Design, manufacture and test of seismic shear (transverse) wave's source for engineering purposes.

M.M. Ahmed
Applied Geology Dept., Science College, Tikrit University
E-mail: muhanamit3b@yahoo.com

Received on 17/4/2016 & Accepted on 29/12/2016

Abstract
This research finds touches to the design and manufacture of generating seismic shear (transverse) waves polarized source system. The system consists of a source of surface horizontal movement (horizontal traction source) using a piece of wood (wooden plank). A series of field tests were conducting in order to demonstrate the efficiency of the system and the quality of the generated seismic shear wave. Through the obtained recordings and the quality of the received waves and its directional characteristics, which clearly show the system's success in achieving the aim of this study .In addition to the importance of the shear wave velocities in computing the elastic modulus to be used for engineering purposes of any intended projects.

Key words: shear wave, wooden plank, generating system, horizontal traction source

تصميم وتصنيع واختبار منظومة توليد الموجات الزلزالية المستعرضة (القصية) للأغراض الهندسية

الخلاصة
يتطرق البحث الى تصميم وتصنيع منظومة توليد الموجات الزلزالية المستعرضة (القصية) المستقطبة. تتكون المنظومة من مصدر ذو ازاحة او حركة افقية سطحية (horizontal traction source) باستخدام قطعة خشبية (wooden plank). اجريت سلسلة اختبارات حقلية لبيان مدى كفاءة المنظومة ونوعية الموجات الزلزالية المتولدة. تبين من خلال التسجيلات المتحصلة ونوعية الموجات المستلمة ومميزاتها الاتجاهية نجاح هذه المنظومة في تحقيق الهدف. اضافة الى الاهمية المستوحاة من سرع الموجات القصية في حساب معاملات المرونة واستخدامها في الاغراض الهندسية لأي منشأ يراد إقامته.

كلمات المفتاح: موجة قصية، قطعة خشبية، منظومة توليد، مصدر ذو ازاحة افقية.

1.المقدمة

ان تصميم وتصنيع منظومة لتوليد الموجات الزلزالية المستعرضة المستقطبة يعتبر طموح كبير يخدم اهداف عمل دراسات اختيار المواقع الاستراتيجية والصناعية والذي يعتبر مهم في تكملة عمل جهاز المسح الزلزالي الانكساري (MK3) المهم في الاغراض الهندسية، وعند اكتمال تجميع هذه المنظومة نكون قد استغنينا عن الاستيراد.

ان توليد الموجات القصية (S – wave) لا يتم بالطرق التقليدية المتبعة في الموجات الزلزالية الطولية وذلك لحداثة استخدامها في التحريات الهندسية، الذي يتطلب مصادر توليد للموجات فيها خاصية الاتجاهية الدقيقة والحساسة والتي هي غير موجودة في بقية المصادر التقليدية الاخرى.

ان اختيار منظومة توليد الموجة الزلزالية المستعرضة المستقطبة من نوع الحركة الافقية السطحية (horizontal traction source wooden plank) كما في الشكل رقم (1) هي للحصول على موجة قصية افقية مستقطبة نقية متميزة غير ملوثة بالموجات الاخرى ، اضافة الى امكانية تصنيعها بالمواصفات المطلوبة بسهولة وبكلفة قليلة [2,1] .

هناك عدة انواع من المصادر لتوليد الموجات الزلزالية المستعرضة منشورة ومستعملة في كثير من المصادر منها بالتفجير او الثقل الساقط او الاطلاق الهوائي اضافة الى مصادر سطحية وتحت السطحية [15,13,12,4,2].

ان هدف هذا البحث يتركز اساسا على موضوع توليد الموجات الزلزالية الطولية او المستعرضة (القصية) التي تعتبر من متطلبات اجراء الدراسات الجيوفيزيائية والتحريات الموقعية لأي مشروع استراتيجي او صناعي، لذا توجب وجود جهاز خاص بتوليد مثل هذه الموجات لاستخدامه في دراسات اختبار أي موقع لأنشاء مشاريع صناعية واستراتيجية. ان وجود جهاز توليد الموجات الزلزالية القصية بالإضافة الى جهاز المسح الزلزالي الانكساري (ABEM Terraloc seismograph MK3) يشكلان معا منظومة متكاملة لأجراء أي مسح زلزالي .

https://doi.org/10.30684/etj.35.1C.10
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq

This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.

