استخدام طريقة المسح الزلزالي الانكساري التصويري وتقنية التحليل متعدد القنوات للموجات السطحية في عملية التقييم الجيوتكنيكي لموقع شقق الأمل في كركوك، شمالي العراق

علي زهير النعيمي
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعة الموصل

بشار عزيز الجريسي
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعة الموصل

محمود عبدالله المفرجي
قسم الجيولوجيا التطبيقية
كلية العلوم
جامعة كركوك

(تاريخ الاستلام 2018/6/6 ، تاريخ القبول 2018/8/19)

الملخص

تضمن البحث الحالي اجراء مسح زلزالي انكساري باستخدام طريقة المسح الزلزالي الانكساري التصويري (Seismic Refraction Tomography, SRT)، كما تضمن استخدام تقنية التحليل متعدد القنوات للموجات السطحية (Multi-channel Analysis of Surface Waves, MASW) لموقع شقق الأمل في محافظة كركوك شمالي العراق من أجل تحديد سمك الطبقات تحت السطحية وعمقها وسرعتها، واجراء عملية التقييم الجيوتكنيكي، ومعرفة خصائص هذه الطبقات وتحديد الطبقة المناسبة لإقامة المشروع عليها. تمت معالجة البيانات وتفسيرها باستخدام البرنامج الحاسوبي SeisImager™/SW للحصولِ على سرعة الموجات الزلزالية الطولية (V_P) وتمثيلها على شكل مقاطع زلزالية تصويرية واستخلاصِ السرعة الزلزالية القصية (V_S) من السرعة الطورية (Phase velocity) لموجات رايلي السطحية (Rayleigh surface waves) بوساطة طريقة (MASW). تم الحصول على مقاطع زلزالية تصويرية ثنائية البعد تمثل السرعة الطولية (V_P) مع العمق لخطوط المسح كما تم الحصول على ثلاثة مقاطع أحادية البعد تمثل السرعة القصية مع العمق لمنطقة البحث. أظهرت النتائج وجود ثلاث طبقات، ومن خلال حساب معاملات المرونة الديناميكية وحساب اثنين من المعاملاتِ الجيوتكنيكية للطبقات الثلاثة بالاعتماد على السرعات الزلزالية الطولية والقصية والكثافة، وطبقا لهذه المعاملات تبين بأن الطبقة الثالثة تمتلك مواصفات جيوتكنيكية أفضل من الطبقات التي تعلوها، وهي مناسبة لإقامة المشروع الهندسي عليها.

الكلمات الدالة: الطريقة الانكسارية، المسح التصويري، تقنية التحليل متعدد القنوات، التقييم الجيوتكنيكي.

The Use of the Seismic Refraction Tomography Survey Method and the Multi-Channel Analysis Technique of Surface Waves in the Geotechnical Assessment of the Al-Amal Apartments Site in Kirkuk, Northern Iraq

Ali Z. Al-Nuaiemy
Department of Geology
Geology of Science
University of Mosul

Bashar A. Al-Juraisy
Department of Geology
College of Science
University of Mosul

Mahmood A. Al-Mafraji
Department of Applied
College of Science
University of Kirkuk

ABSTRACT

The current study conducted a seismic refraction survey using seismic refraction tomography (SRT), and the use of the multi-channel analysis technique of surface waves (MASW) at the site of Al-Amal apartments in Kirkuk Governorate (northern Iraq) in order to determine the thickness, depth and velocity of the sub-surface layers. Moreover, a geotechnical assessment is measured in addition to determining the characteristics of these layers and specifying the appropriate layer for establishing the project.The data are processed and interpreted by using SeisImager™/SW software to obtain the velocity of longitudinal waves (V_P) represented in the form of a seismic tomography section. The velocity of shear waves (V_S) is extracted from the phase velocity of Rayleigh surface waves using MASW method. The 2D seismic tomography sections represent longitudinal velocity (V_P) and the depth of the survey lines. It also has been got three one-dimensional sections representing shear waves (V_S) with the depth. The results show the presence of three layers, and through dynamic flexibility parameters are calculated, and two of geotechnical parameters are applied for the three layers based on the seismic velocity of longitudinal, shear and density. According to these geotechnical parameters, the third layer has better geotechnical specifications than the layers above it, which is suitable for the engineering project.

Keywords: Refraction Method, Tomography Survey, Multi-Channel Analysis Technique (MASW) , Geotechnical Assessment.

المقدمة

تعد طريقة التصوير المقطعي او ما يسمى (الانكسار الزلزالي التصويري Seismic Refraction Tomography, SRT) واحدة من الطرائق الجيوفيزيائية الحديثة التي تستخدم لتفسير البيانات الزلزالية الانكسارية، والتي توفر معلومات ثنائية البعد (2D) عمّا يوجد تحت السطح. وتستخدم طريقة العكس (Inversion) لتحديد سرعة الطبقات ورسم مقاطع لها (Hamazah and Samsadin., 2006). تعتمد هذه الطريقة على التقاط أزمنة الوصول حيث تقوم البرامج الخاصة بهذه الطريقة باختيار أفضل تطابق

للسرعة عن طريق مبدأ التكرار (Iteration) حيث يتم أولا انشاء موديل ابتدائي (Initial Model) من قبل المفسر ويتم تعديل الموديل الابتدائي لتقليل الفرق بين زمن وصول الموجات المحسوب (Calculated) وبين البيانات الفعلية (الزمن الملحوظ) (Observed) لنحصل على موديل ثنائي البعد حيث يظهر التدرج بالسرعة بشكل عمودي وأفقي بعدما يقوم البرنامج بعملية التكرار وتكون هذه الطريقة أكثر فعالية في عملية التحريات الموقعية، ومعرفة خصائص الموقع بالمقارنة مع طريقة المسح الزلزالي الانكساري التقليدية (Azwin *et al*., 2013).

أجريت في العراق العديد من الدراسات التي استخدمت طريقة المسح الزلزالي الانكساري لأغراض مختلفة ومنها عملية التقييم الجيوتكنيكي وايجاد خواص الصخور وعمق الطبقات نذكر منها الدراسة التي قام بها (Khorshid *et al* .,2014) حيث استخدم الطريقة الزلزالية الانكسارية في التقييم الجيوتكنيكي لتربة جامعة تكريت، وأجرى الخفاجي (2015) مسحا زلزاليا بئريا وجيوتكنيكيا متقاطعا (Cross hole) لتربة موقع فندق الخيام في محافظة كربلاء لمعرفة مناطق الضعف وأعماقها.

