

مسح زلزالي انكساري ثنائي البعد لمشروع المستشفى التعليمي في جامعة الموصل

أحمد جدوع الهيتي

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

نبيل حميد الصائغ

مركز بحوث السدود

والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2013/9/12 ، تاريخ القبول 2013/12/18)

الملخص

تضمنت الدراسة إجراء مسح زلزالي انكساري تصويري لمشروع المستشفى التعليمي في جامعة الموصل على امتداد 12 مساراً بمساحة إجمالية مقدارها 35140 متر مربع. الهدف من المسح الزلزالي هو الكشف عن نوعية وسمك الطبقات الصخرية وامتدادها. تم المسح بواسطة جهاز (ABEM Terraloc Mk6) السويدي الصنع وتمت معالجة البيانات الحقلية وتمثيلها باستخدام مجموعة برنامج SeisImager™ /2D لعمل مقاطع تصويرية (Tomography) للطبقات تحت السطحية. بينت نتائج المسح الزلزالي الانكساري وجود ثلاث طبقات في منطقة الدراسة. الطبقة الأولى تمثل طبقة من الترب السطحية والتي تمتلك سرعة زلزالية تتراوح بين (350 م/ثا-700 م/ثا) وسمك يصل إلى (3.2 م) ، والطبقة الثانية تمتلك سرعة زلزالية تتراوح بين (840-1700 م/ثا) وسمك يتراوح بين (3 م-14.73 م) وهي على الأغلب تمثل طبقة من الترسبات النهرية (River deposits) والمتكونة بصورة خاصة من المدملكات النهرية (River terraces) والمواد الطينية. أما الطبقة الثالثة فتمتلك سرعة زلزالية تتراوح بين (1900 م/ثا-2800 م/ثا) وعمق يتراوح بين (3.0-17.9 م)، وهي الطبقة الصلبة والتي هي على الأغلب طبقة من صخور المارل العائدة إلى الجزء العلوي من تكوين الفتحة.

الكلمات الدالة: مسح زلزالي انكساري تصويري، التحري الموقعي، العكس، التصوير ثنائي البعد.

2-D Seismic Refraction Tomography for Site Investigation of the Teaching Hospital Project at Mosul University

Nabil H. AL- Saigh

Dams and Water Resources

Research Center

University of Mosul

Ahmed J. AL-Heety

Department of Geology

College of Science

University of Mosul

ABSTRACT

The study includes seismic refraction tomography, along 12 traverses with a total area of 35140m², for the Teaching Hospital Project at Mosul University. The aim of the study was to detect the thickness and types of the different subsurface layers. The survey conducted by the Swedish ABEM Terraloc Instrument. The data processed and presented as tomography sections by SeisImager/2D Program Packages. The study shows the presence of three different subsurface layers. The first layer represents the topsoil layer having velocity ranges between (350 m/sec-700 m/sec), and thickness up to 3.2m. The second layer having velocity ranges between 840-1700m and thickness between (3m-14.7m), mostly representing the river deposits, composed specially of river terraces and clays. The third layer was having velocity ranges between (1900 m/sec-2800 m/sec) and depth ranges between (3.0m-17.9m) representing the hard bed, which is mostly composed of marl layers belong to the upper part of Fat'ha Formation.

Keywords: seismic refraction tomography, Site Refraction, Inversion. 2D-Imaging.

المقدمة

تعتبر طريقة المسح الزلزالي الانكساري إحدى التقنيات الجيوفيزيائية الرئيسة التي تستخدم للتحري عن الطبقات تحت السطحية، وهذه الطريقة لها تطبيقات واسعة في مجال الهندسية المدنية والبيئية والهايروجيولوجية، والاستكشاف عن الهيدروكربونات والمعادن الصناعية (Lankstone, 1990; ASTM, 2011; Hodgkinson and Bown, 2005; Bridlle, 2006; Yalmiz *et al.*, 2006)، وقد لوحظ أزياد استخدام هذه الطريقة في مجال الهندسة المدنية في العقود الثلاثة الأخيرة وخاصة في أعمال التحريات الموقعية Site investigations لامتلاكها دقة عالية في تقدير سمك طبقة التجوية السطحية وإيجاد العمق إلى الطبقة الصخرية الصلبة Hard bed rock لإنشاء السدود والجسور والطرق السريعة.. الخ وكذلك تحديد صلابة هذه الطبقة وتحديد بعض معاملات الجيوتكنيكية. إن استخدام التقنيات الجيوفيزيائية المختلفة في دراسة مشاكل الهندسة المدنية نوقشت بإسهاب في المنشورات المختلفة Reynolds, 2003; McCann, *et al.*, 1987; Mooney, 1981; Griffiths and King, 1981; (Haeni, 1986).