2.اهمية المصدر والاسباب الموجبة لتصنيعه

تستخدم هذه التقنية الجيوفيزيائية عن طريق توليد موجات زلزالية مستعرضة (قصية) وحساب السرع لها (علاوة على الموجات الطولية) لإعطاء فهم سريع وسهل لتوضيح وتحديد الصفات المرنة الديناميكية الموقعية للتربة والصخور او للوسط الذي يتم فيه القياس. لذا فان تحريات سرع الموجات الزلزالية تعطي بالنتيجة قيم للمواد الكبيرة الحجم (الحقل) مماثلة الى تلك التي يحصل عليها مهندس الاسس. وهذه المنظومة هي التي يمكن التعويل عليها في هذا المجال لتقييم او تخمين مدى ملائمة الترسبات القريبة للسطح لمواد الأسس لبناء المشاريع الاستراتيجية [6].

ان توليد الموجة القصية يتطلب مصدر مولد غني بالموجات الزلزالية المستعرضة ذات الحركة الاهتزازية للجزيئات التي تكون عمودية على مسار الموجة.

هناك صعوبة في التعرف على الموجة القصية في السجل الزلزالي عند استخدام مصادر مولدة للموجات الزلزالية الاعتيادية ولكن هذه الصعوبة تتذلل باستخدام مصدر مولد غني بالموجات القصية، اضافة الى وجود خاصية القطبية والاتجاهية التي تمتاز بها هذه الموجة [12,11,10,9,8,7] .

ان حساب معاملات المرونة الديناميكية يعتمد بصورة اساسية على حساب سرع الموجات الطولية والقصية والكثافة، اضافة الى نسبة بوزيان ومعامل يونك الديناميكي وغيرها من المعاملات التي يحتاجها مهندس الاسس. ان الحصول على سرع هذه الموجات سواء في المختبر او الحقل يمكننا من استكشاف خواص الصخور الفيزيائية والتوصيل الى ظروف الصخور في التراكيب الجيولوجية وطبيعة تشبعها بالغازات او الغازات المختلفة او يمكن الاستفادة منها في مجال هندسة النفط والمكامن النفطية وهندسة المناجم والهندسة الجيولوجية [5,4,3].

ان زمن وصول الموجة المستعرضة يأتي متأخرا وبالتالي يصعب تمييزها وافرازها من السجل الزلزالي المتحصل بالطرق الجيوفيزيائية التقليدية، لذلك كان من الضروري ايجاد تقنية جديدة نحصل منها على موجات متميزة ونقية وغير متداخلة مع الموجات الاخرى والشواذ في السجل الزلزالي.

مما تقدم يتبين بان المنظومة المتكاملة لتوليد وتحسس وتسجيل الموجات الزلزالية القصية مطلوبة لأجراء دراسات اختيار الموقع الصناعية والاستراتيجية واي دراسات جيولوجية وهندسية اخرى.

3.استعمالات الموجات الزلزالية القصية في الاعمال الهندسية

I.حساب المعاملات

يمكن حساب معاملات المرونة بعد الحصول على موجة زلزالية مستعرضة ومستقطبة نظيفة (غير متداخلة بنوعيها الافقية منها (SH) او العمودية ((SV ومعرفة سرعتها وسرعة الموجة الطولية وكثافة مواد الوسط (ρ) من خلال المعادلات التالية : [5,2]

$$Vp = \left[(B + \frac{4}{3}G)/\rho\right]^{1/2} \text{..... (1)}$$

$$Vs = \left(\frac{G}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \textbf{.....(2)}$$

$$\mu = \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1} \textbf{.....(3)}$$

$$E = 2V_S^2\rho(1+\mu) \textbf{.....(4)}$$

Where:

B: bulk modulus (incompressibility)

G: shear modulus (rigidity)

ρ: density

μ: Poisson's ratio.

E: dynamic young modulus.

I.استخدام المعاملات المحسوبة في تفسير النتائج

1. حساب معادلات المرونة الديناميكية.
2. حساب معامل الصلابة او معامل القص الديناميكي الذي له اهمية خاصة في دراسات الاسس واستجابة الهياكل الى التأثير الديناميكي على الاسس.
3. حماية ضد التدمير الناتج من الهزات الارضية الى الهيكل يتطلب معرفة توزيع سرعة الموجة القصية ومعامل القص لطبقات التربة التحتية.
4. التنبؤ او الانذار بتوزيع الشد الزلزالية للهزة الارضية ومعالجة الموضوع لموقع المفاعلات ضمن المناطق الزلزالية.
5. التحليلات الاستقرارية للسدود الارضية القديمة والحديثة من خلال دراسة مواد التحشية.
6. تخمين السلامة للتربة لمساحات صغيرة لأغراض الهياكل وبناء بما يعرف بال (Micro zonation).
7. ميكانيكية الصخور لتدخل في تحديد او تنبؤ تأثير الانفجارات.

