

## اختبارات ميدانية لمنظومة توليد والتقاط الموجات الزلزالية القصية لغرض استخدامها للأغراض الهندسية

مهنا متعب احمد

قسم علوم الارض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق.

[muhanamiteab@gmail.com](mailto:muhanamiteab@gmail.com)

### الملخص

اجريت عدة اختبارات حقلية للأجهزة الجيوفيزيائية التي تم تصميمها وتصنيعها وتحويلها لكي يتم توليد والتقاط الموجات الزلزالية المستعرضة لقد شملت هذه الاجهزة كل من جهاز توليد الموجة المستعرضة المصنع محليا والذي يسمى "wooden plank" horizontal traction source واللاقط المحور افقيا من اللاقط الاعتيادية لاستخدامها في التقاط الموجه المولدة. اختبرت منطقة ملائمة في التويثة \_ جنوب شرق بغداد لأجراء الاختبارات وكانت النتائج مشجعة حيث تم الحصول على موجة زلزالية قصية افقية وعمودية اضافة الى الاولية SH,SV, P-WAVE التي يمكن الاستفادة منها في اشتقاق العوامل التصميمية لأي منشأ يراد اقامته بعد اجراء دراسات اختيار الموقع له.

**الكلمات الدالة:** اللاقط، موجة زلزالية قصية، نسق اشعاعي، مطرقة، سرع زلزالية، سعة الموجة، الاتجاهية، القطبية.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.1.10>



# Field Tests for Generating Source System and Picking the Seismic Shear Waves to Meet the Engineering Purposes Requirements.

Muhana M. Ahmed

Department of Applied Geology, College of Science, Tikrit University, Tikrit, Iraq.

[muhanamiteab@gmail.com](mailto:muhanamiteab@gmail.com)

## Abstract

Many seismic field tests were carried for the designed and modified seismic apparatuses using to generate seismic shear waves. These apparatus includes: "wooden plank" horizontal traction shear wave source, and a modified geophone for picking the SH-Wave generated by the above source. A twetha site (SE Baghdad) was chosen to carry out the field tests and the results of seismic horizontal & vertical shear waves (SH & SV - waves ) besides the p-wave were encouraged, which can be used for deriving the designed and elastic parameters of any site selection projects.

**Keywords:** geophone, seismic shear wave, radiation pattern, sledgehammer, wave velocity, wave amplitude, directivity, polarity.

**DOI:** <http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.1.10>

## 1. المقدمة:

تستخدم التقنيات الجيوفيزيائية لتحديد الصفات والخواص الديناميكية الموقعية للصخور والتربة، لذا فان التحري عن السرعة للموجات الزلزالية يعطي الانطباع والقيم للمواد الموجودة في الطبيعة (كالحقل مثلا ) والتي تكون مماثلة الى تلك القيم التي يطلبها مهندس الاسس عندما يريد ان يقيم منشأ معين. ان قياس سرعة الموجات الزلزالية بنوعها الطولية (VP) والمستعرضة (VS) و استخدام الصفات الفيزيائية الاخرى مثل الكثافة ومعاملات المرونة مثل نسبة بويزن ( Poissons ratio) ومعامل يونك الديناميكي ومعامل القص وغيرها من المعاملات والخصائص الفيزيائية التي يحتاجها مهندس التصاميم والاسس، فأنها تستخدم في حساب معاملات المرونة الديناميكية للترسبات القريبة من السطح لتبيان مدى ملائمتها للأسس في بناء المشاريع الاستراتيجية والصناعية . يتم توليد الموجات الزلزالية الطولية (p-waves) بطرق تقليدية وشائعة بعكس الموجات الزلزالية المستعرضة (s-waves) التي يتم توليدها بطرق مختلفة نوعا ما، وذلك لدخولها حديثا في استخدامات التحريات الهندسية. كذلك توليد الموجات الزلزالية المستعرضة يتطلب وجود مصدر مولد لها فيه خاصية الاتجاهية والحساسية لمثل هذه الموجات.

من مبادئ الزلزالية الهندسية هو توليد موجات زلزالية ذات حركة لجزيئاتها تختلف باختلاف نوع الموجة والمصدر المولد لها، وعلى هذا الاساس توجد ثلاثة انواع من الموجات الزلزالية الطولية والمستعرضة والسطحية، الموجات الزلزالية المستعرضة تستلم بعد الموجات الزلزالية الطولية بفعل حركة جزيئاتها التي تكون عمودية على مسار الموجة والتي تكون اقل منها سرعة والتي يمكن التعرف عليها في السجل الزلزالي بفضل خاصية الاتجاهية وتردد الموجة الذي يكون مختلفاً عن الذي موجود في الموجة الاولية. تقنية استلام الموجات الزلزالية يتطلب وجود اجهزة استلام (لاقط) ملائمة لكل نوع من هذه الموجات [1]. قياس الموجات الزلزالية المستعرضة يتطلب لاقطات افقية ذات ملف مغناطيسي افقي يوضع باتجاه عمودي على المسار الذي يجري القياس عليه ويكون موازي او عمودي على اتجاه المصدر المولد لهذه الموجات ليتم استلام موجات زلزالية مستعرضة افقية (SH-waves) او موجات مستعرضة عمودية (SV-waves) على التوالي.