ان تقنية التحليل متعدد القنوات للموجات السطحية (MASW) وهي طريقة استكشاف زلزالية لتقدير وإيجاد الموجات القصية (Shear Waves) طبقت لأول مرة من (Park *et a*.,1999)، إذ يتم نشر اللاقطات بشكل خط مستقيم وبمسافات متساوية في منطقة الدراسة. وتستخدم هذه الطريقة خصائص موجات رايلي (Rayleigh waves) للحصول على سرعة الموجات القصية، وتستخدم بشكل كبير في التطبيقات ذات العمق الضحل المتعلقة بالأعمال البيئية والهندسية والجيوتكنيكية. تقسم طريقة (MASW) الى نوعين بالاعتماد على مصدر الطاقة المستخدم لتوليد الموجات، النوع الأول: يسمى الفعال (Active) والذي تستخدم فيه مصادر زلزالية تقليدية، مثل: المطرقة والهزازات وغير ذلك (مصادر صناعية)، ويكون موقع المصدر معلوما، والنوع الثاني: يسمى السلبي (Passive) ويعتمد على المصادر الطبيعية، مثل: النشاط الإنساني أو حركة المرور، كونها مصدرا للطاقة، أما ترتيب اللاقطات فيها فيكون بشكل خطي أو بأشكال هندسية مختلفة (Park *et al*., 2007) اذ يمثل المصدر(الضوضاء المحيطة) والتي تنتشر في مختلف الاتجاهات.

أجريت في العراق دراسات استخدمت فيها تقنية (MASW)، إذ قام (Shakir,2012) بإجراء دراسة للموقع المقترح لإقامة مترو النجف باستخدام تقنية (MASW)، بالإضافة الى الطرق الجيوفزيائية الأخرى لغرض تحديد نوعية الطبقات وتحديد خواصها الجيوتكنيكة، كما أجرى الهيتي (2014) مسحا زلزاليا انكساريا لموقع المستشفى التعليمي في جامعة الموصل، واستخدم تقنية (MASW) لتحديد سمك الطبقات وحساب بعض المعاملات الهندسية.

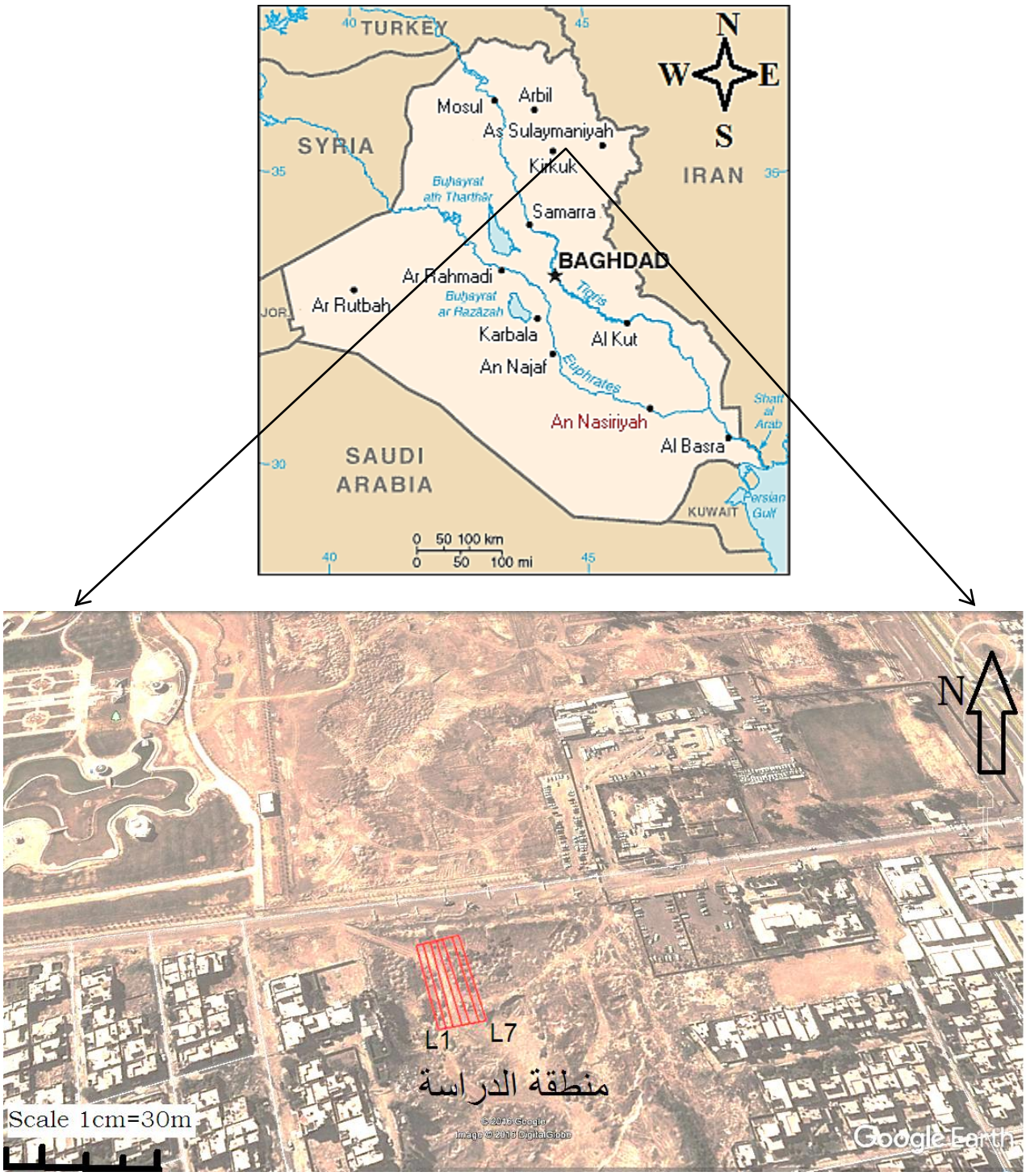
موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة (الشكل 1) بين خطي ("46 '24 35°) شمالاً و ("15 '22 44°) شرقاً في الجانب الشرقي من مدينة كركوك بالقرب من نهر الخاصة. تمثل منطقة الدراسة موقعا مقترحا لإنشاء عمارة سكنية تتألف من عشرة طوابق، وهي عبارة عن منطقة مستطيلة محددة الجوانب تبلغ مساحتها (2079) متر مربع، ويبلغ طولها (63 م) وعرضها (33 م)، وهي شبه مستوية، وتكون اوطأ من المناطق المحيطة بها من ناحية الارتفاع.

جيولوجية منطقة الدراسة

تقع محافظة كركوك ضمن الرصيف القاري غير المستقر (unstable shelf)، وقسم (Sissakian.,1992) محافظة كركوك الى قسمين: المنطقة الاولى تتألف من اراضي شبه منبسطة ومن هضاب متموجة وبعض التلال وتقع منطقة الدراسة ضمن هذه المنطقة، تتألف المنطقة الثانية من منطقة الجبال وتقع في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من المحافظة وفي أقصى جنوبها الغربي، تغطي منطقة الدراسة العديد من التكوينات الجيولوجية ابتداءً من المايوسين الاوسط الى ترسبات العصر الرباعي وهي من الأقدم:

- تكوين فتحة: ويعود عمر هذا التكوين الى المايوسين الاوسط، ويتكون من تعاقبات صخور الانهدرايت والجبس والملح وتتداخل مع صخور الحجر الجيري والمارل (Bellen *et al*.,1959) .
- تكوين إنجانة: الذي يعود عمره الى المايوسين الاعلى ويتألف من وحدتين: الوحدة السفلية تحتوي على طبقات رقيقة من الحجر الرملي الكلسي، اما الوحدة العلوية فتتكون من صخور الحجر الرملي الخشن.
- تكوين مقدادية: عمر هذا التكوين المايوسين الاعلى_ البلايوسين، ويتكون من صخور الحجر الرملي الخشن والحجر الرملي والصلصال الاحمر.
- تكوين باي حسن: يعود عمره الى البلايوسين، ويتكون من المدملكات، ويمكن تحديده بظهور اول طبقة من المدملكات، ويتكون من الصخور الطينية والحجر الرملي (Jassim and Goff., 2006). ترسبات العصر الرباعي: وهي ترسبات نهرية طموية (Alluvial Deposits)، تتكون من الحصى والرمل والغرين والطين.