3.طريقة العمل وخصائص المصدر

ان المنظومة تتكون من:

1 _ قطعة من الخشب الجاوي او الصاج وبالأبعاد المثبتة على الشكل (1). ان الابعاد النموذجية للقطعة الخشبية (wooden plank) هي :

الطول = 1.5 - 2.85 متر

العرض = 30- 50 سنتمتر

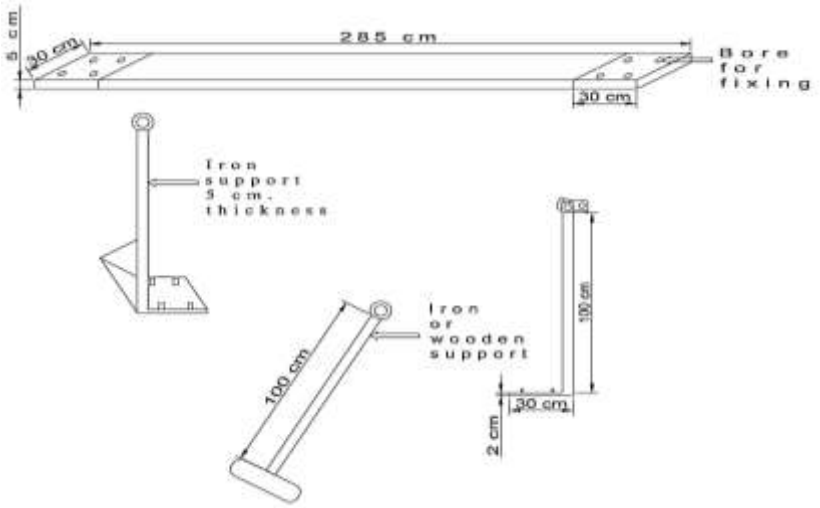
السمك = 5 - 10 سنتمتر

اما الابعاد التي تم تصنيعها فعلا في المنظومة هي الطول = 285 سم، العرض = 30 سم والسمك = 5 سم (الشكل 2).

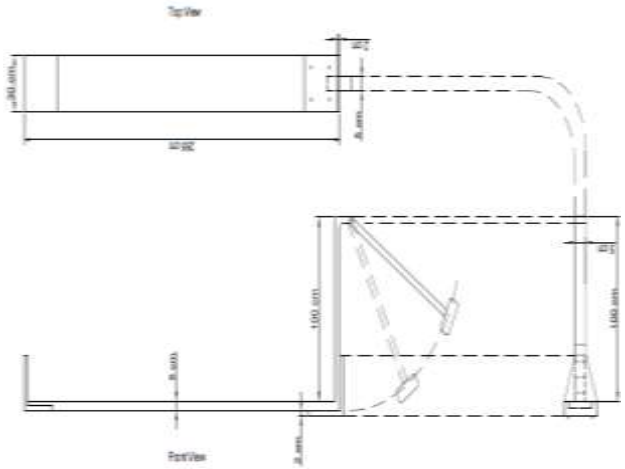
2 _ مساند حديدية عدد (2) تثبت على جانبي القطعة الخشبية وبالأبعاد المثبتة في الشكلين (2,1) .

3 _ مطرقة (ثقل حديدي) بوزن لا يقل عن 10 كغم مرتبط بمسند من الحديد بطول متر تثبت بمفصل متحرك على المسند الحديدي وكما في الشكلين (1 , 2) .

تم تصنيع الفقرات الثلاثة اعلاه للمنظومة بالجهود الذاتية والاستعانة بورشة هندسية وبما موجود في الاسواق المحلية واعادة تصنيعها لتلبي المواصفات الفنية المطلوبة حسب هذا البحث.



الشكل 1: مخطط يوضح شكل منظومة المصدر المولد للموجات القصية وملحقاته



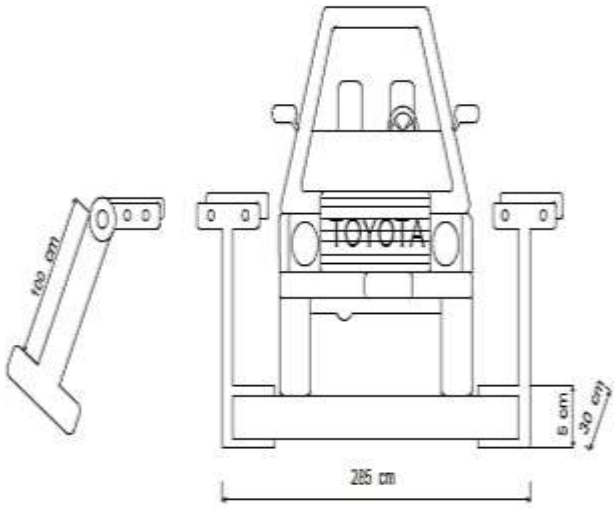
الشكل 2: الابعاد الهندسية للمصدر المصمم ومن زوايا مختلفة