هنالك عدة طرق تستخدم في تفسير منحنيات زمن - مسافة للتسجيلات الزلزالية الانكسارية الحقلية. هذه الطرق تختلف بعضها عن بعض في الافتراض الجيولوجي والأسلوب الحسابي لسرع وأعماق الطبقات والتي تتزايد مع العمق (الصائغ وعزيز، 2010).

في العقدين الأخيرين استحدثت تقنية المسح الزلزالي الانكساري التصويري (Seismic refraction tomography) في تفسير البيانات الزلزالية وهي تتطلب وضع موديل ابتدائي (Initial Model) للسرعة

والحد الأعلى لعمق الطبقة الأخيرة. بعد ذلك تجرى عملية العكس (Inversion) حيث تقوم بعكس البيانات الحقلية مباشرة إلى توزيع تحت سطحي للسرع Spatial property distribution بدون أي تدخل يدوي. وتعد عملية العكس بالوقت الحاضر الأساس في معالجة وتفسير البيانات الجيوفيزيائية، وهي تقدم مهم على طرق النمذجة الأمامية لأنها تجعل توزيع الخواص الجيوفيزيائية بان تعرض على شكل صورة لمقطع تصويري (توموغرافي Tomography model)، (شنشل، 2011).

إن الهدف من الدراسة الحالية هو استخدام تقنية المسح الزلزالي الانكساري التصويري لتحديد سمك وعمق وصلابة الطبقات الجيولوجية في منطقة الدراسة.

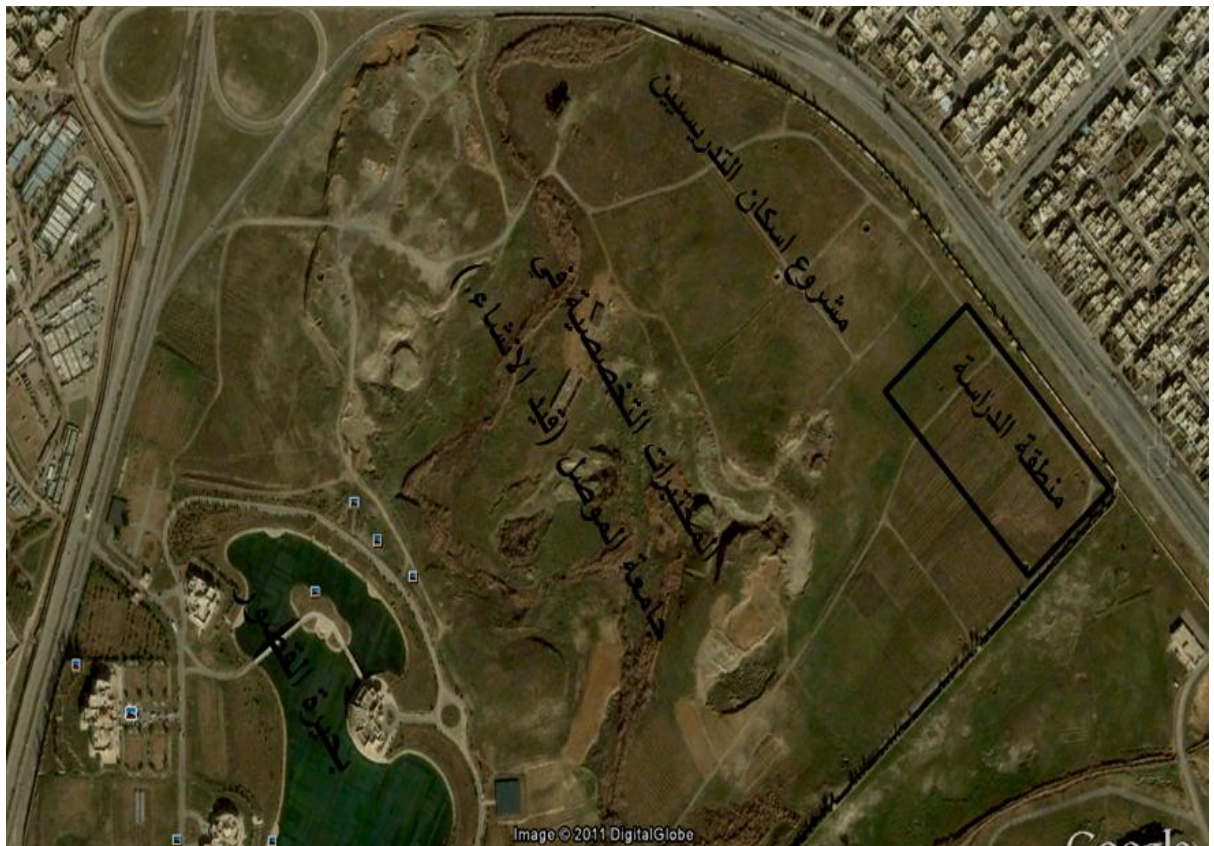
جيولوجية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن مدينة الموصل على الضفة اليسرى من نهر دجلة في الجزء الشمالي الغربي لجامعة الموصل (ما يعرف بمجمع القصور الرئاسية سابقاً)، والمنطقة مستطيلة طولها 280 م وعرضها 125.5 م وتبلغ مساحتها الاجمالية 35140 م² (الشكل 1).