الشكل 1: خارطة ومرئية فضائية تبين موقع منطقة الدراسة موضحا عليها خطوط المسح الزلزالي الانكساري.

جمع البيانات

أجري المسح الزلزالي الانكساري على امتداد سبعة خطوط متوازية باتجاه (شمال–جنوب) وبطول (63 م) لكل خط، ومسافة (5م) بين خط وآخر للحصول على سرعة الموجات الطولية (V_P) وذلك باستخدام جهاز ABEM Terraloc MK.6 ، ذي 12 قناة وباستخدام لاقطاتٍ أرضيةٍ عمودية ذات تردد طبيعي (10 Hz) ومطرقة بوزن (7 كغم) كمصدر للطاقة. كل خط يتكون من ثلاثة مسارات (أمامي ومعكوس) بطول (33م) لكل مسار وبتداخل (Overlap) مقداره (18م) بين مسار وآخر، وقد كانت المسافة بين لاقطة وأخرى (3م). كما تم اجراء المسح على مسار عمودي على الخطوط السابقة (أمامي ومعكوس) باتجاه (شرق–غرب) وبطول (33م). ان درجة النمذجة المستخدمة هي (50 μs) وطول التسجيل هو (819.2 msec).

استخدام تقنية (MASW) تمت عن طريق اجراء مسح زلزالي انكساري (أمامي ومعكوس ووسطي) على امتداد ثلاثة مسارات بطول (55م) لكل مسار وبمسافة (5م) بين لاقطة وأخرى على طول المسار من أجل الحصول على سرعة الموجات القصية (Vs) وباستخدام نفس الجهاز سابق الذكر ودرجة النمذجة هي (500 μs) وطول التسجيل هو (1024 msec) .

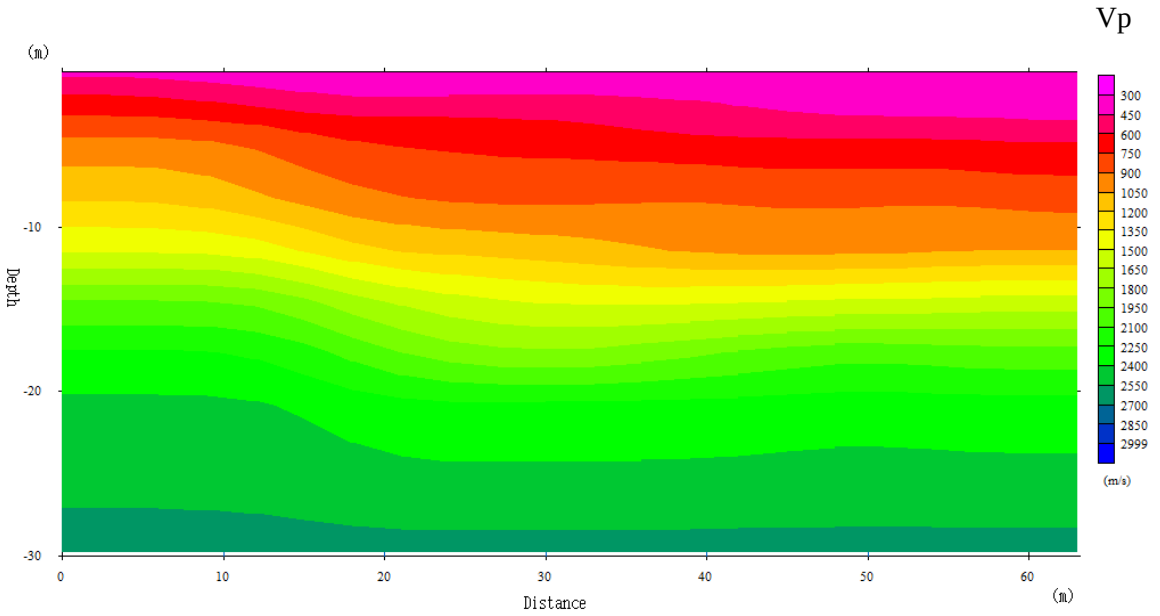
معالجة وتفسير البيانات بطريقة التصوير المقطعي

تعتبر عملية التقاط أزمنة الوصول الأولي للموجات الزلزالية أولى خطوات التفسير، وقد تم اجراؤها من خلال برنامج Pickwin، فبعد ازالة الضوضاء يقوم البرنامج بعملية الالتقاط للأزمنة أوتوماتيكيا، ويمكن أن نقوم بالتعديل عليها يدويا، ثم نقوم بعملية حفظ للأزمنة الملتقطة (Save Pick File) على شكل ملف ذي صيغة (vs)، هذا الملف يتم فتحه من خلال برنامج التفسير وهو (Plotrefa Analysis Refraction)، وهذا البرنامج يقوم برسم منحنيات تمثل العلاقة (زمن–مسافة Time - distance curve). ويحتوي هذا البرنامج على طرق لتفسير البيانات الزلزالية، من ضمنها طريقة التصوير المقطعي، والتي استخدمت لوضع موديل السرعة Velocity model، والموديل الطبقي Layered model لمنطقة الدراسة. وتعمل هذه البرامج على تمثيل البيانات بشكل مقاطع عرضية (Cross-Section) تمثل ما يوجد تحت السطح عن طريق عكس منحني (مسافة_ زمن).

