقت التأخير (Salisbury and Fountain, ١٩٩٤, Pakiser and Black, ١٩٥٧).

يتم حساب سماكة طبقة التربة السطحية ببساطة عن طريق طريقة وقت التقاطع كما هو موضح في الشكل (٨)، على النحو التالي:

$$Z1 = \frac{TiV1V2}{2(V2^2-V1^2)^{1/2}} \dots\dots 1$$

حيث ان :

$Z1 =$  عمق الطبقة العليا

$Ti =$  زمن التقاطع للطبقة الأولى

$V1 =$  سرعة موجات  $P$  في الطبقة الأولى

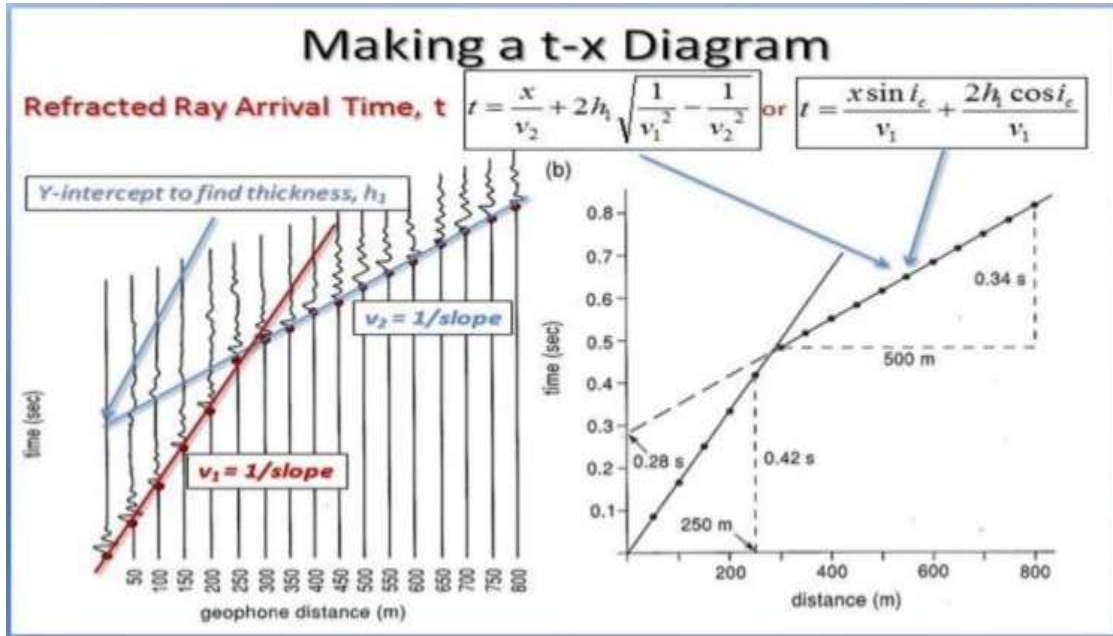
$V2 =$  سرعة موجات  $P$  في الطبقة الثانية

يمكن أن يمتد تحليل زمن التقاطع إلى حالة الطبقات المتعددة، ولكن يجب الإشارة إلى صياغة التفاصيل والاشتقاق في الطريقة الأخرى لتحديد عمق الطبقة هي طريقة المسافة الحرجة. من خلال نهج مشابه لاشتقاق معادلة وقت التقاطع المعادلة (١) ، يمكن حساب أن عمق الطبقة الأولى

$$Z1 = \frac{Xcr(1-v1v2)}{2 \cos(\sin^{-1}v1/v2)} \dots\dots 3$$

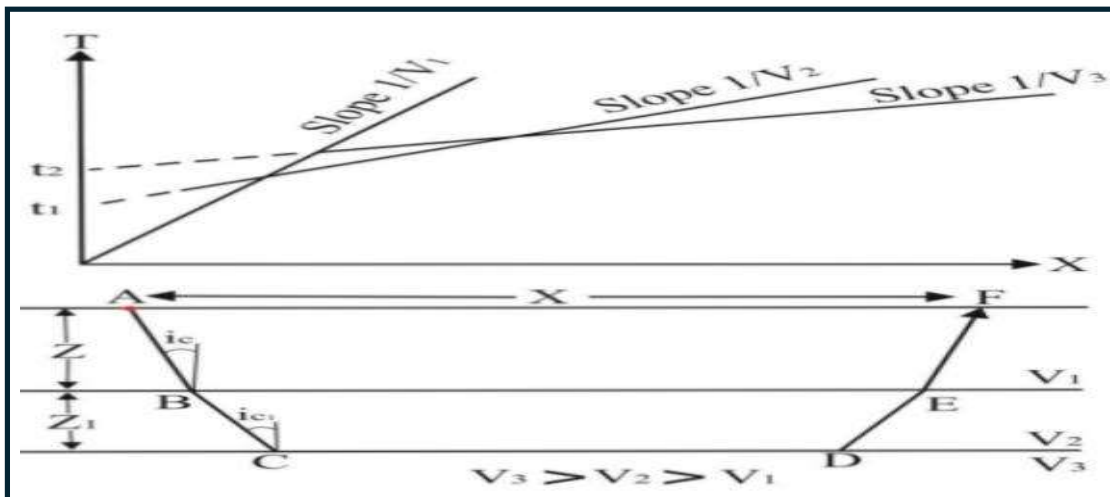
(Lankston, ١٩٩٠) يُعطى من خلال

حيث  $XC$  هي المسافة الحرجة



شكل رقم ٨- يوضح منحنى زمن مسافة من زمن الوصول للجيوفونات مع طريقة حساب السرعة والعمق للطبقة تحت سطحية الأولى.

