

**تقييم الكتل الخرسانية باستخدام تقنية رادار الاختراق الارضي**

حيدر عبد الزهرة الدباغ احمد عمران عبد الكريم هالة احمد داوود

وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة الفضاء والاتصالات- مركز الجيوفيزياء والموارد المائية

بغداد- العراق

**الخلاصة**

رادار الاختراق الارضي (GPR) يستخدم بصورة واسعة في هندسة المباني والانشاءات. اختيرت هذه التقنية لاجراء دراسة لتقييم الكتل الخرسانية لتحديد كمية حديد التسليح والعيوب التي طرأت عليها اثناء عملية الصب، وكذلك لكشف وتحديد مواقع الفجوات الهوائية والتشققات والتكسرات، وتحديد سمك الكتل الخرسانية في عدة مواقع. استخدم هوائي من النوع المغلف (Shielded Antenna) بالتردد (1.6, 1GHz) لجمع البيانات الحقلية. اجريت المسوحات الرادارية على نماذج الكتل الخرسانية بطريقة المسح الشبكي، لبيان تفاصيل مكوناتها. بينت الدراسة امكانية تحديد كميات حديد التسليح والعيوب المصاحبة لعملية الصب بالاضافة الى امكانية قياس سمك الكتل الخرسانية.

**الكلمات المفتاحية:** الهوائيات المدرعة، العزم الثنائي ، توهين الاستطارة وتوهين التوصيلية الكهربائية.

**Evaluation of Concrete Blocks by Using GPR Technique**

Hayder Abdulzahra Al-dabbagh Ahmed Omran Abdulkareem Hala Ahmed Dawood

Ministry of Science and Technology/ Space Technology and Communication

Directorate / Center of Geophysics and Water Resources

Baghdad- Iraq

E-mail: dr.haider\_aldabbagh@yahoo.com

**Abstract**

The Ground Penetrating Radar (GPR) technique have been widely used in engineering constructing evaluation. This technique was chosen to evaluate the concrete and to determine the amount of rebars, detect the voids and cracks and thickness measurement of concrete for many concrete structures. Two shielded antennas were with center frequencies 1.6 and 1 GHz were used to collect the data. The survey was carried out with grid, using hundred profiles. The study showed the ability of the GPR technique to determine the amount of rebars, detect the voids and cracks and thickness measurement of concrete.

**Key Word:** Shielded Antenna, Dipole Moment, Scattering Attenuation, and Eclectic Conductivity Attenuation.

## المقدمة

اعماق مختلفة تصل في بعضها الى 41 سم من سطح الجسر، وقام بمقارنة النتائج مع الصور الحرارية للنماذج. وكذلك استخدمه (Parkinson, 2008) في الكشف عن الفجوات والتآكل الذي طرأ على حديد التسليح في بطانة نفق للمياه في ولاية فيكتوريا/ كندا، حيث استخدم هوائي بتردد 1GHz. كما قام (Bala, et al., 2011) باستخدام نفس التقنية لتقييم ارضية خرسانية في كلية الهندسة/ الهند، حيث استخدم الهوائي بتردد 1GHz واستطاع الكشف عن طبقات حديد التسليح والطبقات السفلى للكتل الخرسانية. وكذلك استخدمه (Preston, 2011) في تقييم الفجوات وحديد التسليح في الكتل الخرسانية، في سان انتونيو/ تكساس، حيث استخدم هوائي بتردد 1.6 GHz. وكذلك قام (Michael, et al., 2004) باستخدام هوائيين بتردد 1.5GHz, 900MHz لتقييم ارضية خرسانية والطبقات التحتية في مدينة كارلتون/ تكساس.

تهدف الدراسة الى تقييم الكتل الخرسانية والكشف عن كميات حديد التسليح وبيان عيوبها وتحديد الفجوات والتكسرات، فضلا عن تحديد سمك الكتل الخرسانية باستخدام رادار الاختراق الارضي.