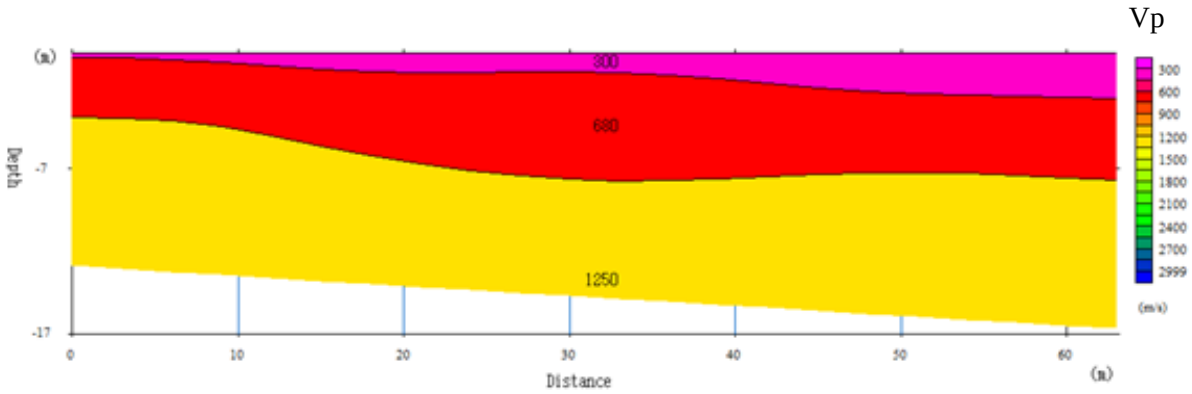
أظهرت نتائج المسح الزلزالي الانكساري التصويري وجود ثلاث طبقات في جميع خطوط المسح، تمتلك الطبقة الأولى سرعة زلزالية طولية تتراوح بين (300 م/ثا– 500 م/ثا) وسمك يصل الى (3.47م)، وهي تمثل طبقة التربة السطحية (Superficial) وتكون غير متماسكة، تتألف من الرمل والطين. وتمتلك الطبقة الثانية سرعة زلزالية طولية تتراوح بين (680 م/ثا – 870 م/ثا) وسمك يتراوح بين (3.07 م– 9.20 م)، وتم تفسير هذه الطبقة على انها تمثل طبقة من المصاطب النهرية River) (Terracesوالتي تتألف من رواسب نهرية من المواد الطينية والغرينية والحصى والطين والرمل،

وتعود أعمارها الى عصر البلاستوسين، ويمكن مشاهدتها بالقرب من نهر الخاصة وفي مقالع الحصى والرمل، أو بعد تجوية الجزء العلوي من التربة السطحية ، أما الطبقة الثالثة فتمتلك سرعة زلزالية طولية تتراوح بين (1250 م/ثا- 1800 م/ثا) وعمقها يتراوح بين (4.08م- 9.74 م)، تم تفسير هذه الطبقة على أنها تمثل الجزء العلوي من تكوين باي حسن الذي يتكون من المدملكات والصخور الطينية والرملية، ويختلف عن المصاطب النهرية باحتوائه على نسبة من الكاربونات تقدر بـ 30% ، ويعود عمره الى البلايوسين ، وهذا التفسير يتوافق مع المعلومات التي تم الحصول عليها من خلال المشاهدات الحقلية للمكاشف الصخرية القريبة ومع الآبار المحفورة بالقرب من منطقة الدراسة، والأشكال (2، 3، 4) تمثل نموذجاً لنتائج المسح التصويري عند الخطوط (1، 4، 7) .

a: Seismic Refraction



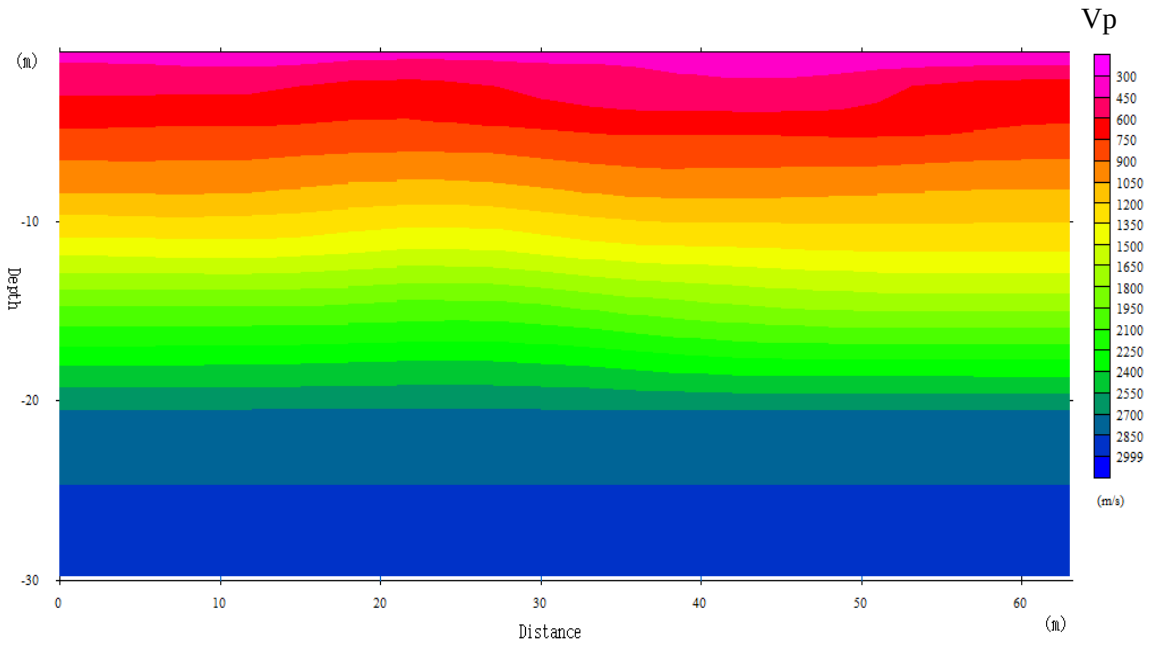
b: Layered model



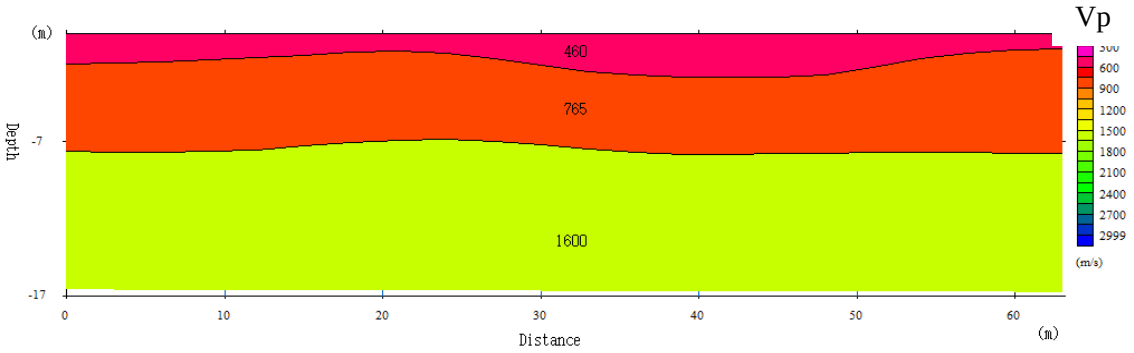
الشكل 2: يمثل a مقطع زلزالي تصويري للخط الأول.

b: مقطع زلزالي طبقي للخط الأول.