٣-٢ قياس السرعة والعمق لوسط جيولوجي مكون من ثلاث طبقات (شكل ٩)



شكل رقم ٩ - يبين طريقة حساب السرعة والعمق من الموجات المنكسرة لوسط جيولوجي من ثلاث طبقات.

$$Z_1 = \frac{T_1}{2} \left( \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right)^{1/2}$$

$$Z_2 = \left[ T_2 - \frac{2Z_1 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{V_3 V_1} \right] \frac{V_3 V_2}{2 \sqrt{V_3^2 - V_2^2}}$$

Z<sub>1</sub> سمك الطبقة الأولى

Z<sub>2</sub> سمك الطبقة الثانية

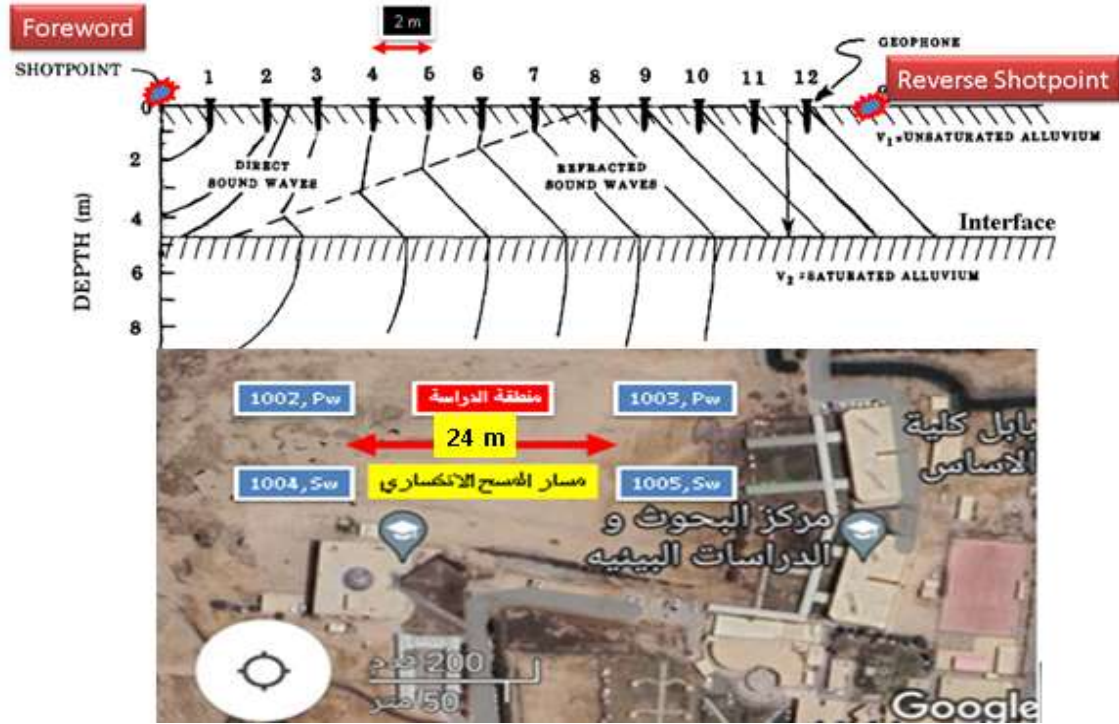
العمق الى سطح الطبقة الثالثة = Z<sub>1</sub> + Z<sub>2</sub>