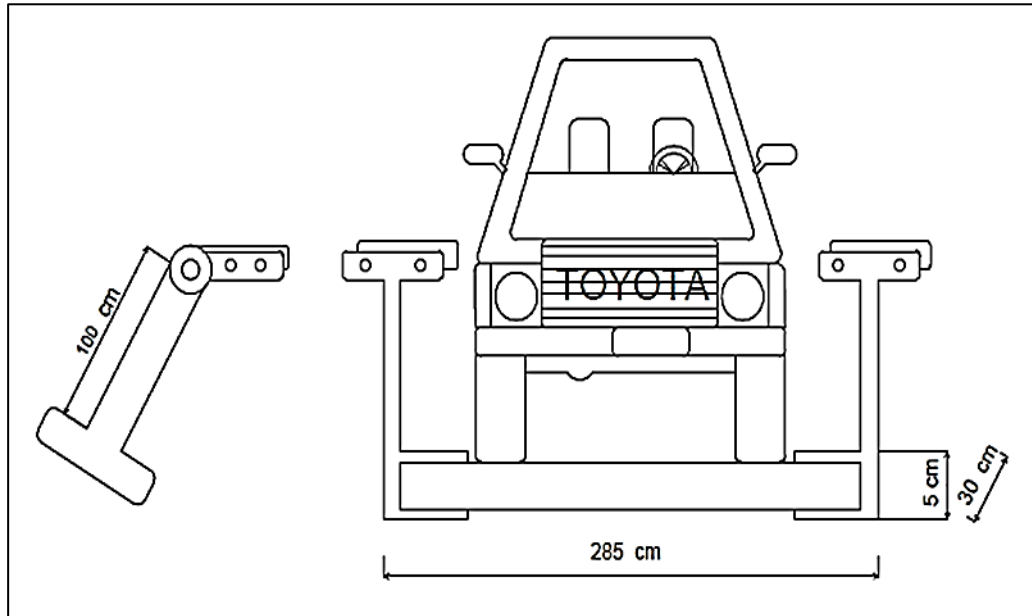
الهدف من هذا البحث هو اجراء اختبارات ميدانية للاقطات الافقية التي تم تحويلها من اللاقطات العمودية [2] وكذلك للمصدر المولد لهذه الموجات الذي تم تصنيعه لهذا الغرض [3]، لمعرفة مدى صلاحية هذه اللاقطات والمصدر المولد للموجات القصية للعمل الحقل في توليد واستلام الموجات الزلزالية المستعرضة واستخدامها للأغراض الهندسية المختلفة.

## 2. الدراسات السابقة:

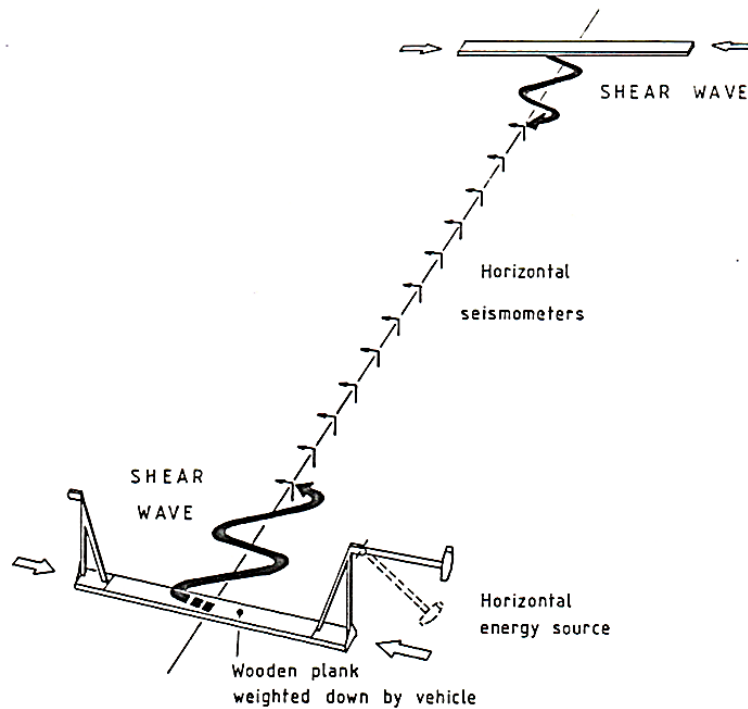
الدراسة الحالية هي لاستكمال عمل منظومة توليد واستلام الموجات الزلزالية المستعرضة لأجراء الاختبارات الميدانية عليها وبيان مدى كفاءتها وملائمتها للأعمال الجيوفيزيائية الحقلية في دراسة اختيار موقع أي مشروع صناعي او استراتيجي يراد اقامته. فقد اجريت دراسة لتصميم وتصنيع مصدر مولد للموجات الزلزالية المستعرضة [3]. وكذلك اجريت دراسة لتحويل اللاقطة العمودية الملف المصممة لاستلام الموجات الزلزالية الاولى P-wave الى لاقطة افقية الملف لاستلام الموجات الزلزالية القصية S-wave عن طريق تدوير الملف المغناطيسي العمودي الحركة الى وضعية الافقية الحركة، بعد ان تم تحديد المواصفات الفنية للاقطات الافقية واجراء الاختبار عليها [2].