a: Seismic Refraction



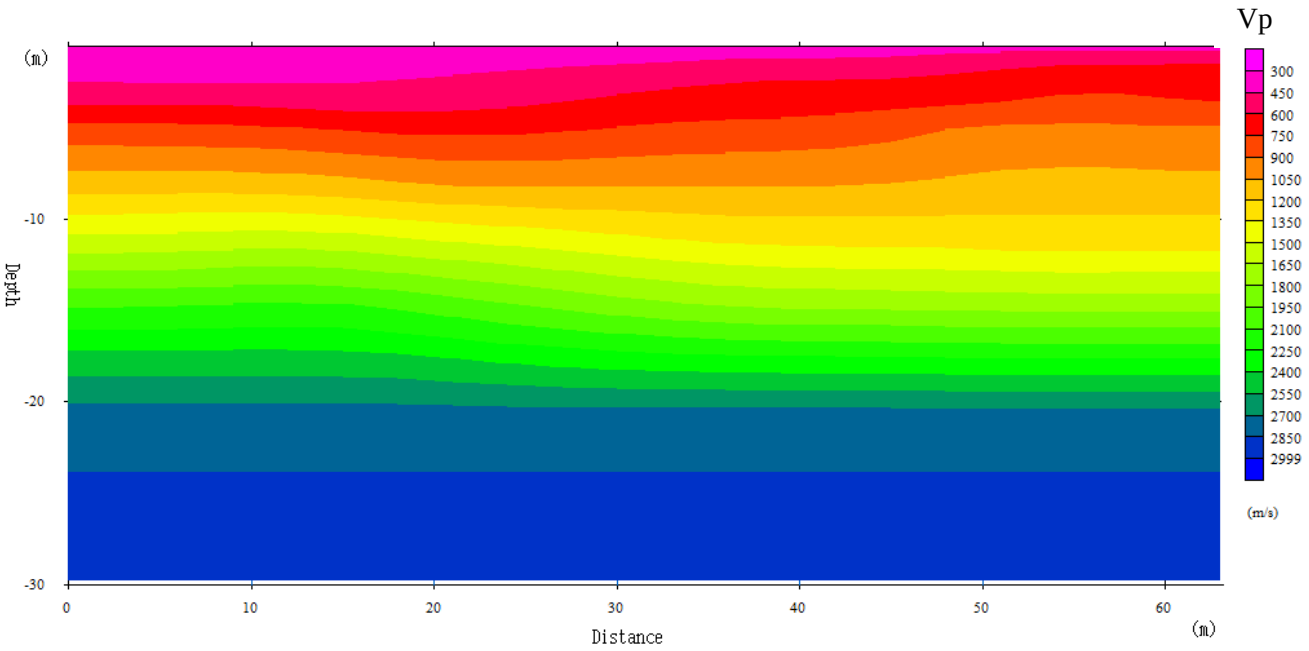
b: Layered model



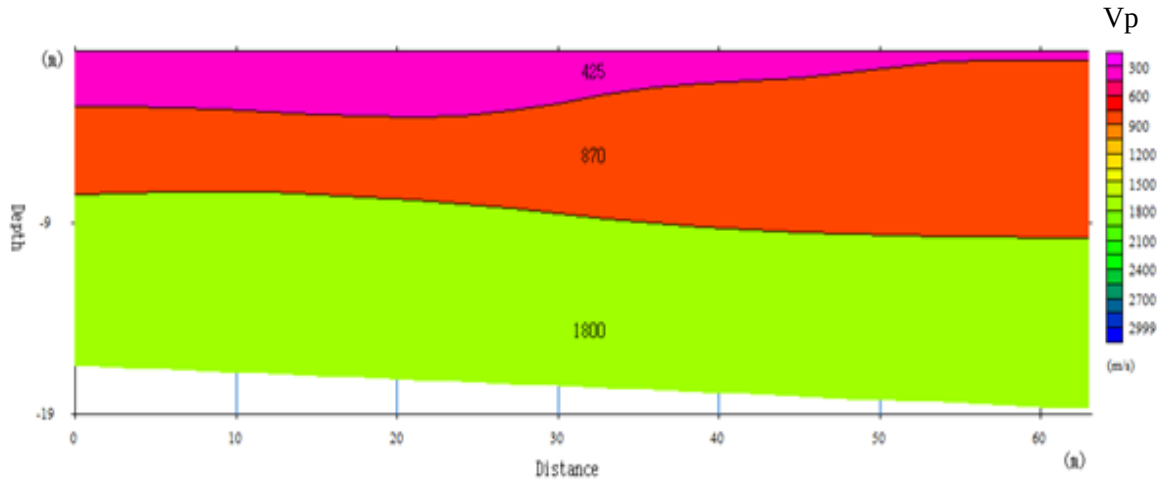
الشكل 3: يمثل a مقطع زلزالي تصويري للخط الرابع.

b : مقطع زلزالي طبقي للخط الرابع.

a: Seismic Refraction



b: Layered model



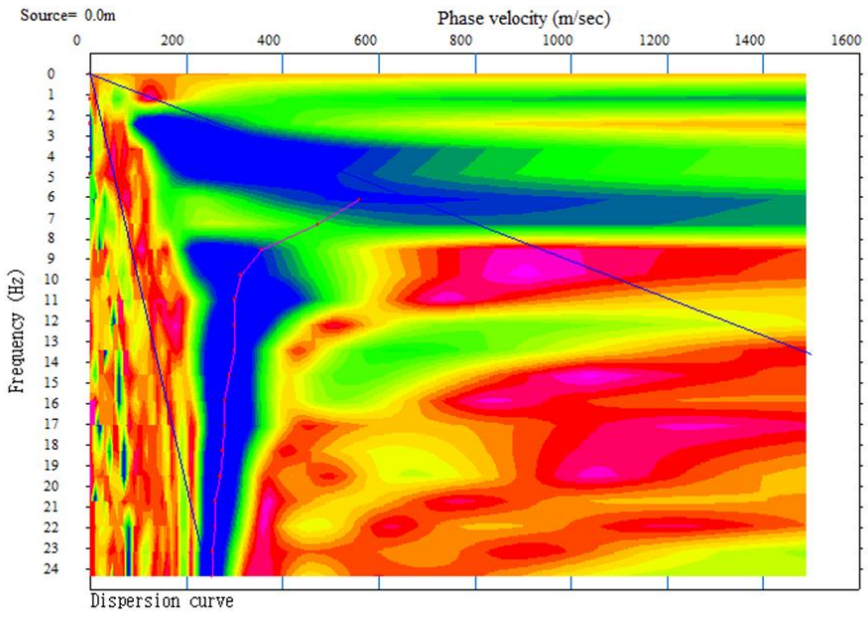
الشكل 4: يمثل a مقطع زلزالي تصويري للخط السابع.

b: مقطع زلزالي طبقي للخط السابع.