## الفصل الثاني

### ٤- العمل الحقلی :

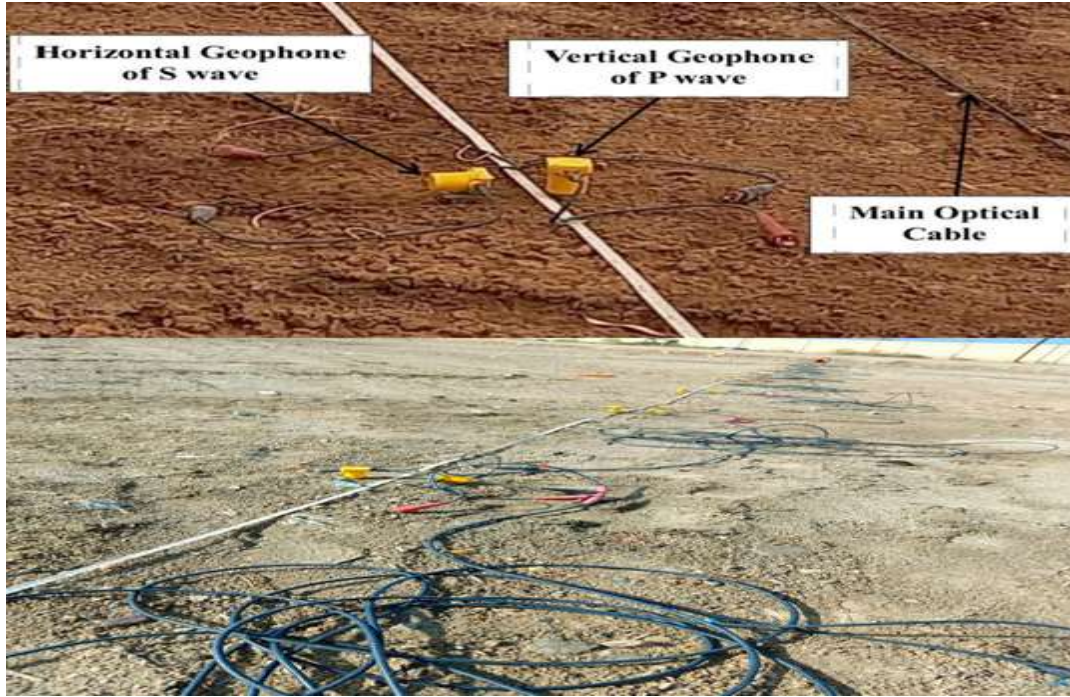
تم المسح الزلزالي الانكساري لمنطقة الدراسة على مسار واحد طوله ٢٤ m وتم نشر ١٢ جيوفون من كلا النوعين الطولي والمستعرض (S,P). بمسافة ٢ m بين جيوفون واخر كما في شكل ١٠- . استعملت المطرقة اليدوية ب وزن ١٠ Kg. لتوليد الطاقة الموجية (p s,) استغرق العمل مدة يومين. ، حيث استخدم للموجه p مصدر موجات أماميه وعكسيه وكذلك الموجه s وان الهدف من استخدام الطريقة الزلزالية الانكسارية لمعرفة خواص التربة الهندسية.



الشكل رقم (١٠) يبين موقع مسار المسح وارقام فايالات التسجيل ..

الاشكال التالية رقم ١١ و١٢ و١٣ توضح العمل الحقلی في استحصال القراءات الانكسارية الزلزالية.





الشكل رقم (١١) يوضح نشر الجيوفونات في منطقة العمل .



الشكل (١٢) يوضح استخدام المطرقة اليدوية والضرب الموازي لسطح الارض لتوليد موجة مستعرضه S



شكل ١٣- استخدام المطرقة اليدوية كمصدر لتوليد الموجات الطولية والمستعرضة

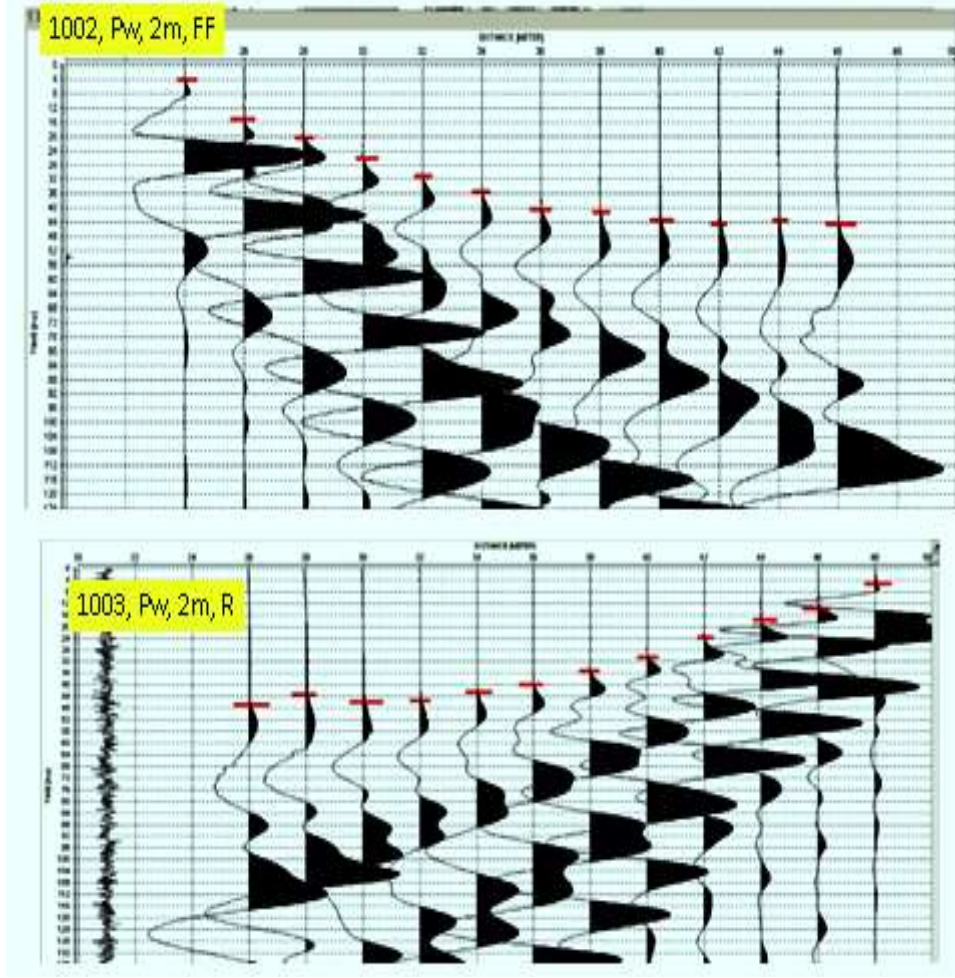
#### ٥-الحسابات وتحليل البيانات الانكسارية الزلزالية:

استخدمنا طريقتين لتحليل وتفسير البيانات الانكسارية الزلزالية. اولاً, الطريقة اليدوية وثانياً الطريقة الإلكترونية, من اجل الحصول على سرعة الطبقات واعماقها والزوايا الحرجة لسقوط الموجات وفي كلا الطريقتين.

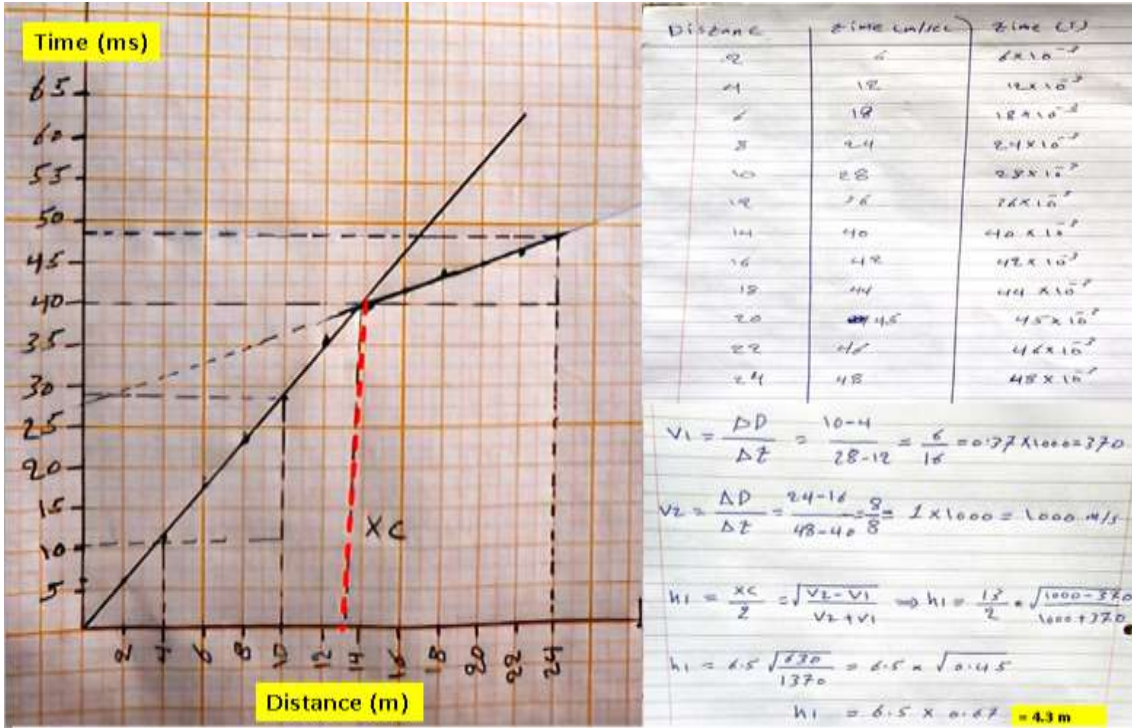
#### **اولاً: الطريقة اليدوية:**

١- استخدمت الطريقة اليدوية لتحليل وتفسير بيانات مسارين للموجة الطولية ١٠٠٢ رمي امامي, ومسار ١٠٠٣ رمي عكسي كما في الاشكال التالية (١٤,١٥,١٦) والتي تيدا من عملية تحديد زمن اول وصول للموجات الى الجيوفونات ١٢ وحتى حساب سرعة الطبقات وسمكها.