ان هذا البحث استعان بالدراسات السابقة التي استخدمت تقنيات المسح الزلزالي الانكساري في قياس والتقاط الموجة الزلزالية المستعرضة والحصول على السرعة الزلزالية لكلا الموجات المستعرضة الافقية (SH-wave) والعمودية (wave SV-) في المسوحات على السطح (on surface) وفي المسوحات تحت سطح الارض (downhole survey) للترسبات القريبة من السطح [1,4,5]. حيث استخدم المصدر المولد للموجات القصية في هذه الدراسة والمذكور في المصدر [3] واللاقطة لتسجيل هذه الموجة والمذكور في المصدر [2]، واجري العمل والطريقة كما في الاشكال 1 و 2 حيث يوضع المصدر المولد على الارض وتوضع مقدمة السيارة على اللوحة الافقية كمثل لكي يكون التماس قوي مع الارض (coupling) وباستخدام المطرقة التي تدور حول المسند الجانبي للمصدر، واللاقطة المستعملة تكون ذات ملفات افقية وتزرع في الارض بحيث يكون محور الملف عمودي باستمرار على اتجاه الخط الزلزالي وذلك عند تسجيل والتقاط الموجة المستعرضة الافقية (SH-wave). اما اذا وضع محور الملف مع اتجاه الخط الزلزالي فانه يتم التقاط الموجات المستعرضة العمودية فقط (SV-wave) ومع كمية من الموجات الطولية لان سقوط الموجة SV على الحد الفاصل تعطي SV و P المنكسرة والمنعكسة لذا فان تسجيلها يكون معقد ويصعب الفصل بينهما ، اما اذا سقطت الموجة SH على الحد الفاصل فأنها تعطي SH المنكسرة و المنعكسة [6] وللتأكد من ان هذه الموجة هي SH تضرب المطرقة من الجهة الثانية فنلاحظ في هذه الحالة تغيرا في الطور ب (180) درجة، وعادة يتم جمع اكثر من ضربة لتقوية الاشارة (Stacking). ان قياس سرعة الموجة المستعرضة والموجة الطولية يعطينا اسهل الطرق لفهم وتوضيح الصفات الديناميكية المرنة للوسط الذي تسير فيه هذه الموجات، اضافة الى انه يتطلب توفر مصدر مولد للموجات المستعرضة يكون غني

بهذه الموجات القصية وان عملية تشخيصها بالسجل الزلزالي تكون سهلة اعتمادا على خاصية القطبية التي تمتاز بها الموجة القصية [6-13].



الشكل 1: شكل تخطيطي يمثل أسلوب استخدام المصدر وطريقة العمل الحقلي.



الشكل 2: ترتيب المصدر والمستلم في عملية قياس الموجات الزلزالية القصية في الحقل.

### 3. الاجهزة المستخدمة:

استخدمت الاجهزة ادناها في العمل الحقلي والتي تشمل:

1. جهاز المسح الزلزالي الانكساري ABEM Terraloc multichannel seismograph MK3 . الذي كان

متوفرا في وزارة العلوم والتكنولوجيا انذاك.

2. مصدر مولد للموجات الزلزالية المستعرضة مصنع محليا source horizontal traction wooden plank

وملحقاته التي تشمل المطرقة والتي تزن 10 كغم والمساند على جانبي القطعة الخشبية التي توضع على سطح

الارض واستخدام العجلات الامامية للسيارة عليها لتعطي اتصال جيد مع سطح الارض coupling لتوضيح

الاشارة الزلزالية المستلمة الشكل 1.

3. لاقطات لاستلام الموجات الزلزالية الطولية والمستعرضة.

اللاقطه الزلزالية ذات الملف المتحرك القياسي مسؤولة عن النتائج الجيدة عندما تكون في مدى ترددي من (1-

100) هيرتز. ان معظم اللاقطات التجارية المستخدمة في استلام الموجات الزلزالية الانكسارية هي ذات ذبذبات ترددية

بين (4-15) هيرتز، واللاقطات للموجات المستعرضة هي في الغالب ذات ذبذبات ترددية بين (8-10) هيرتز.

### 4. طريقة العمل والقياس الحقلي:

بعد ان تم تهيئة منظومة العمل بصورة كامله لتشمل جهاز المسح الزلزالي الانكساري وملحقاته والمصدر المولد

للموجات الزلزالية الاولية والثانوية واجهزة الاستلام لأنواع الموجة الزلزالية، تم اختيار منطقة المسح الحقلي في منطقة

التويثة \_جسر دياالى / جنوب شرق بغداد لسهولة الوصول اليها لتمييزها بانبساط الارض وهدوئها. تم تحديد المسار الزلزالي

ونشر اللاقطات بمسافات بينية 10 متر و الشكل 2 يوضح المصدر وطريقة العمل في توليد الموجات الزلزالية المستعرضة