ينكشف في الجانب الشرقي من مدينة الموصل تكوينان عائدان لترسيبات العصر الثلاثي Tertiary يظهران ضمن مكاشف صغيره هما تكوين الفتحة Fat'ha Fn (المايوسين الأوسط) والذي يغطي معظم منطقة الدراسة ويتكون بصورة رئيسية من دورات رسوبية من الأطيان وحجر الجير والمارل، وتكوين إنجانة Injana Fn. (المايوسين الأعلى) الذي لا ينكشف إلا في أماكن قليلة ويتكون بصورة أساسية من تعاقبات لصخور الحجر الجيري والحجر الرملي، في حين تغطي معظم أجزاء الجانب الأيسر لمدينة الموصل ترسيبات العصر الرباعي Quaternary المتمثلة بترسيبات المصاطب النهرية River Terraces والسهل الفيضي Flood plain deposits وترسيبات التربة Soil deposits (الجبوري، 1988).

العمل الحقلية

استخدم في العمل الحقلية جهاز المسح الزلزالي الرقمي Terraloc® Mk6 ذو 12 قناة. الجهاز ذو دقة عالية في التسجيلات الزلزالية للأعماق الضحلة، إذ أن دقة فترة نمودجة الجهاز Sampling interval تبلغ (0.025) جزء بالألف من الثانية. استخدمت اللاقطات الارضية (Geophones) ذات تردد طبيعي مقداره 10_{Hz} في تسجيل البيانات الزلزالية.



الشكل 1: مرئية فضائية تبين منطقة الدراسة.