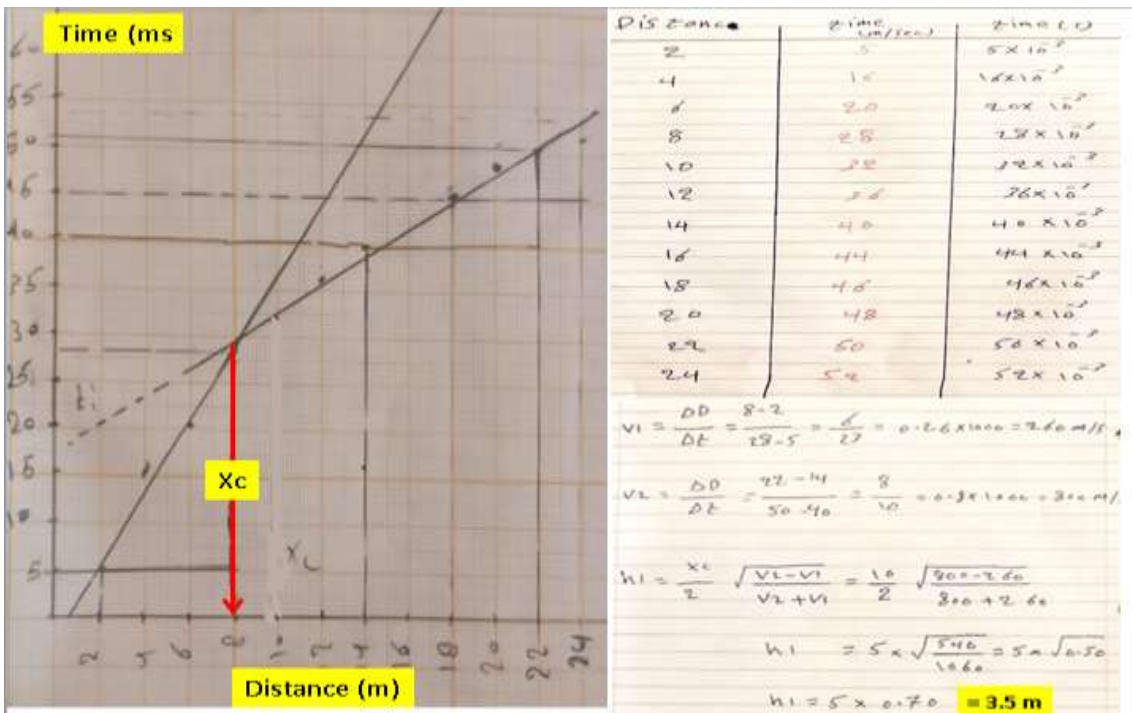




شكل ٤- يمثل عملية تحديد زمن اول وصول لموجات الطولية المباشرة والمنكسرة للتسجيل الزلزالي الامامي ١٠٠٢ والعكسي ١٠٠٣ لمسار البحث طول ٢٤ متر علما ان نقطة التفجير تبعد مسافة ٢ متر عن اول جيوفون



شكل- ١٥ -استخدام الطريقة اليدوية لتحليل مسار ١٠٠٢ لحساب سرعة الطبقة الأولى وسرعة الطبقة الثانية وعمق الطبقة الأولى، نوع الموجه P أمامي.