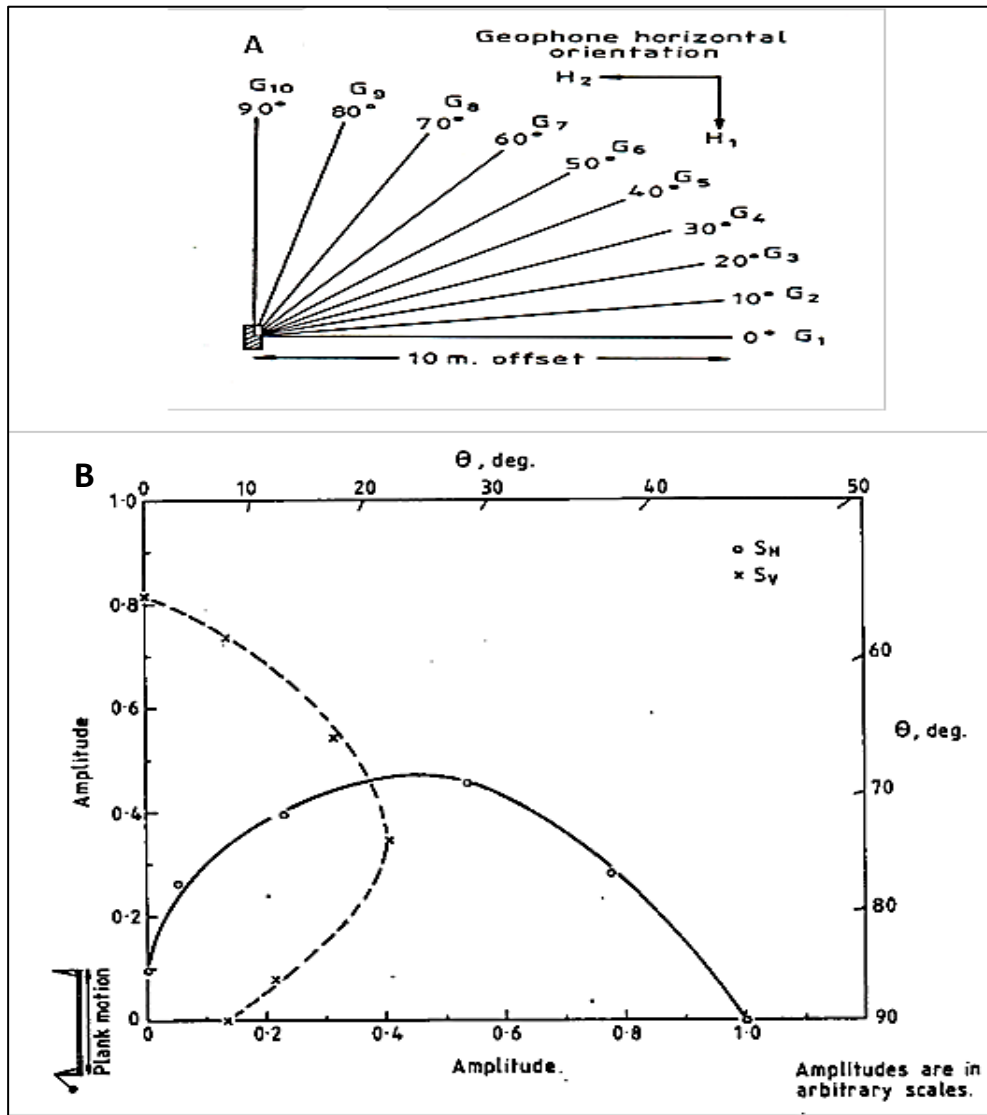
وكيفية استلامها بعد الطرق بالمطرقة الحديدية على جانبي المساند الحديدية المثبتة في نهاية القطعة الخشبية ولتوضيح

مبدأ الانقلابية في طور الموجة الزلزالية المستعرضة المستلمة والذي يعتبر ميزة اساسية من مميزات الموجة المستعرضة

[13].

ولأجل الحصول على موجات واضحة ومتميزة يجب ان يكون التماس جيد بين المصدر المولد لها و سطح الارض (coupling) عن طريق تسليط ثقل على المصدر وفي هذه الحالة يمكن استخدام مقدمة السيارة والعجلات الامامية لتحقيق التوصيل المطلوب والحصول على الموجات المطلوبة.

ولأجل اختيار كفاءة اللاقطات الافقية ايضا اجريت مسوحات لتبيان النسق الاشعاعي (Radiation Pattern) لكل من المصدر واللاقطات عن طريق توزيع ونشر اللاقطات الافقية على شكل زاوية قائمة (ربع دائرة ) من المصدر. وزرع اللاقطات بنفس اتجاه المصدر الشكل 3.



الشكل 3: A: الشكل التخطيطي الهندسي لتجربة النسق الاشعاعي السطحي للمصدر المولد الزلزالية المستعرضة.

B: نتائج سعة الموجة من تجربة النسق الاشعاعي السطحي لمصدر الموجات الزلزالية المستعرضة.