ان طريقة عمل المنظومة تقتصر على وضع القطعة الخشبية على سطح الارض الذي يجب ان يكون مستوي ليحصل التماس المباشر وعلى طول القطعة على سطح الارض وتسليط ثقل على القطعة الخشبية وليكن مقدمة السيارة (العجلات الامامية) ليضمن حصول تماس قوي مع الارض (coupling) لتحصل التوصيلية الجيدة مع سطح الارض [1] (الشكل 3).

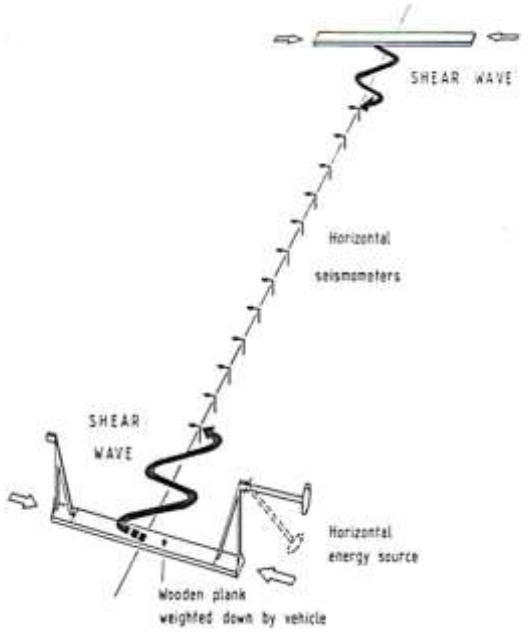
ان استعمال هذه التقنية لتوليد الموجة المستعرضة الافقية (SH-wave) وهي مصدر دفعي منفصل يقوم بتوليد موجات عمودية على اتجاه انتقال الموجة، وهذا المصدر هو من النوع المتعدد النبضات (Multipulse) الذي يحتوي اضافة الى القطعة الخشبية على المطرقة التصادمية ومساندها على الجانبين (الاشكال 3، 4)، وبعد حصول التماس القوي مع سطح الارض تربط المنظومة يبدأ العمل بتوليد الموجات المطلوبة بتدوير المطرقة حول محورها بالمسند (الاشكال 3 ،4). اما اللاقطات المستعملة

فهي لاقطات ذات ملفات افقية وزرعت بحيث ان محور الملف يكون عموديا باستمرار على اتجاه المسار الزلزالي حيث تلتقط الموجة المستعرضة الافقية فقط عند توليد موجات (S). اما إذا وضع محور الملف مع اتجاه المسار الزلزالي فأنه يتم التقاط الموجات المستعرضة العمودية ومع كمية من الموجات الطولية. وللتأكد من ان هذه الموجة هي
(SH) تضرب المطرقة من الجهة الثانية فنلاحظ في هذه الحالة تغيرا في الطور (180) درجة وعادة يتم جمع اكثر من ضربة وذلك لتقوية وتهذيب الاشارة (الشكل 6) [15,14,13]. ان طريقة عمل المنظومة لتوليد الموجات المستعرضة يمكن توضيحها في (الشكل 4).

يمكن استخدام هذه الطريقة اما على سطح الارض مباشر بتوليد الموجات الزلزالية المطلوبة حيث يكون المصدر والمستلم (اللاقطة) مزروعة ومثبتة على سطح الارض او ان يكون المصدر المولد للموجات الزلزالية على سطح الارض وزرع وتثبيت لاقطات معينة (Hydrophone) في اعماق مختلفة من بئر يحفر لأغراض معرفة خواص الترسبات القريبة من السطح [1] ولأعماق تصل الى 50 متر او أكثر لنحصل على الصفات الديناميكية المرنة للتربة والصخور ولهذه الاعماق.



الشكل 3: شكل تخطيطي يمثل اسلوب استخدام المصدر المولد للموجات القصية وطريقة العمل الحقلي



الشكل 4: ترتيب المصدر المولد واللاقطة المستلمة للموجات الزلزالية القصية السطحية.