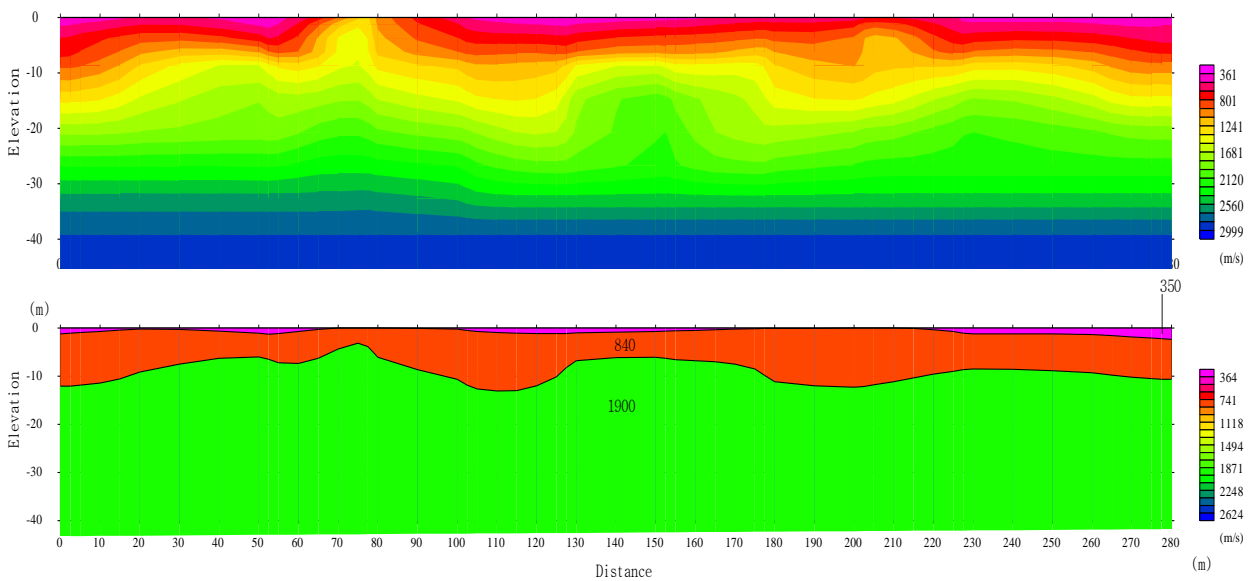
أخذت المسارات باتجاه شمال غرب- جنوب شرق وهو الاتجاه الموازي لخط المضرب لطبقات الترسبات النهرية، حيث تم اخذ 12 مسارا للموجات الطولية (P-Waves) كل مسار يبلغ طوله 280 م. كانت المسافة بين مسار وآخر 10م ماعدا المسارات 7-12 حيث إن المسافة بين المسار (7 و 8) تبلغ 15.5م وبين المسار (11 و 12) كانت 20م. تم استخدام مطرقة تزن 10 كغم لتوليد الموجات الزلزالية وذلك بطرق قرص حديدي دائري الشكل قطره 0.3م وبعاد الطرق عدة مرات للحصول على أفضل تسجيل والاستفادة من تقنية التتصيد Stacking. إن كل مسار زلزالي (Traverse) يتكون من 5 خطوط (Lines) مجموع أطوالها 280م حيث ان كل خط يبلغ طوله 80م تتراكب (Overlap) مع بعضها بمسافة 30م. تم إجراء القياس في كل خط بالاتجاهين الأمامي (Forward) والعكسي (Reverse) ونقاط التفجير (Shot Point) كانت بجانب أول لاقطة. المسافة بين لاقطة واخرى غير منتظمة حيث ان المسافة بين اللاقطات (3,2,1) كانت 2.5 م، وبين اللاقطات (6,5,4,3) كانت 5 م في حين كانت المسافة بين اللاقطات (7-1)

12) 10م. نقطة التفجير الثانية كانت على مسافة 50م والثالثة على مسافة 100م والرابعة عند مسافة 150م، أما الخامسة فكانت عند مسافة 200م، وبذلك تكون المسافة الكلية 280م.