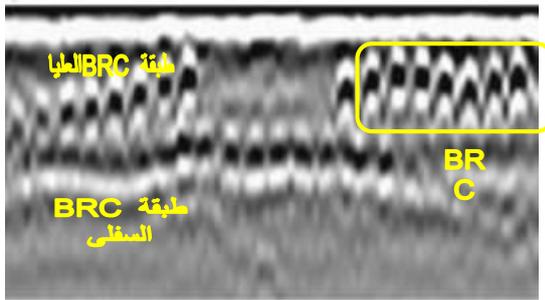
## المواد وطرق العمل

## العمل الحقل

اجريت الدراسة على انواع مختلفة من الكتل الخرسانية لأبنية داخل مجمع وزارة العلوم والتكنولوجيا في بغداد، منها كتل خرسانية ارضية مسلحة بمشبيك حديدي (BRC) بابعاد (12×12) متراً، واخرى سقوية بابعاد (9×1.2) متراً، وعدد من الكتل الخرسانية الجدارية المسلحة بحديد التسليح بابعاد مختلفة. اخذت العديد من المسارات المتوازية والمقاربة وحسب متطلبات العمل. اذ استخدم نوعان من الهوائيات المدرعة ذات الترددات العالية لجهاز رادار الاختراق الارضي، بترددين (1.6 and 1GHz)، وهو من انتاج شركة

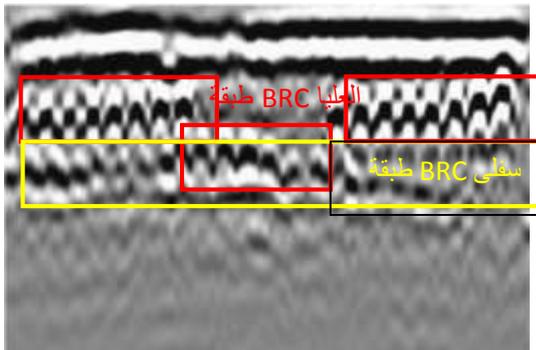
ان تقييم الكتل الخرسانية والكشف عن كميات حديد التسليح والعيوب التي طرأت عليها اثناء الصب او تأكلها بمرور الزمن، وكذلك كشف وتحديد مواقع الفجوات الهوائية والعيوب الاخرى وما تسببه من مشاكل مستقبلية في تكوين التشققات والتكسرات، فضلا عن تحديد اسماكها، ومن دون القيام بتدميرها، تعتبر من الامور المهمة في تقليل زمن وكلفة عمليات المعالجة. ومن الاجهزة المهمة في هذا المجال هو جهاز رادار الاختراق الارضي ((Ground Penetrating Radar) GPR)، وهو من التقنيات الجيوفيزيائية غير الاتلافية، يستخدم الموجات الراديوية (Radio Waves) في الكشف عن الاهداف الموجودة تحت السطح، اعتماداً على التباين (Contrast) في العزل الكهربائي (Dielectric) بين الاهداف والوسط المحيط (Annan, 2005)، (Johansson and (Friborg, 2005).

يعمل جهاز الـ (GPR) من خلال تثبيت المرسل (Transmitter) والمستقبل (Receiver) بشكل هندسي، يفصل بينهما مسافة ثابتة تعتمد على تردد الهوائي. اذ يتحرك الهوائي فوق السطح فيقوم المرسل بارسال الاشارة الرادارية الى داخل الارض، ويعمل المستلم على تسجيل الاشارة المنعكسة من سطوح الاجسام لتكوين صورة رادارية (Radargram) للجسم المدفون (Kun, et al., 2009) (Uduwawala, et al., 2005). استخدم (David, et al., 2008) هذه التقنية لتقييم الكتل الخرسانية لجسر في مدينة واشنطن، حيث استخدم هوائي بتردد 1.5 GHz لاعطاء تقييم شامل ودقيق لاربعة عشر نموذج من الكتل الخرسانية للجسر، حيث تم الكشف عن اوتار حديد الاستيل على عمق 25 سم الموجودة في قناة بلاستيكية ضمن الكتل الخرسانية للجسر، وكذلك الكشف عن الفجوات الهوائية على



شكل (1) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية ارضية، يظهر فيها مجموعة من المشابك الحديدية (BRC)، على شكل طبقتين عليا وسفلى.