4.اختبار الجهاز المصنع والنتائج المتحصلة

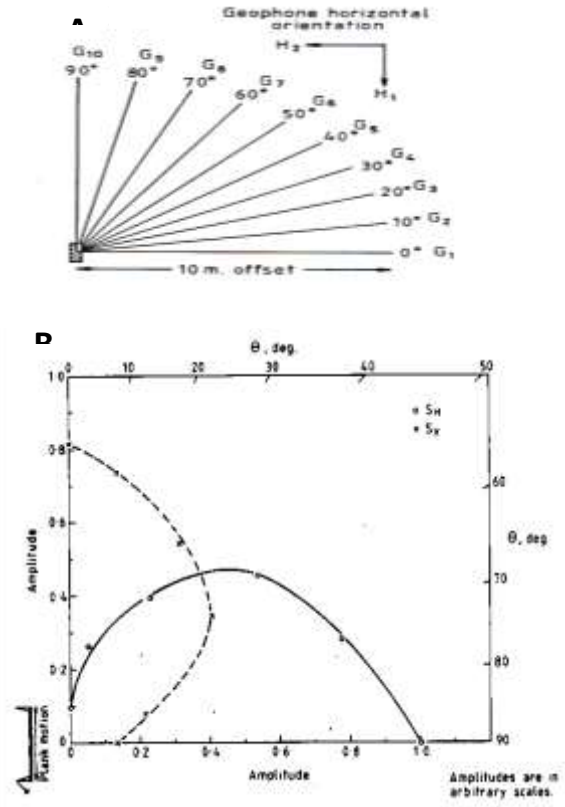
بعد ان تم تصنيع هذا الجهاز اجري عليه الفحص والاختبار الميداني، اذ قد تم اختيار موقع مناسب في بغداد بالقرب من الورشة المصنعة، وقد نشرت اللاقطات الزلزالية المستعرضة على شكل زاوية قائمة (ربع دائرة) لبيان النسق الاشعاعي للمصدر المولد (الشكل 5)، حيث وضع في موقعه المحدد وسلط عليه ثقل ليحقق التماس الجيد مع سطح الارض ليضمن تسجيل الموجات المولدة بصورة واضحة.

وبعد ربط جهاز المسح الزلزالي الانكساري مع اللاقطات المغروسة في الارض وربط اللاقطة المقداح (trigger)، نفذت عدة ضربات بواسطة المطرقة الحديدية زنة 10 كغم على جانبي الجهاز المولد (المصدر) ونتج عن ذلك تسجيل موجات زلزالية مستعرضة من نوع ((Horizontal shear wave-SH والذي تم تصميم هذا الجهاز لتوليدها.