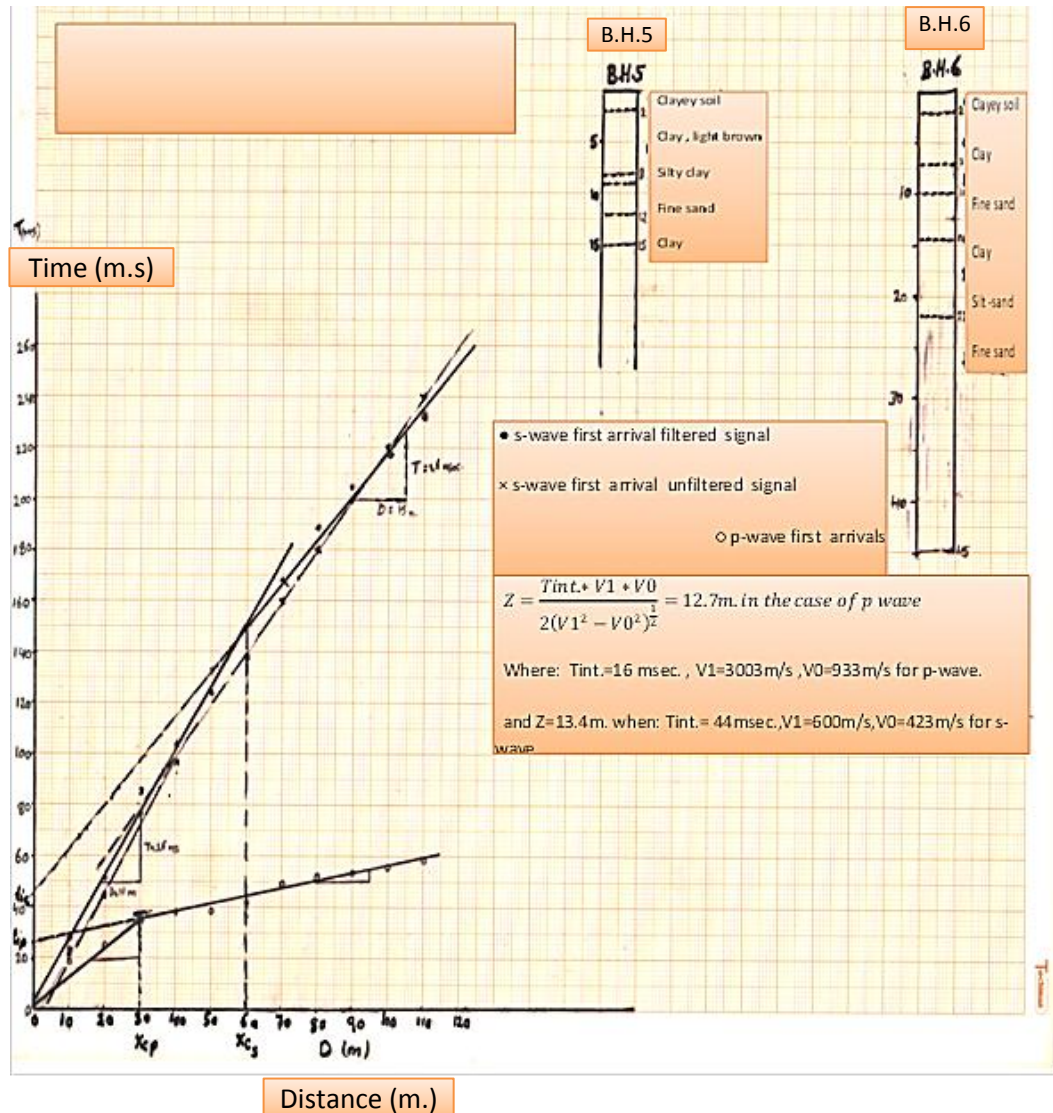


سجلت النتائج وتمت مناقشتها وكانت نتائج مشجعة تؤكد كفاءة المنظومة في توليد واستلام الموجات الزلزالية

المستعرضة بصورة خاصة (الافقية والعمودية).

## 5. النتائج والمناقشة:

من خلال اجراء الاعمال الحقلية على المسار الزلزالي واستلام الموجات الزلزالية الطولية والمستعرضة والحصول على تسجيل زلزالي، ألتقطت ازمان وصول الموجات الطولية والمستعرضة ولكل لاقطة ومن ثم رسم منحنى المسافة الزمن (Time-Distance curve) وايجاد السرعة للموجات الشكل 4 لاستخدامها في ايجاد عمق الطبقات الصخرية تحت سطح الارض.



الشكل 4: T\_D Curve يوضح المسح الزلزالي الانكساري ومقارنتها مع الابار القريبة.



من خلال منحني (المسافة\_الزمن) الذي يشير الى وجود طبقتين مختلفتين في السرعة، وان كانت متقاربة نسبيا بالنسبة الى الطبقتين ذات السرعة  $V_1, V_0$  للسرعة القصية والتي يمكن اعتبارها طبقة واحدة. استخدمت طريقتي، المسافة الحرجة ( $X_c$ ) وزمن القطع ( $T_{int}$ ) في التفسير وايجاد اعماق هذه الطبقات وكما يلي:

$$Z = \frac{T_{int} * V_0 V_1}{2 (V_1^2 - V_0^2)^{1/2}} \quad (1)$$

$$Z = \frac{X_c}{2} \left( \frac{V_1 - V_0}{V_1 + V_0} \right)^{1/2} \quad (2)$$

حيث ان :

$T_{int}$  = السرعة الزلزالية للطبقة الاولى  $V_0 = m \text{ ms}^{-1}$  ، المسافة الحرجة من الرسم  $X_c$  ، زمن القطع من الرسم

عمق الطبقة  $Z = m$  ، السرعة الزلزالية للطبقة الثانية  $V_1 = m \text{ ms}^{-1}$