في الشكل (2) لوحظ ان ترصيف المشابك الحديدية للطبقة العليا اكثر ثباتا مما هو عليه في الشكل (1). بينما لوحظ الانحراف الحاصل في الطبقة العليا واضحا في الشكل (3).



شكل (2) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية ارضية، تظهر فيها طبقتان من المشابك الحديدية (BRC)، المشبكان الايمن واليسر للطبقة العليا مترصقان بشكل جيد، بينما جزء المشبك الوسطي (اللون الاحمر) قد سقط على جزء المشبك الوسطي للطبقة السفلى (اللون الاصفر) فظهر وكأنه طبقة واحدة، الهوائي المستخدم 1GHz.

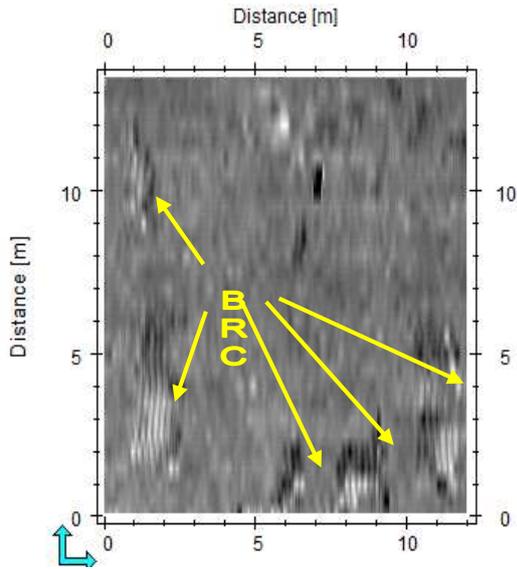
Mala Geosciences السوية، كما استخدمت برامج التشغيل والتفسير من نفس الشركة المصنعة وهي: البرنامج التشغيلي (Ground Vision)، وبرنامج التحليل والتفسير (Rad Explorer)، وبرنامج (Easy3D) جمع البيانات ليظهرها ثلاثية الابعاد. اختير عداد العجلة لحساب المسافة. كما تم اختيار المعاملات التالية لتشغيل الهوائي (1GHz) والتي كانت ملائمة لعمل الجهاز بافضل صورة:

Frequency: 11189 MHz, Sampling( Number of Stacks:1, Number of Samples: 512 ,Time Window: 46 ns, Trace Interval: 0.050 m, 0.001 m) .  
والمعاملات التالية لتشغيل الهوائي ( 1.6 GHz) والتي كانت ملائمة لعمل الجهاز بافضل صورة:

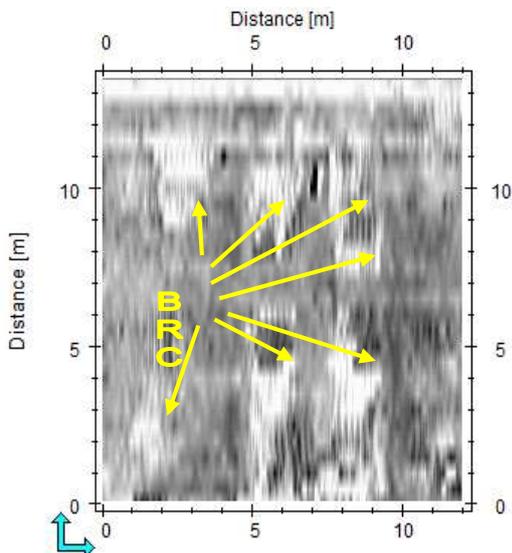
Sampling Frequency: 49506 MHz,( Number of Stacks: 2, Number of 7 ns, Samples: 354, Time Window: Trace Interval: 0.005 m)