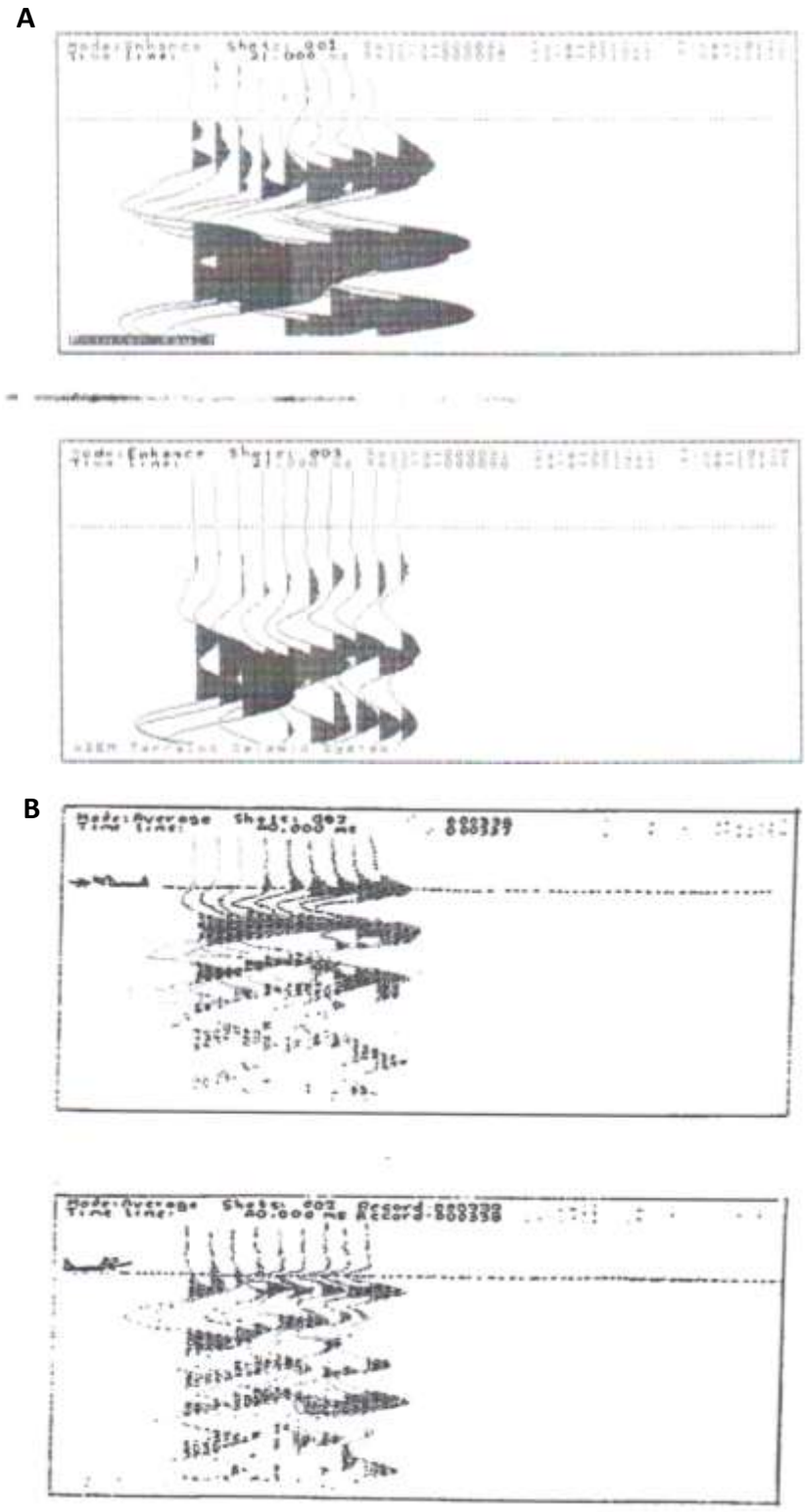
بعد اجراء التجربة الاختبارية سجلت عدة تسجيلات زلزالية وحسب النشر الموضح اعلاه، اذ كانت النتائج مشجعة والتي تشير بوضوح الى تسجيل موجة زلزالية مستعرضة افقية (SH-Wave) استلمت في اللاقطات التي يكون محورها موازي لطول الجهاز المولد للموجة (المصدر) وعمودي على الخط الرابط بين الجهاز واللاقط، كما في الاشكال (6، 7). هذه الموجة تكون سعتها أكبر مما لو كانت اللاقطات في وضع يكون محورها الاهتزازي بنفس اتجاه المصدر وعلى نفس الخط الرابط بين المصدر واللاقط.

ان الموجة الزلزالية المستعرضة (S-Wave) تستلم عادة بعد الموجة الزلزالية الطولية (P – Wave) التي تكون سريعة جدا لكون المصدر المولد لها هو مصدر نقطي (point source) أي الطرق بالمطرقة الحديدية عموديا على لوحة الطرق (Strike plate) . اما في حالة كون المصدر الحالي (المصنع) فان الموجة المتولدة تكون خالية من الموجات الزلزالية الطولية (أي يستلم موجة S-Wave فقط) والذي يدل على نجاح المصنع في توليد الموجات الزلزالية المستعرضة الافقية بصورة نقية وخالية من الضوضاء .

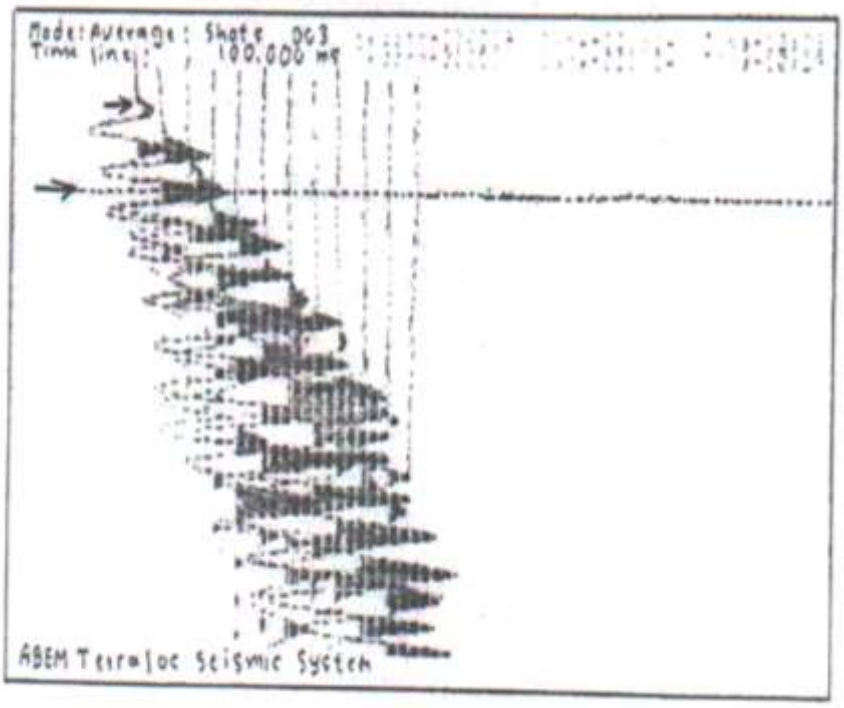
واظهرت النتائج بان مدى التردد لهذه الموجة هو بحدود 20-25 هرتز فضلا عن كونها تتسم بالاتجاهية ((Directivity حيث ان الطرق على أحد جوانب المصدر يولد موجة باتجاه معين (positive)