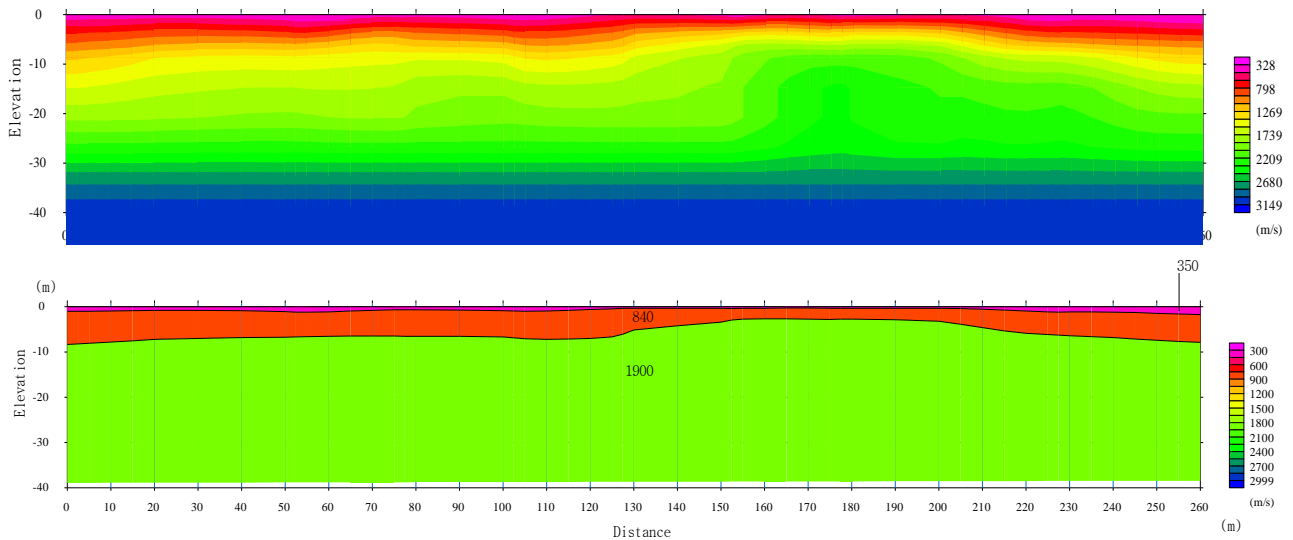
تفسير النتائج

ان عمليات التفسير تكمن في تحديد أزمنة الوصول الأولي (First arrivals) او الموجة الرأسية (Head waves) للموجة الزلزالية لكل لاقطة (Haeni,1986; Parasnis,1972) والتي تمثل عادة بمنحنيات زمن - مسافة Time- distance curves. إن منحنى زمن - مسافة يمثل زمن انتقال الموجة الزلزالية من المصدر الزلزالي (المطرقة) ومرورها تحت سطح الأرض ومن ثم انكسارها خلال الطبقات المختلفة والتقاطها باللاقطة Geophone الموضوعة على سطح الأرض عند مسافة معينة. معكوس انحدار الخط الذي يوصل عدد من أزمنة وصول الموجة المنكسرة من سطح بيني معين (طبقة معينة) عند مسافات معينة يمثل سرعة الطبقة التي انكسرت من خلالها تلك الموجة.

فسرت النتائج الحقلية بوساطة مجموعة برامج SeisImager/2D، حيث يقوم برنامج Pickwin بالنقاط أزمنة الوصول الأولي للموجة الزلزالية اوتوماتيكيا او يدويا وبعد ذلك يقوم بحفظها بصيغة معينة لبرنامج Plotrefa حيث يقوم برنامج Plotrefa برسم منحنيات زمن-مسافة، ومن ثم تحويلها إلى مقطع تصويري Tomography من خلال العديد من الخطوات، ومن ثم يتم تحويل المقطع التصويري الى مقطع طبقي (Layered model) والذي يظهر سرعة وسمك الطبقات تحت السطحية المحسوبة، (الشكل 2) يظهر نماذج من هذه المقاطع التي تم الحصول عليها في بعض هذه المسارات.