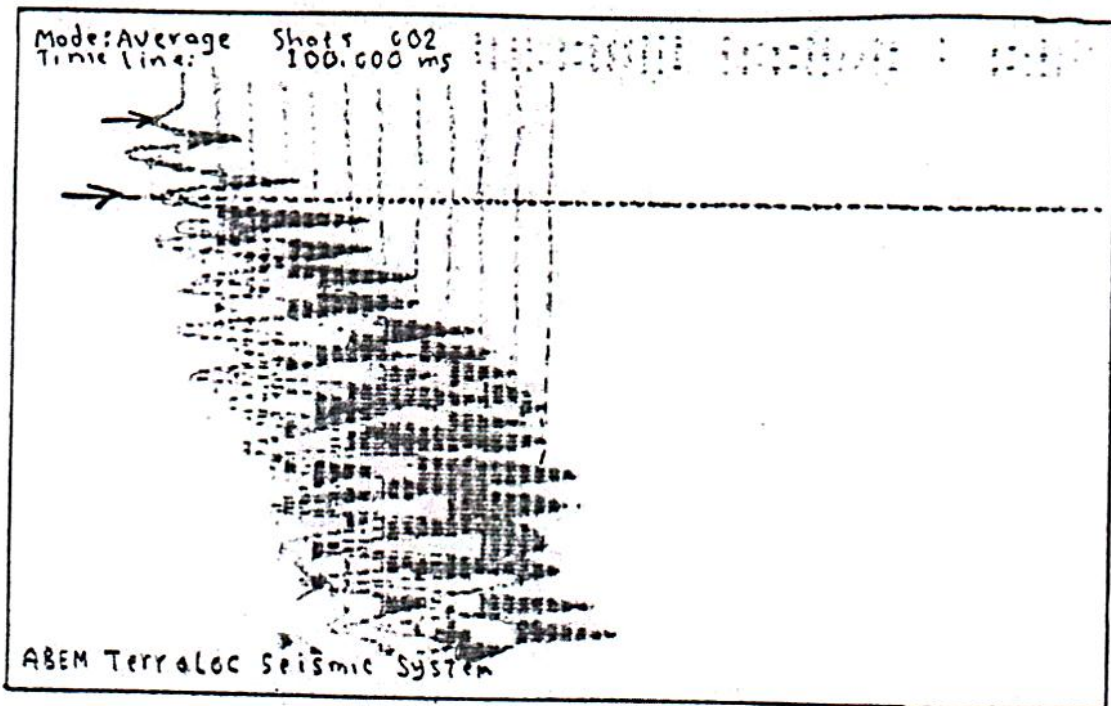
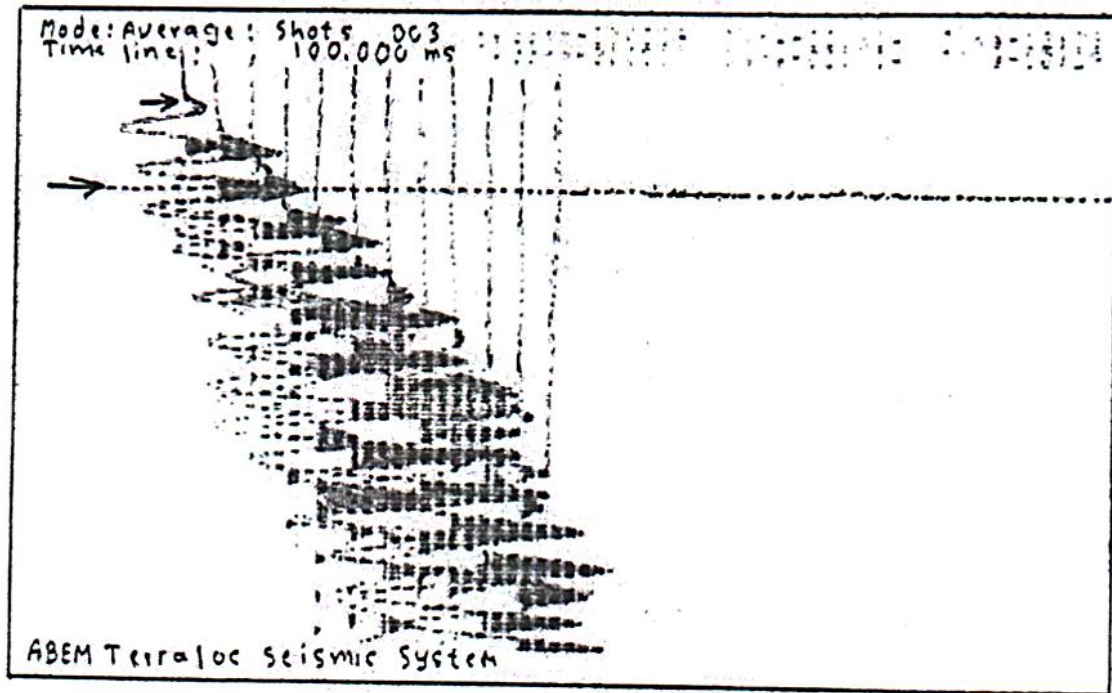
نتائج التفسير لكلا الموجتين كما مبين ادناه :

P – wave			S – wave4		
$V_0(m \text{ ms}^{-1})$	$V_1(m \text{ ms}^{-1})$	$Z(m.)$	$V_0(m \text{ ms}^{-1})$	$V_1(m \text{ ms}^{-1})$	$Z(m.)$
900	3000	10( $X_c$ ) 13( $T_i$ )	425	600	0.5( $X_c$ ) 13.4( $T_{int}$ )

اجريت مقارنه لهذه النتائج مع الابار المحفورة بالقرب من هذه المنطقة في نفس موقع العمل (B.H.5, B.H.6)