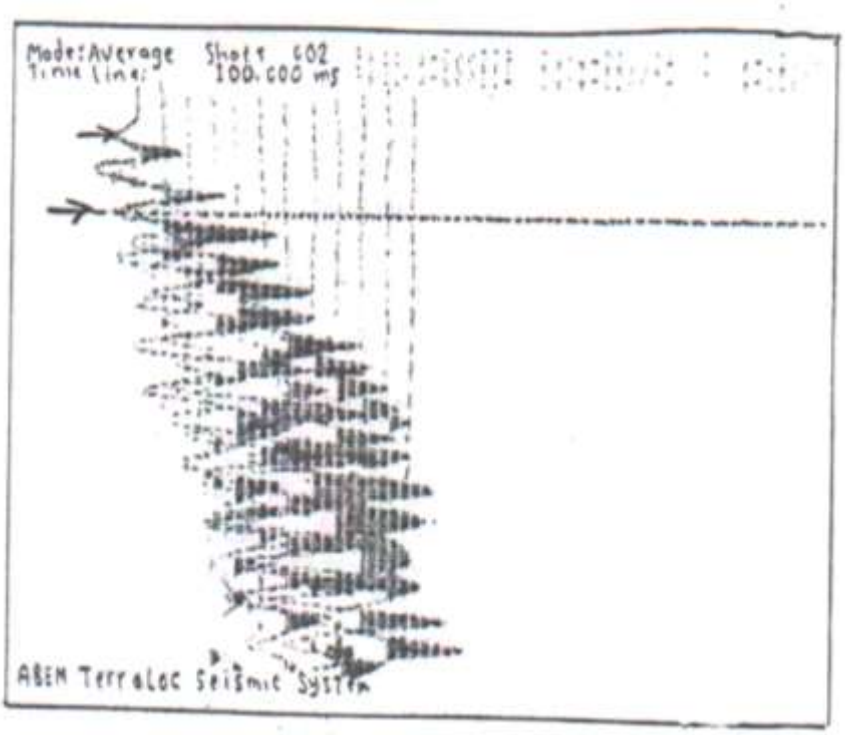


الشكل 5: (A) طريقة العمل الحقلي لتوزيع اللاقطات في تجربة النسق الاشعاعي السطحي لمصدر ولاقطات الموجات المستعرضة. (B) نتائج سعة الموجة من تجربة النسق الاشعاعي السطحي لمصدر الموجات الزلزالية المستعرضة.



الشكل 6: (A) الموجة المستعرضة SH-wave للمصدر المولد تبين أثر الطرق المستمر في تشذيب الموجة.
(B) الموجة المستعرضة SH-wave للمصدر المولد تبين السعة من تجربة النسق الاشعاعي في الاتجاهين 180 درجة.





الشكل 7: تسجيل الموجات الزلزالية المستعرضة من تجربة المسح الزلزالي الانكساري يوضح انقلابية الموجة بالاتجاهين (180^0) .

وعند الطرق على الجانب الاخر يولد موجة في المعاكس (negative) وهذا يدل على ان الجهاز المصنع هو اتجاهي والتي هي من خصائص الموجات الزلزالية المستعرضة[15]. والشكل(7) يوضح النتائج المتحصلة من التجربة الميدانية للجهاز المصنع.