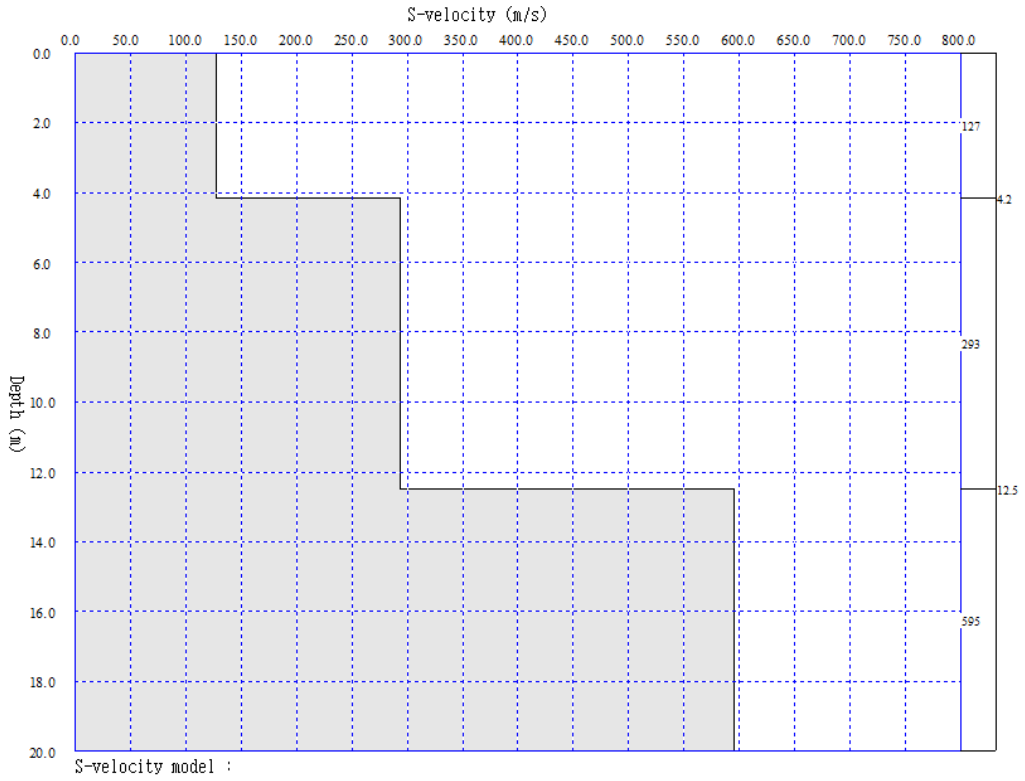
المعالجة وتفسير البيانات بتقنية MASW

تتم عملية المعالجة عن طريق تحليل بعض خصائص التشتت، مثل سرعة طور موجات رايلي كدالة للتردد من البيانات الأولية للمسح، وقد تمت عملية المعالجة لثلاثة مسارات تم تسجيلها لتقنية (MASW)، باستخدام برنامج SeisImager/SW، فبعد أن يتم جمع البيانات نقوم أولا بفتح هذه الملفات واجراء التعديلات اللازمة عليها عن طريق البرنامج والتي تتضمن ادخال المسافات بين اللاقطات وتحديد موقع نقطة المصدر، وتأتي الخطوة الثانية وهي حساب التشتت وتشكيل منحنيات التشتت عن طرق تحويرية (f-k) (الشكل 5)، وبعد ذلك نقوم بعملية العكس الذي يعتبر الخطوة الثالثة والأخيرة لاستخلاص سرعة الموجات القصية والحصول على مقاطع أحادية البعد، إذ تعطي عملية العكس لمنحنيات التشتت، التغييرات العمودية في سرعات الموجات القصية (Vs) مع العمق تحت منطقة التحري.

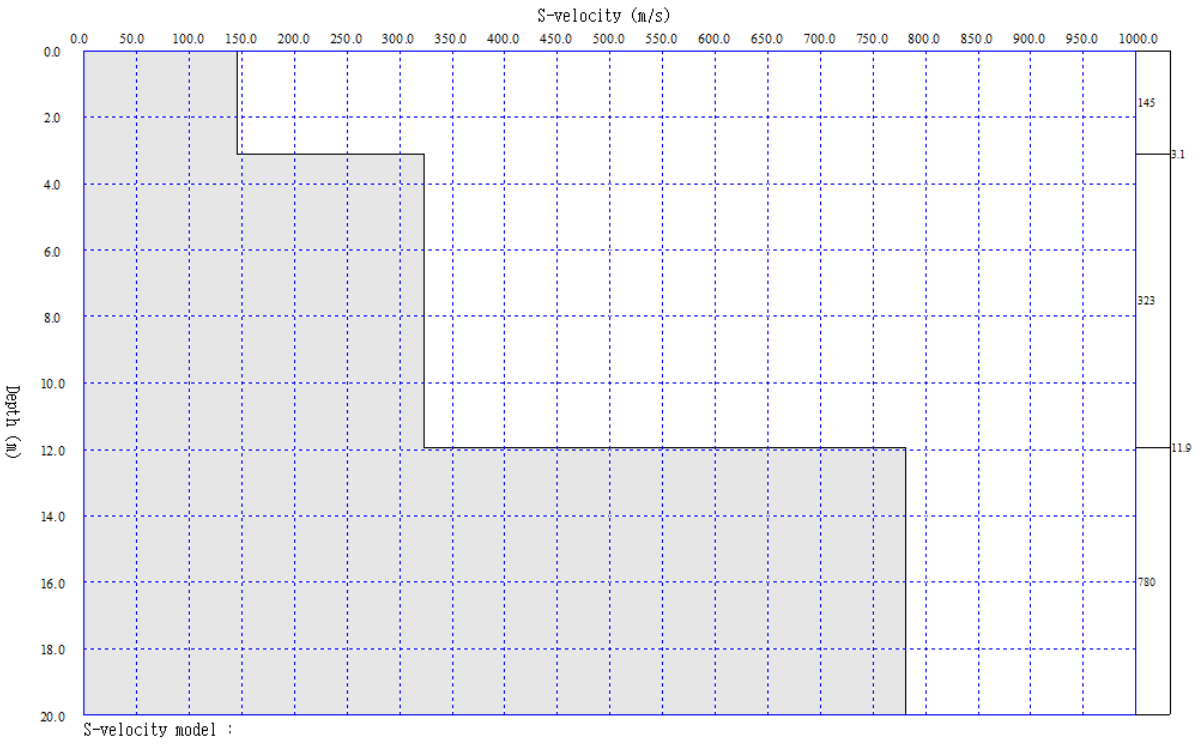
أظهرت موديلات السرعة القصية مع العمق وجود ثلاث طبقات، تمتلك الطبقة الأولى سرعة قصية تتراوح بين (127 م/ثا–192 م/ثا)، وتمتلك الطبقة الثانية سرعة قصية تتراوح بين (351 م/ثا–293 م/ثا) أما الطبقة الثالثة فتتراوح سرعتها القصية بين (595 م/ثا–920 م/ثا). الأشكال (6،7،8).