المسار الاول



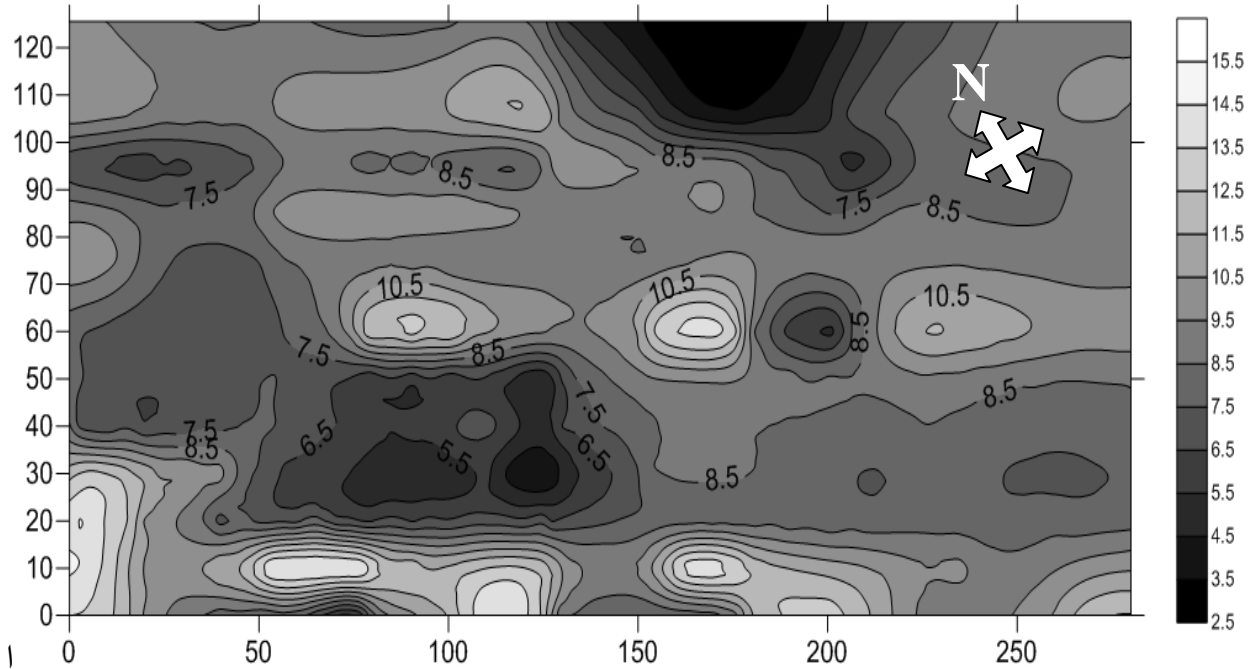
المسار الثاني عشر

الشكل 2: مقاطع توموغرافية وطبقية لبعض المسارات.

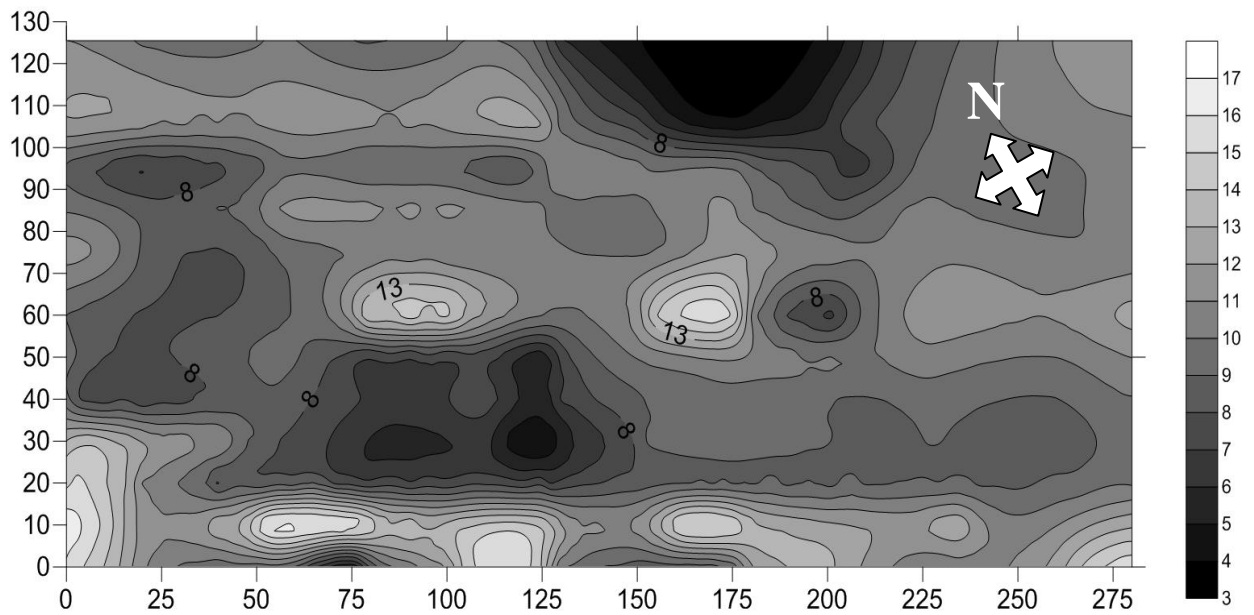
بصورة عامة أظهر المسح الزلزالي وجود ثلاث طبقات في جميع خطوط المسح (الشكل 2)، الطبقة الأولى تمتلك سرعه زلزالية تتراوح بين (350 م/ثا-700 م/ثا) وسمك يصل الى (3.2 م) وهي تمثل طبقة التربة السطحية. الطبقة الثانية تمتلك سرعه زلزالية تتراوح بين(850 م/ثا - 1700 م/ثا) وسمك يتراوح بين (3.0 م-14.7 م) ، وهي على الأغلب تمثل ترسبات المصاطب النهرية المتكونة بشكل رئيسي من المدلكات، والرمل والحصى مع بعض الأطيان والغرين. هذه المدملكات تظهر على شكل طبقة مستمرة في جميع المسارات وينكشف قسم من هذه المصاطب على سطح الارض اذ يلاحظ الحصى المختلف الاحجام مرتبطا بمواد طينية. الطبقة الثالثة والأخيرة تمتلك سرعه زلزالية عالية تتراوح بين 1900-2800 م/ثا. وهي تمثل الطبقة الصلبة Hard bed والتي هي على الأغلب تمثل الجزء العلوي من تكوين الفتحة الذي يتكون من المارل والطفل وعمقها يتراوح بين (3.0 م-17.9 م). (الشكل 3) يمثل خارطة سمكية لترسبات المصاطب النهرية في منطقة الدراسة تم الحصول عليها من المسارات الزلزالية حيث أن أكبر سمك يظهر في وسط منطقة الدراسة وجنوبها ويكون على شكل عدسات أو طبقات تفصل بينها مسافة أفقية حوالي 50م، وتمتد باتجاه جنوب شرق - شمال غرب متماشياً مع الاتجاه السائد لجيولوجية المنطقة. أن هذا التفسير ينطبق بصورة جيدة مع ما ذكره (الجبوري، 1988) و (الدباغ والنقيب،1991) أن ترسبات المصاطب النهرية حافظت على شكل التراكيب الرسوبية الأصلية، حيث أن هذه التراكيب أخذت شكل التراكيب الطولية Bars والجزرات الصغيرة Small islands وأن هذه التراكيب تمتد جنوب شرق - شمال غرب وذات أطوال تتراوح بين 10 - 140 متر، في حين أن التغيرات في سمك هذه التراكيب يعكس التغيرات في مقدار تعرية