5.الاستنتاجات

ان تصنيع منظومة توليد الموجات الزلزالية المستعرضة (القصية) الذي يعتبر كمصدر مهم لاستكمال عمل المنظومة الرئيسية المتكونة من جهاز المسح الزلزالي الانكساري MK3 واللاقطات المستلمة والمصدر المولد للموجات التي تم اختيارها ميدانيا واشارت النتائج المتحصلة الى ان الجهاز يعمل وفق ما صمم وصنع من اجله.

يمكن استخدام الجهاز في عمل دراسات اختيار المواقع لأي مشروع ينوى اقامته على مساحة القطر وبكلفه بسيطة. اضافه الى انه يمكن تصدير هذه التقنية الى بقية مؤسسات الدولة البحثية الاخرى التابعة لوزارات الصناعة المعادن، النفط، والاسكان والتعمير. اضافة الى الجهات الأكاديمية في القطر، التي تخص الجامعات العراقية ذات الاختصاص في مثل هذه الجوانب والتي في النهاية تعود النتيجة بالفائدة الى الصالح العام لخدمه عراقنا الحبيب بخبرة وجهود علمية.

المصادر

[1] M.M. AL- Azzawi; Shear-wave propagation characteristics in an anisotropic sediments Ph.D. Thesis (unpublished) UCNW. U.K. 1986.

[2] A.M. Davis. A technique for in- situ measurement of shear wave velocity. ABEM case History no. 90180 Stockholm Sweden. 1977.

[3] D.H. Griffiths; and R.F., king1986; applied geophysics for geologist and engineer, Pergamum Press, 224 p, 1986.

[4] P. Michael's; Use of engineering geophysics to investigate a site for abridge foundation T. L. Brandon editor. Amer. Soc. of Civ. Eng. Geot. Special publication, Reston No.113 Vol. A, pp.715-727. 2001.

[5]. غازي عطيه ومهنا متعب 2014 تطبيقات عملية في الجيوفيزياء التطبيقية .الطبعة الاولى. دار الكتب والوثائق في بغداد رقم الابداع 176لسنة 2015.

[6] C.P. Abbiss; Shear wave measurement of the elasticity of the ground. Geotechnique vol. 31 no.1 p: 91-104. 1981.

[7]. D.J. Shirley, and L.D. Hampton; Shear –wave measurements in laboratory sediments. J. Acoust. Soc. Am. 63(2) 607-613.1978.

[8]. E. Shima, M. Yanagisaw and A.Allam; Experimental study on generation and propagation of s-waves. Bull. Earthq. Res.Inst. 46, 517-523.1968.

[9]. R.G. Hoar, and K.H. Stokoe; Generation and measurement of shear waves in situ. ASTM STP 654 pp.3-29. 1978.

[10]. S.D. Schwarz, and F.R. Conwell; A Technique for the in-situ measurement of shear wave velocities (vs) for deep marine foundation, Offshore Tech. conf. Dallas, Texas 75206. 1974.

[11]. P. Kearey, M. Brooks, andI. Hill; An introduction to geophysical exploration 3rd edition, Blackwell scientific publication 260p. 2002.

[12]. J. Milsom; Field geophysics 3rd.edition, John Wiley and sons p.232. 2003.

[13]. S. Al sinawi, S. khorshidand**,** and **F.** hamdi; Application of compressional and shear wave velocities in solving geotechnical problem associated with gypsiferous sediment in central Iraq. Iraqi J.Sci. V.13, No.3 pp. 591-610. 1990.

[14]. M. Jaddullah, M., and R. Fisher, R.; Exploration geophysics (An Introduction), Springer – Verlag Berlin Heidelberg. 2009.

[15]. S. Hainies; A Hammer – Impact, Aluminum, shear wave seismic source. U.S. Geological Survey Report 1406, Reston, Virginia.2007.

الاسم : مهنا متعب احمد
التولد : 1954 - بغداد
الشهادة: دكتوراه
اللقب العلمي: استاذ مساعد
بكالوريوس جيولوجي-جيوفيزياء: قسم علوم الارض /كلية العلوم/جامعة بغداد - 1977
ماجستير في الجيوفيزياء:جامعة كلاسكو-انكلترا/ 1882
دكتوراه في الجيوفيزياء : جامعة ويلز-انكلترا/ 1986
عمل في جامعة تكريت /كلية لعلوم –قسم علوم الارض التطبيقية عام / 2005 .
استاذ مادة الجيوفيزياء والهيدروجيوفيزياء في كلية العلوم – قسم علوم الارض التطبيقية.
انجز العديد من البحوث في مجال الجيوفيزياء في مختلف المناطق في العراق
اشرف على العديد من رسائل الماجستير , والعديد من مشاريع بحوث الدبلوم العالي في مجال الجيولوجيا الزلزالية .