### النتائج والمناقشة

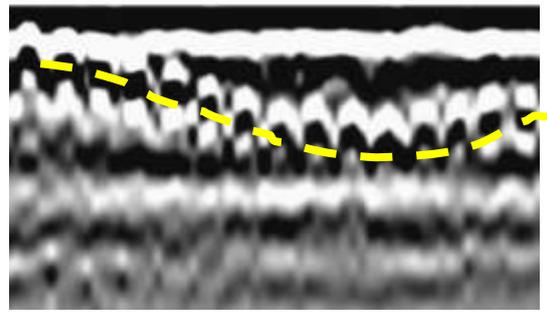
في الكتلة الخرسانية الارضية ذات الابعاد (12×12) متراً لوحظ وجود طبقتين من المشابك الحديدية (BRC) عليا وسفلى، يظهر في الطبقة العليا مشبكين حديديين، وعدم ظهور المشبك الثالث (الوسط) بسبب سقوطه على الطبقة السفلى وانطباقه فظهر وكأنه مشبك واحد. وكذلك لوحظ تباين انحرافات في ترصيف المشابك الحديدية. كذلك لوحظ سمك الكتلة الخرسانية وطول المشبك الحديدي وموقعه بدقة عالية داخل الكتلة الخرسانية كما في الشكل (1) وباستخدام هوائي ذو تردد 1GHz.



شكل (5) منظر من الاعلى لشريحة على عمق 5 سم لكتلة خرسانية ارضية ثلاثية الابعاد، اذ تظهر الاجزاء العليا من طبقة ال-BRC. باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.

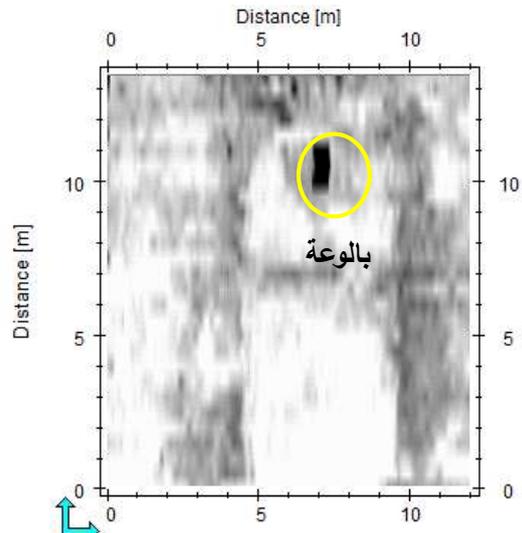


شكل (6) منظر من الاعلى لشريحة على عمق 7 سم لكتلة خرسانية ارضية ثلاثية الابعاد، اذ تظهر الاجزاء العليا من طبقة ال-BRC. باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.

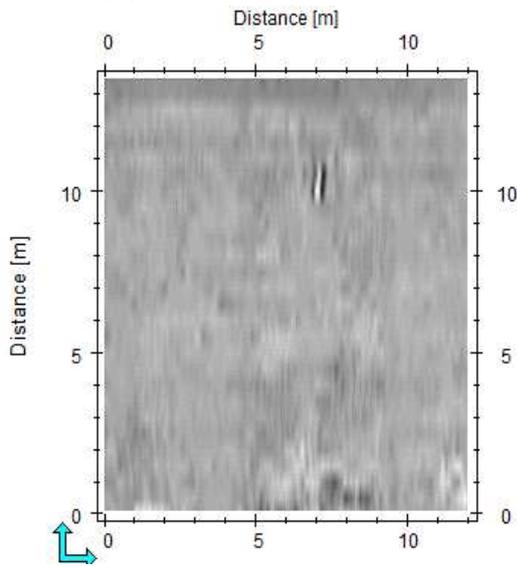


شكل (3) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية ارضية، يظهر فيها انحراف واضح في المشبك الحديدي (BRC) من السطح الى الطبقة الثانية، باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.