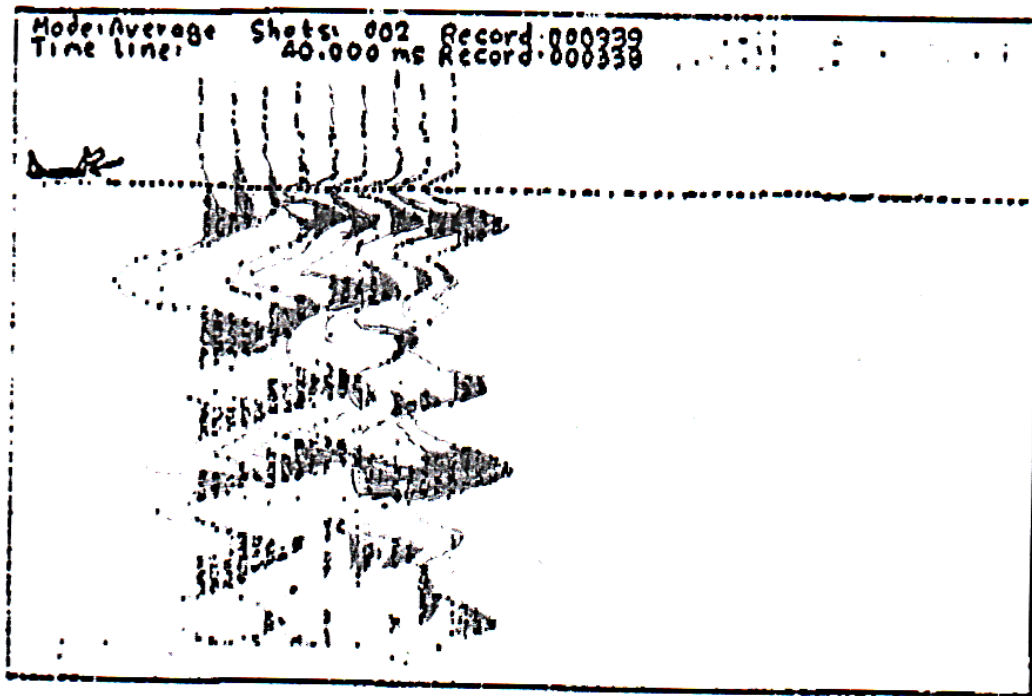
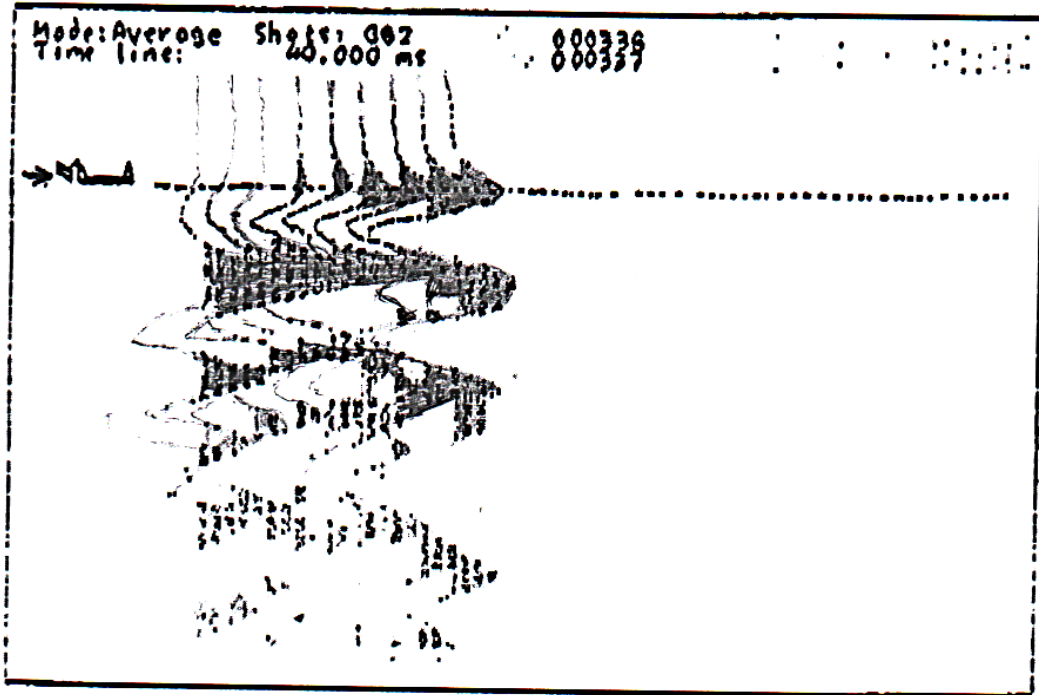
وكانت النتائج مقاربه للطبقات الرئيسية في هذه الابار من ناحية الاعماق الشكل 4.

الموجة الزلزالية المستعرضة هي من نوع SH-Wave (المستعرضة الافقية) التي تستلمها اللاقطة عندما تكون قاعدتها الافقية (أي اتجاه الملف المغناطيسي الافقي) موازيه الى اتجاه المصدر والذي يكون عمودي على اتجاه المسار الزلزالي حيث كانت واضحة ومتميزة في هذه التجربة واتسمت بالاتجاهية الواضحة (Directivity) للمصدر وعندما نحصل على الموجة المستعرضة (SH) تكون موجبة القطبية (+Ve) في الطرق في اتجاه معين وتكون الموجة سالبة القطبية (-Ve) في الاتجاه المعاكس الاشكال 5 و 6 وهذه الانقلابية القطبية هي من اهم مميزات وخصائص الموجة المستعرضة وهي واضحة في هذه التجربة.