النهر للقاع، وهذا أيضاً ما أكدته دراسة (شنشل، 2011)، (الشكل 4) يمثل عمق الطبقة الصلبة وهي حرفياً تظهر نفس خصائص (الشكل 3).

توصل (النقيب وسليمان، 2008) في دراستهم لجيولوجية جامعة الموصل وكذلك (الدباغ والنقيب، 1991) بان الأجزاء الشمالية الشرقية من جامعة الموصل هي عبارة عن تكوين الفتحة مغطاة بطبقات سميكة من المدملكات التي تمثل المصطبة الثالثة لنهر دجلة، اذ يزيد سمك هذه الترسبات عن 15م. وهذا ما أكدته فحوصات التحري الموقعي الهندسي (المكتب الاستشاري الهندسي، 2006) لبناية المكتبة الأشورية حيث ظهر أن سمك هذه الترسبات يزيد عن 15م، كما أن الدراسة التي قام بها (الصائغ، 1994) في منطقة البحيرة التابعة للقصور والتي تقع بالقرب من منطقة الدراسة بينت أن سمك المدملكات قد يتجاوز 30م، في حين أن الدراسة التي قامت بها (شنشل، 2011) باستخدام المقاومة التصويرية أظهرت أن سمك هذه المدملكات يتراوح بين (1-25) م.



الشكل 3: خارطة سميكية للمصاطب النهرية في منطقة الدراسة.



الشكل 4: خارطة عمقيه للطبقة الصلبة في منطقة الدراسة:

الاستنتاجات

أعطى المسح الزلزالي الألكساري التصويري صورة واضحة عن الواقع الجيولوجي لمنطقة الدراسة، حيث أظهر سمك وامتداد الطبقات الجيولوجية المختلفة، والتي تمثل بوجود ثلاث طبقات، الأولى تمثل طبقة التربة والتي تمتلك سرعة زلزالية تتراوح بين (350 م/ثا-700 م/ثا) وسمك يتراوح بين (صفر-3.2 م) والثانية تمثل طبقة من الترسبات النهرية و المدملكات والتي تمتلك سرعة زلزالية تتراوح بين (850 م/ثا-1700 م/ثا) وسمك يتراوح بين (3.0 م-14.7 م) وتكون على شكل طبقات أو عدسات طويلة، في حين أن الطبقة الثالثة وهي الطبقة الصلبة من الناحية الهندسية فتمتلك سرعة زلزالية تتراوح بين (1900 م/ثا-2800 م/ثا) وتمتد على عمق يتراوح بين (3.0 م-17.9 م).