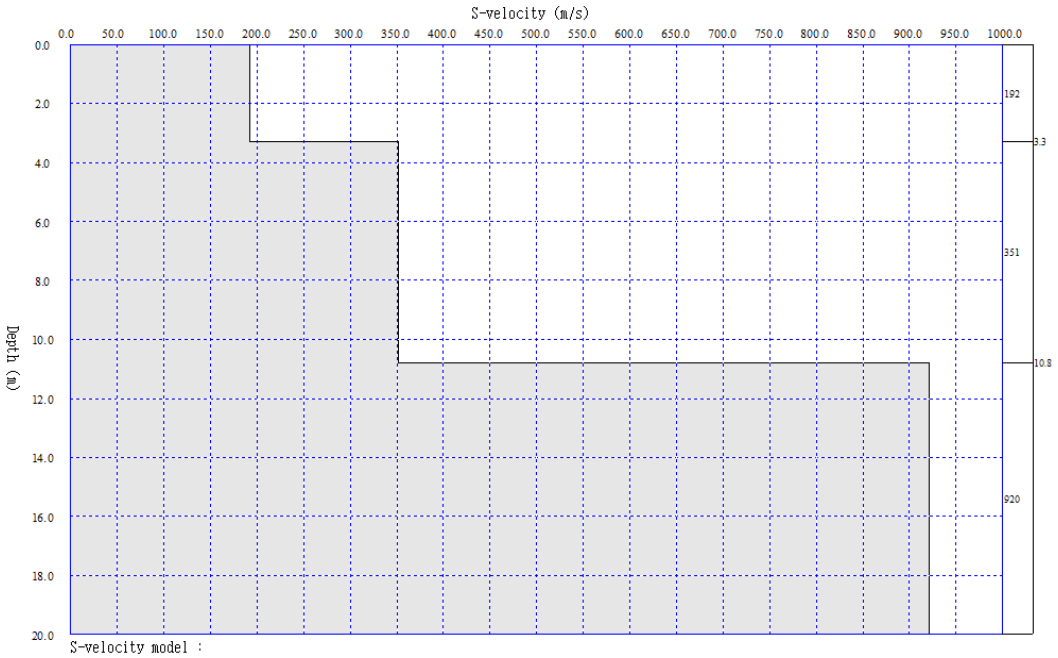
الشكل 5: يظهر منحني التشتت (Dispersion Curve).



الشكل 6: يمثل مقطع أحادي البعد للسرعة القصية مع العمق للمسار الأول.



الشكل 7: يمثل مقطع أحادي البعد للسرعة القصية مع العمق للمسار الثاني.



الشكل 8 :يمثل مقطع أحادي البعد للسرعة القصية مع العمق للمسار الثالث.

حساب قيم الكثافة

تم حساب قيمة الكثافة (ρ) للطبقات بطريقة المخروط الرملي (sand cone)، وتتلخص هذه الطريقة بعمل حفرة دائرية الشكل بقطر حلقة الجهاز، وبمقدار (20 سم)، وتم وزن كمية التربة المستخرجة منها بميزان الكتروني، ثم تم ملء الحفرة برمل معلوم الكثافة والوزن، ومن خلال معادلات رياضية بسيطة تُحسَب الكثافة الحقلية لكل طبقة.

التقييم الجيوتكنيكي

ان عملية التقييم الجيوتكنيكي للمواقع لها أهمية كبيرة جدا في الأعمال الهندسية المدنية، لذلك تم حساب الخصائص الجيوتكنيكية بالاعتماد على قيم سرعات الموجات الزلزالية (V_P) و(V_S) وقيم الكثافة المقاسة حقليا كما موضح بالجداول (1) و(2).

1- نسبة بويزن (σ) Poisson's Ratio:

تُعَد هذه النسبة عاملا مهما في الأعمال الهندسية، اذ يتم حسابها أكثر من غيرها، وقد تراوحت قيم هذه النسبة بين (0.39 – 0.41) للطبقة الأولى، وبين (0.38 – 0.40) للطبقة الثانية، أما الطبقة الثالثة

فتتراوح بين (0.32 – 0.35)، ويدل انخفاض قيمة هذه النسبة على زيادة الصلابة، إذ ان العلاقة بين السرعة القصية ونسبة بويزن (σ) هي علاقة عكسية.

2- معامل يونك Young's Modulus (E):

يعد من المعاملات المهمة؛ وذلك بسبب علاقته مع المعاملات الأخرى، فتزداد قيمة هذا المعامل بزيادة سرعة الموجات الزلزالية وصلابة الصخور، إذ بلغت أقل قيمة لمعامل يونك عند الطبقة الأولى، وهي بمعدل (97.79) ميغا باسكال، بينما كانت القيمة العليا لهذا المعامل عند الطبقة الثالثة، وهي بمعدل (2897.67) ميغا باسكال. إذ إن العلاقة بين السرعة القصية ومعامل يونك هي علاقة طردية.

3- المعامل الحجمي Bulk Modulus (K) :

تم حساب هذا المعامل من خلال علاقته مع معامل يونك ونسبة بويزن، وقد بلغت قيمة معدل هذا المعامل للطبقة الأولى (177) ميغا باسكال، وللطبقة الثانية (754.38) ميغا باسكال، أما الطبقة الثالثة فبلغت (2896.9) ميغا باسكال.

4- معامل القص أو الصلابة Rigidity or Shear Modulus (μ)

يعد من المعاملات المهمة من الناحية الهندسية، إذ تزداد قيمة هذا المعامل بزيادة العمق وزيادة سرعة الموجات الزلزالية، فقد كانت أقل قيمة عند الطبقة الأولى بمعدل (34.75) ميغا باسكال، وأعلى قيمة عند الطبقة الثالثة بمعدل (1087.76) ميغا باسكال

5.- ثابت لامي Lame's Constant (λ):

يمثل هذا المعامل مقياسا لمقاومة الوسط المتجانس، إذ بلغت قيمة معدل هذا المعامل للطبقة الأولى (153) ميغا باسكال، وللطبقة الثانية (642.8) ميغا باسكال، وللطبقة الثالثة (2171.88) ميغا باسكال.

6_معامل المادة Material Index (V):

يعد من المعاملات الجيوتكنيكية المهمة، ويمثل درجة كفاءة المواد، إذ تستخدم قيمة هذا المعامل لتحديد نوعية المواد وجودتها، ويتأثر هذا المعامل بعدة عوامل: منها درجة الانضمام، تركيب المادة، وجود أو عدم وجود الماء في الفراغات والشقوق، الكسور. فزيادة قيمة هذا المعامل مع العمق يدل على زيادة صلابة التربة وتراوحت قيمة هذا المعامل ما بين (0.56-) عند الطبقة الأولى الى (0.29-) عند الطبقة الثالثة.

7_ معامل نسبة الاجهاد او الضغط Stress Ratio (Si)

يمثل هذا المعامل أحد المعاملات الجيوتكنيكية المهمة من الناحية الهندسية، وأشار (Bowle ,1982) الى ان قيمة هذا المعامل تكون عالية في الترب الناعمة، وتقل قيمته بزيادة الضغط أو الصلابة وبيّن El-Abd Rahman(1991) ان هناك علاقة تربط بين سرعة الموجات الطولية والقصية، وأظهرت قيمة هذا المعامل انخفاضا عند الطبقة الأولى، وارتفاعا عند الطبقة الثالثة، إذ بلغت قيمته للطبقة الأولى (0.64_0.7) وللطبقة الثانية (0.63_0.67) بينما الطبقة الثالثة (0.55_0.48).

الاستنتاجات Conclusions

1- أظهرت طريقة المسح الزلزالي الانكساري التصويري (SRT) Seismic Refraction Tomography نتائج جيدة جدا في تحديد وضعية الطبقات تحت السطحية، وتم الحصول على مقاطع تصويرية زلزالية وعميقة ثنائية البعد لخطوط المسح في منطقة الدراسة .