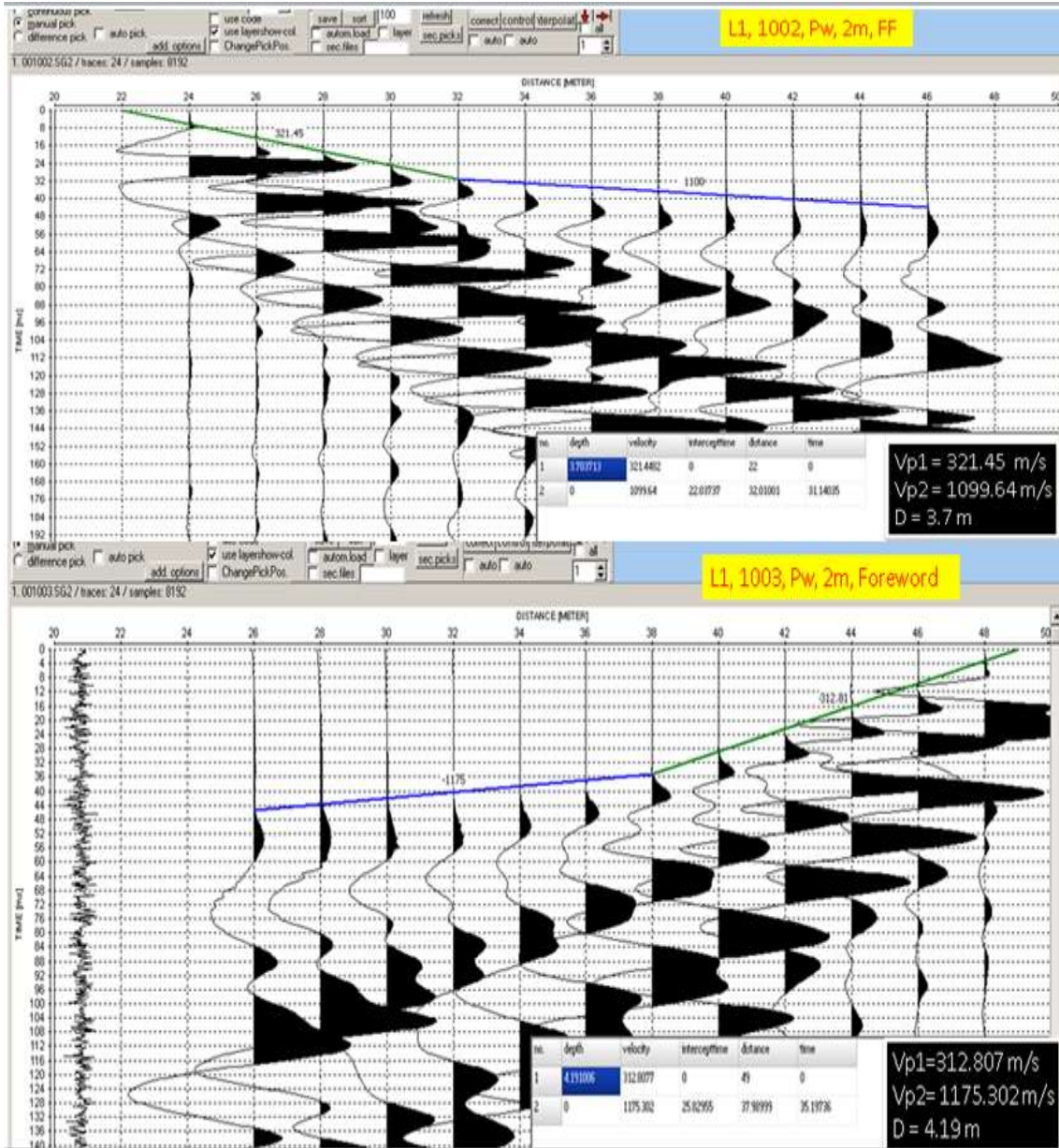


شكل- ١٦ -استخدام الطريقة اليدوية لتحليل مسار ١٠٠٣ لحساب سرعة الطبقة الأولى وسرعة الطبقة الثانية وعمق الطبقة الأولى، نوع الموجه P عكسي

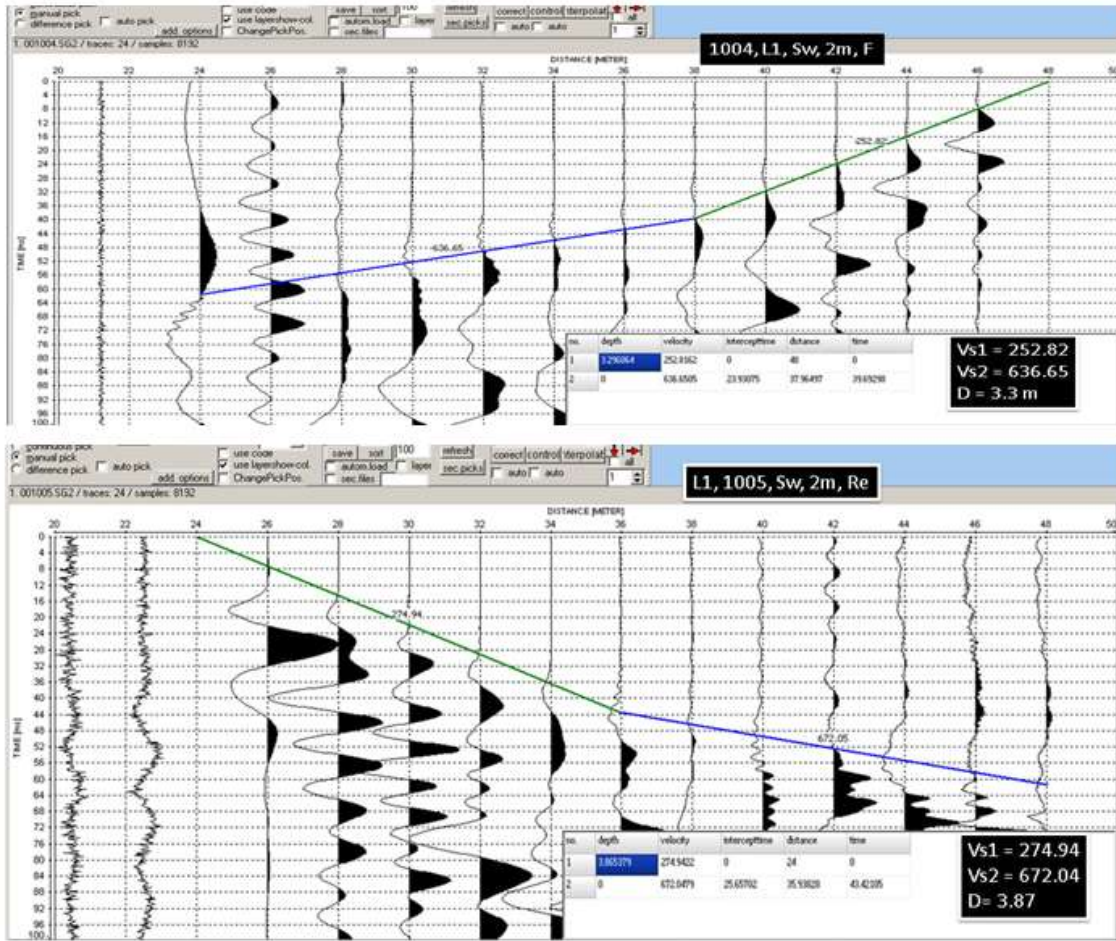


## ثانيا: الطريقة الالكترونية :

تم تحليل وتفسير جميع البيانات الانكسارية للتسجيلات الاربعة بنوعها الموجات الطولية والمستعرضة باستخدام الطريقة الالكترونية بواسطة برنامج (Reflex2DQuik)، كما موضح في الاشكال التالية (١٧ ، ١٨).