الشكل 5: تسجيل الموجات الزلزالية المستعرضة من المسح الزلزالي الانكساري يوضح الانقلابية المستعرضة

بالاتجاهين  $180^\circ$ .



الشكل 6: تسجيل سعة الزلزالية المستعرضة من تجربة النسق الاشعاعي السطحي في الاتجاهين  $180^\circ$ .

ان نتائج تجربة النسق الاشعاعي السطحي للمصدر المولد للموجات المستعرضة وكفاءة استلامها بواسطة اللاقطة الافقية المحورة اثبتت هي الاخرى كفاءة كل من المصدر المولد واللاقطة الافقية المحورة من خلال سعة الموجه Amplitude وعلاقتها باتجاه المصدر واللاقطة الشكل 3A.

وتبين ان سعة الموجة (SH) تكون في اقصى حجمها عندما يكون محور اللاقطة الافقية موازي لاتجاه المصدر المولد (أي بمعنى اخر عندما يكون عمودي على المسار الواصل بين اللاقطة والمصدر المولد). اما في حالة الموجة (SV) تكون سعة الموجة في ادنى حجم بالاتجاه المعاكس (أي عندما يكون محور اللاقطة في اتجاه المسار) وكذلك محور اللاقطة الافقية بنفس اتجاه المصدر المولد أيضا وهذه الحالة تعطي الموجة الزلزالية المستعرضة العمودية نوع (SV).

ان اختلاف سعة الموجة مع زاوية استلام الموجة قد تم تفسيره بطريقة كمية عن طريق قياس السعة باختيار قمة الموجة المستعرضة (SH) وكما هو واضح من النتائج في الشكل 3B. النتائج اعلاه تشير الى كفاءة اجهزة توليد واستلام الموجات الزلزالية المستعرضة ويمكن الاعتماد عليها واستخدامها في المسح الزلزالي الانكساري.

## 6. الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال نتائج الاختبارات الميدانية لمنظومة توليد واستلام وتسجيل الموجات الزلزالية المستعرضة تم استنتاج التالي:

امكانية استخدام هذه المنظومة المتضمنة جهاز المسح الزلزالي الانكساري ABEM MK3 والمصدر المولد horizontal traction source من نوع الخشب wooden plank واللاقطة الافقية المحورة في توليد واستلام الموجات الزلزالية المستعرضة بنوعها الافقية (SH) والعمودية (SV) واجراء المسوحات الزلزالية الانكسارية الاعتيادية او بطريقة النسق الاشعاعي وبيان كفاءة المنظومة من خلال سعة الموجة وحجمها ودرجة تباينها مع زاوية توليدها واستلامها .

توصي الدراسة بأجراء مزيد من الاختبارات للمنظومة في قياس السرعة للموجات المستعرضة وقياسات سعة الموجة من الاعماق باستخدام ابار محفورة وليس الاقتصار على السطح للتأكد من امكانية عمل المنظومة في مختلف الاتجاهات.

- [1] M. M. AL-Azzawi, "*Shear wave propagation characteristics in anisotropic sediments*", PhD. Thesis (unpublished), North Wales University, UK (1986).
- [2] Muhana M. Ahmed, "*The Possibility of Developing Seismic Refraction Waves Devices*" Iraqi Journal of Science and Technology, 8(1), 44 (2017).
- [3] Muhana M. Ahmed, "*Design, manufacture, and test of seismic shear (transverse) waves source for engineering purposes*", Engineering and Technology Journal, 35(1), 140 (2017).
- [4] Davis A. M., "*A technique for the In – situ measurement of shear wave velocity*", ABEM case history Atlas Copco ABEM AB (1977).
- [5] Mooney H. M., "*The handbook of engineering Geophysics Bison instruments*", INC. minnesata U.S.A. (1973).
- [6] Abbiss C. P., "*Shear wave measurement of the elasticity of the ground*", Geotechnique 31(1), 1 (1981).
- [7] Shirley D. J. and Hampton L. D., "*Shear –wave measurements in laboratory sediments*", Journal of Acoustical Society of America, 63(2), 607 (1978).
- [8] Shima E., Yanagisaw M. and Allam A., "*Experimental study on generation and propagation of s-waves*", Bulletin of the Earthquake Research Institute, 46, 517 (1968).
- [9] Hoar R. J. and Stokoe K. H., "*Generation and measurement of shear waves in situ*" . ASTM STP 654, 3 (1978).



- 
- [10] Schwarz S. D. and Conwell F. R. " *A Technique for the in-situ measurement of shear wave velocities (vs) for deep marine foundation*". Offshore Tech. conf. Dallas Texas 75206 (1974).
- [11] Milsom J. " **Field geophysics**", 3<sup>rd</sup> Ed., John Wiley and sons (2003).
- [12] S. Al sinawi, S. khorshid, and F. hamdi, "*Application of compressional and shear wave velocities in solving geotechnical problem associated with gypsiferous sediment in central Iraq*", Iraqi Journal of Science, 13(3), 591 (1990).
- [13] S. Hainies, "*A Hammer – Impact, Aluminum, shear wave seismic source*". U.S. Geological Survey Report 1406, Reston, Virginia (2007).