2- أظهرت تقنية التحليل متعدد القنوات للموجات السطحية (MASW) Multi-channel Analysis of Surface Waves مقاطع أحادية البعد تمثل السرعة القصية مع العمق ولغاية (20م) لثلاثة مسارات في منطقة الدراسة وأظهرت موديلات السرعة القصية مع العمق وجود ثلاث طبقات.

3- تميزت قيم نسبة بويزن (σ) ونسبة الإجهاد (S_i) بانخفاضها عند الطبقة الأولى وارتفاعها نسبيا عند الطبقة الثالثة، اما قيم معامل يونك (E) وثابت لامي (λ) ومعامل القص (μ) والمعامل الحجمي (K) ومعامل المادة (V) بارتفاع قيمها عند الطبقة الأولى وانخفاضها تدريجيا عند الطبقة الثالثة جدول رقم (3) وأظهرت هذه القيم بأن الطبقة الثالثة تمتلك مواصفات جيوتكنيكية أفضل من الطبقات التي تعلوها وبذلك تكون مناسبة لإقامة المشروع الهندسي عليها.

12

الجدول 1: المعادلات المستخدمة في حساب معاملات المرونة.

Elastic Module	**Used Formula**	**Reference**
Poisson's Ratio (δ)	$\sigma = \frac{1}{2}\left[1-\frac{1}{(V_p/V_s)^2-1}\right]$ $\sigma = \frac{1}{2}\left[1-\frac{1}{\left(\frac{Vs}{Vp}\right)^2-1}\right]$	Adams (1951), Salem (1990)
Young's Modulus (E)	$E = \rho\left[\frac{3Vp^2-4Vs^2}{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2-1}\right]$ $E = \rho\left[\frac{3Vp^2-4Vs^2}{\left(\frac{Vs}{Vp}\right)^2-1}\right]$	Adams (1951)
Bulk modulus (K)	$K = \frac{E}{3(1-2\sigma)}$	K. Knödel,et al., (2007)
Shear Modulus (μ)	$\mu = \left[\frac{E}{2(1+\sigma)}\right]$	King (1966), Toksoz *et al.*, (1976)
Lame's Constants (λ)	$\lambda = \frac{\sigma E}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}$	King (1966), Toksoz *et al.*, (1976)

الجدول 2: المعادلات المستخدمة في حساب المعاملات الجيوتكنيكية.

Index Material (V)	$V = \frac{3-(V_p/V_s)^2}{(V_p/V_s)^2-1}$	Abd El-Rahman *et al*., (1994)
Stress Ratio (S_i)	$S_i = 1-2\left(V_s/V_p\right)^2$	Abd El-Rahman, (1991)

الجدول 3: يوضح معاملات المرونة والمعاملات الجيوتكنيكية التي تم حسابها.

V_p m/s	Vs m/s	ρ gm/cc	σ	E (Mpa)	K (Mpa)	μ (Mpa)	λ (Mpa)	V	Si
الطبقة الاولى									
300	127	1.27	0.39	56.98	86.99	20.48	73.33	-0.56	0.64
500	192	1.33	0.41	138.6	267.13	49	234.44	-0.65	0.70
الطبقة الثانية									
680	293	1.56	0.38	371.24	542.78	133.92	453.49	-0.54	0.63
870	351	1.63	0.40	563.41	965.99	200.82	832.11	-0.61	0.67
الطبقة الثالثة									
1250	595	1.77	0.35	1696.3	1930	626.62	1512.38	-0.41	0.55
1800	920	1.83	0.32	4099	3863.98	1548.91	2831.38	-0.29	0.48

المصادر العربية

الخفاجي، عمار جاسم محمد، 2015. المسح الزلزالي البئري والجيوتكنيكي لتربة موقع فندق الخيام محافظة كربلاء. مجلة كلية العلوم الصرفة والتطبيقية، جامعة بابل، المجلد 23، العدد 1، ص301 – 287.

الهيتي، أحمد جدوع رضا، 2014. مسح زلزالي انكساري لموقع مشروع المستشفى التعليمي في جامعة الموصل. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل، 125 صفحة.

المصادر الاجنبية

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, Ain Shams University, Egypt, Vol. 5, pp. 181 - 187.

Abdel-Rahman, M., Helal, A.N.M.A., Mohamed, H.C. and Al-Malqi, I., 1994. Exploration Seismic for Site evaluation of the new city of El-Minya, Egypt-E.G.S. proc. of the 12th Ann. Meet. pp. 59 - 74.

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.

Azwin, I.N., Saad, R. and Nor Diana, M., 2013 . Applying the Seismic Refraction Tomography for Site Characterization, APCBEE Procedia 5, January 19 - 20, Dubai, UAE, pp. 227 - 231.

Bellen, R., Dunnington, H., Wetzel, R. and Morton, D., 1959. Lexique Statigraphique International, Vol.3, Iraq, Asia, 10a, 333 p.

Bowles, J.E., 1982. Foundation Analysis and Design, 2nd Ed. McGraw-Hill International Book Company, London, 587 p.

Hamzah, U. and Samsudin, A., 2006 . 2D Seismic Refraction Tomography Survey on Met sediment at a Proposed Development Site in Dengkil, Selangor, Geological Society of Malaysia Bulletin, 52, pp. 1 - 6.

Jassim S. Z. And Goff J.C. 2006 . Geology of Iraq. 1st Edition Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, Czech Republic, 408 p.

King, T.V.V., 1966 . Mapping Organic Contamination by Detection of Clay-Organic Processes, Proceeding Association of Ground Water Scientists and Engineers (AGWSE) / National Water Well Association (NWWA)/API.

Khorshid, S.Z., Al-Awsi, M. and AL-Banna, A., 2014. Geotechnical Evaluation to the Soil of Tikrit University Using Seismic Refraction Method, Diyala Journal Pure Sciences,10, 17 p.

Knödel, K., Lang, G. and Voigt, H.J., 2007 . Environmental Geology, Handbook of Field Methods and Case Studies, Hannover Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Springer Books, 1357 p.

Park, C.B., Miller, R.D. and Xia, J., 1999 . Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, Vol. 64, No.3, pp. 800 - 808.

Park, C.B. Miller, R.D. Xia, J. Ivanov, J., 2007 . Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)-Active and Passive Methods, The Leading Edg, pp. 60 - 64.

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, 200 p.

Sissakian, V.K., 1992. The Geology of Kirkuk Quadrangle, sheet NI - 38 - 2, scale 1: 250 000. GEOSURV, Baghdad, Iraq .

Shaker, A. M., 2012. Geophysical and Geotechnical Study of a Proposed Tunnel Site at Al-Najaf City, Southern Iraq. Unpublished Ph.D. thesis, Collage of Science, Baghdad University, 108 p.

Toksoz, M.N., Cheng, C.H. and Timur, A., 1976. Velocities of Seismic Waves - Porous Rocks , Geophysics ,Vol. 41, pp. 621 - 645.