الشكل رقم (١٧) يوضح استخدام الطريقة الالكترونية لمسار ١٠٠٢، ١٠٠٣ الموجة الطولية p



شكل- ١٨ استخدام الطريقة الالكترونية لتحليل مسار ١٠٠٤, ١٠٠٥ للموجة S امامي وعكسي.

تم ادراج نتائج تحليل تسجيلات البيانات الانكسارية للموجات الطولي والمستعرضة لمنطقة البحث في جدول رقم ١.

جدول ١- نتائج تحليل البيانات الزلزالية الانكسارية الحقلية في منطقة الدراسة

Line No.	Vp1 m/s	Vp2 m/s	Depth of first layer m	Critical Angle
Foreword 1002	440.2	1099.64	3.76	
Reverse 1003	420.8	1175.3	4.19	
<b>Average</b>	<b>430.5</b>	<b>1137.47</b>	<b>3.975</b>	<b>21.5</b>
	Vs1 m/s	Vs2 m/s	Depth of first layer m	
Foreword 1004	252.82	636.65	3.3	
Reverse 1005	274.94	672.04	3.87	
<b>Average</b>	<b>263.88</b>	<b>654.345</b>	<b>3.585</b>	<b>23.6</b>

## ٦- ايجاد قيمة نسبة بوزون Poisson Ratio

بعد تحليل البيانات الانكسارية وايجاد سرعة الموجات الطولية (P) والمستعرضة (S) للطبقة الاولى والثانية. امكن حساب نسبة بوزون لكل طبقة من خلال لمعالة ادناه (Palmer, ٢٠١٠).  
فقد وجد ان نسبة بوزون للطبقة الاولى حوالي ٠.٢١. وللطبقة الثانية كانت ٠.١٥.

$$\sigma = \frac{\left( V_P / V_S \right)^2 - 2}{2 \left[ \left( V_P / V_S \right)^2 - 1 \right]}$$

تم مقارنة قيم نسبة بوزون للطبقتين التحت سطحية والمستحصلة من تحليل البيانات الزلزالية مع جدول معتمد للتعرف على نوعية التربة وقوتها, كما في جدول -٢ ( Lankston, ١٩٩٠ ).

جدول -٢- يبين نوع التربة بالاعتماد على قيمة نسبة بوزون ( Salisbury and Fountain, ١٩٩٤ )

Type of soil	Poisson's ratio, $\mu_s$
Loose sand	0.2–0.4
Medium sand	0.25–0.4
Dense sand	0.3–0.45
Silty sand	0.2–0.4
Soft clay	0.15–0.25
Medium clay	0.2–0.5