المصادر العربية

- الجبوري، منهل عبد السلام 1988. جيولوجية منطقة الموصل شرق نهر دجلة. أطروحة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل، 158 صفحة.
- المكتب الاستشاري الهندسي 2006. ملحق تقرير تحريات التربة لموقع المكتبة الأشورية ومعهد الدراسات المسماوية. جامعة الموصل، كلية الهندسة المدنية، 8 صفحات.
- النقيب، سالم وسليمان، علي 2008. دراسة نوعية المياه الجوفية لمركز جامعة الموصل وتقييم صلاحيتها للري. المؤتمر العلمي الدوري السادس لمركز بحوث السدود والموارد المائية، 27-28 تشرين الاول 2008، ص 141 - 148.
- الصائغ، نبيل 1994. التحري الموقعي للكشف عن وجود تكهفات بواسطة المسح الكهربائي. مجلة هندسة الرافدين، جامعة الموصل، مجلد 12، العدد 3، ص 26 - 53.
- الصائغ، نبيل وعزيز، بشار 2010. تأثير الفوالق والشقوق على منحنيات زمن - مسافة في المسح الزلزالي الإنكساري. المؤتمر العلمي الدوري السابع لمركز بحوث السدود والموارد المائية، 24-25 تشرين الاول 2010، ص 15 - 32.
- شنشل، زينب 2011. تطبيق التصوير المقاومي الجيوكهربائي ثنائي البعد في التحري الموقعي لمشروع المستشفى التعليمي ومشروع اسكان التدريسيين في جامعة الموصل. اطروحة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل 97 صفحة.

المصادر الاجنبية

- ASTM Standard D5777, 2011. Standard Guide for using The Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation. ASTM International, West Conshohocken, Pa, 2011, Doi: 10.1520/D5777- 00r11e01, www.Astm.com
- Bridle, R. 2006. Plus/minus Refraction Method Applied to 3D Block. SEG Expanded Abstracts, Vol. 25, 1421p.
- Dobrin, M. B. 1976. Introduction to Geophysical Prospecting. McGraw Hill Book Co., 3rd edt., New York, 630 p.
- Gamal, M. and Hanafy, S. 2004. Assessment of Seismic Hazards and Engineering Problems at Newly Constructed Cities in Egypt. SEG Technical Program Expanded Abstracts, pp. 490 - 493, doi: 10.1190/1.1845259.
- Griffiths, D. H. and King, R. F. 1981. Applied Geophysics for Geologists and Engineers. 2nd. Edt., Pergamon Press, Oxford, 230 p.

- Haeni, F. P. 1986. Application of Seismic Refraction Methods in Groundwater Modeling Studies in New England. *Geophysics*, Vol. 51, No.2, pp. 236 - 249.
- Hodgkinson, J. And Brown, R. J. 2005. Refraction Across an Angular Unconformity between Nonparallel Ti Media. *Geophysics*, Vol. 70, D19 - D28.
- Lanz, E., Maurer, H. and Green, A.G. 1998. Refraction Tomography over a Buried Waste Disposal Site. *Geophysics*, Vol. 63, pp. 1414 - 1433.
- McCann, D. M., Jackson, P. D. and Culshaw, M. G. 1987. The use of Geophysical Surveying Methods in the Detection of Natural Cavities and Mine Shafts. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, London. Vol. 20, pp. 59 - 73.
- Mooney, H. M. 1981. *Handbook of Engineering Geophysics*, Bison Instruments Inc., Minnesota, U.S.A.
- Parasnis, D.S. 1972. *Principles of Applied Geophysics*, 2nd ed., London, Chapman and Hall LTD. 214 p.
- Reynolds, J. M. 2003. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Reynolds Geo-Science Ltd., U. K., 796 p.
- Yilmaz, O., Eser, M. and Berilgen, M. 2006. Seismic, Geotechnical, and Earthquake Engineering Site Characterization. *SEG Expanded Abstracts*, Vol. 25, 1401 p.
- Lankston, R. 1989. The Seismic Refraction Method: A Viable Tool for Mapping Shallow Targets in the 1990's. *Geophysics*, Vol. 54, No. 2, pp. 1 - 6.