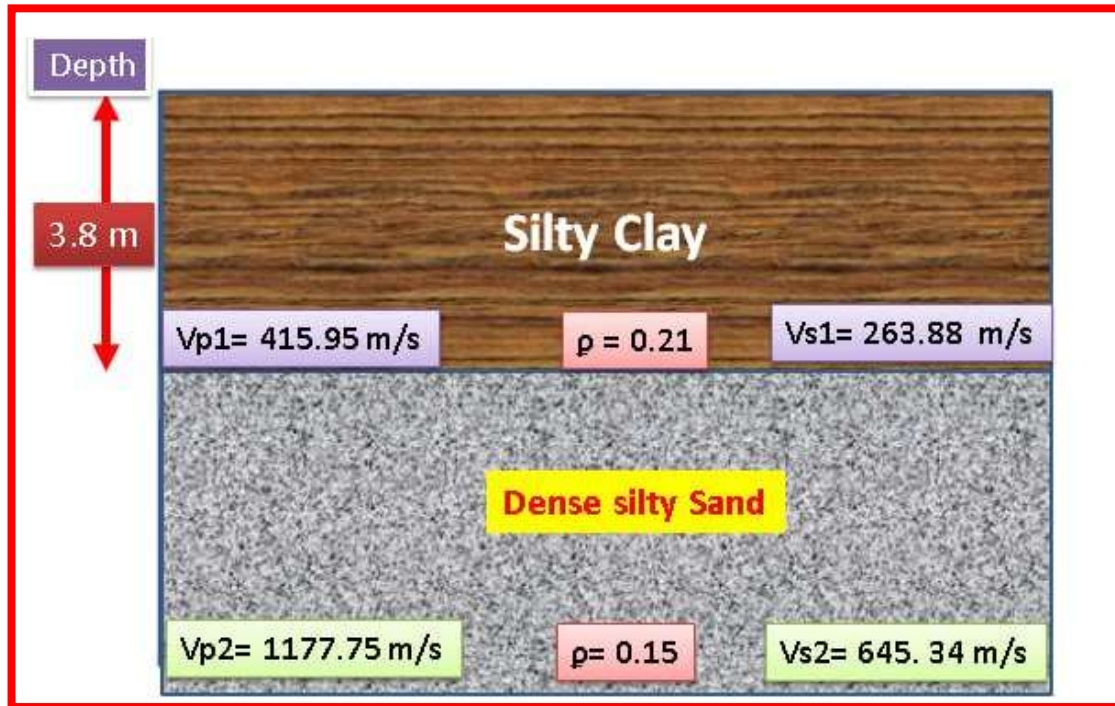


ومنها امكن التعرف على ان الطبقة الاولى السطحية ومكونة من تربة سلتية طينية ( Silty Clay). اما الطبقة الثانية التي تليها مكونة من تربة قوية من الرمل السلتية المشبع (Saturated silty Sand), كما موضحة في جدول ٣- .

جدول ٣- يبين قيمة نسبة بوزون لكل طبقة مع نوعية تربتها

	Poisson ratio	Soil type	
First layer	0.21	silty clay	3.8
Second layer	0.15	silty sand	

وبناء على نتائج المسح الانكساري استطعنا رسم مقطع جيولوجي لمنطقة الدراسة كما في شكل رقم ١٩- .



شكل ١٩- مقطع جيولوجي تصوري لطبقات المنطقة المدروسة بالاعتماد على نتائج تفسير البيانات الانكسارية الزلزالية.



## الفصل الثالث

### ٧-المستخلص

بعد تحليل البيانات الزلزالية الانكسارية الحقلية يدويا وبواسطة برنامج Reflex<sup>2</sup>DQuick. تبين ان معدل سمك الطبقة الاولى  $m$  ٣.٨ . وكانت سرعة الموجة  $P$  في الطبقة الأولى  $m/s$  ٤١٥.٩ , وسرعة الطبقة الثانية  $m/s$  ١١٧٧.٧٥ ونسبة بوسون تساوي ٠.٢١ . وباستخدام الموجه  $S$  وجد ان معدل السرعة في الطبقة الأولى  $m/s$  ٢٦٣.٨٨ وسرعة الطبقة الثانية  $m/s$  ٦٤٥.٣٤ ونسبة بوسون لها ٠.١٥ ومن قيم نسبة بوزون استطعنا التعرف على نوعية التربة. فكانت الطبقة الاولى مكونه من تربه ضعيفة  $silt\ clay$  . والطبقة الثانية  $Dense\ silty\ sand$  تربه قويه وتم رسم المقطع الجيولوجي لمنطقة البحث اسنادا الى هذه النتائج .

### المصادر

#### References

١. Pakiser, IC. And Black, R.A., ١٩٥٧. Exploring for\_ ancient channels with the refraction seismograph. Geophysics, ٢٢, ٣٢-٤٧.
٢. Al-Heety, A. R., Shanshal, Z. M., ٢٠١٦. Integration of scismic refraction tomography and electrical resistivity tomography in engineering\_ geophysics for soil characterization. Arabian Journal of Geosciences, ٩(١): ٧٣
٣. Aqrawi A. A. M., Goff J. C., Horbury A. D., and Sadooni F. N., ٢٠١٠A, The Petroleum Geology of Iraq, Printed in Great Britain by Cambrian printers, Aberystwyth, ٤٢٤p.
٤. Buday, T., ١٩٨٠, The regional geology of Iraq, stratigraphy and paleogeography. State Organization for Mincrals, , Baghdad Dar Al-Kutib Publishing House., Mosul Iraq. ٤٤٥p. . Biswas, A. and Sharma,

- S.P. eds. 2020. Advances in modeling and interpretation in near surface geophysics. New York: Springer International Publishing.
5. Dobrin, M. B. and Savit, C. H., 1988. Introduction to geophysical prospecting. (2th edition): McGraw-Hill Book Company. 600p.
  6. Dobrin, M.B. 1976. Introduction to geophysical prospecting, 3rd ed- MacGraw-Hill, New York, 630 p.
  7. Kearey, P., Brooks, M. and Hill, I., 2004. An Introduction to geophysical exploration, Third Edition. Blackwell Science Ltd. 262p.
  8. Lankston, R.W., 1990. High-resolution refraction seismic data acquisition and interpretation. In Ward, S.H. (Ed.), Geotechnical and Environmental Geophysics, volume 1. Society of Exploration Geophysicists, Investigations in Geophysics 5, 45-73.
  9. Palmer, D., 1986. Refraction Seismics, The Lateral Resolution of Structure and Seismic Velocity. Geophysical Press
  10. Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. Applied geophysics. Cambridge University Press. Cambridge, 770p.
  11. Whitely, R.J., 2004. Shallow seismic refraction interpretation with visual interactive ray trace (VIRT) modelling. Exploration Geophysics, 35, 116-123
  12. Salisbury, M.H. and Fountain, D.M., 1994. The seismic velocity and Poisson's ratio structure of the Kapuskasing uplift from laboratory measurements. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 31(7), pp.1002-1063.