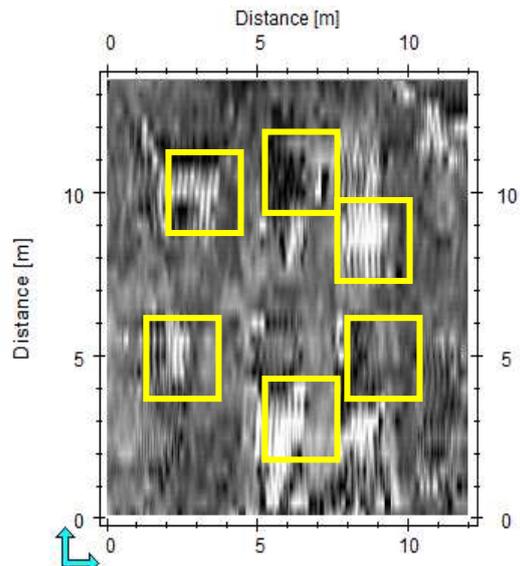
بلغ مجموع المسارات التي اجريت على الكتلة الخرسانية الارضية 30 مساراً، جمعت هذه المسارات لتكوين صورة رادارية ثلاثية الابعاد، كما في الاشكال (4-10)، اذ لوحظ التباين في ظهور المشابك داخل الكتلة الخرسانية من السطح الى الاسفل، بسبب الانحرافات التي طرأت عليها اثناء وبعد عملية الصب. وكذلك نلاحظ وجود بالوعة تخترق سمك الكتلة الخرسانية (الشكل 4).



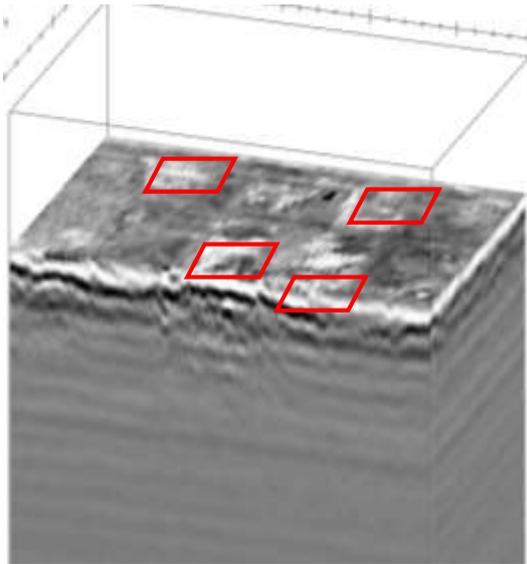
شكل (4) منظر من الاعلى لكتلة خرسانية ارضية ثلاثية الابعاد، على عمق 2 سم. باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.



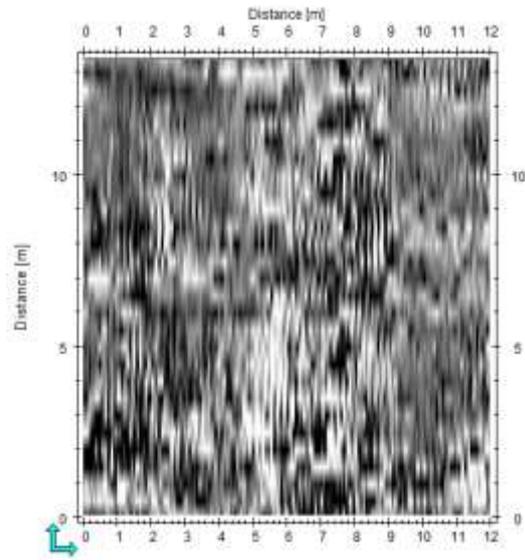
شكل (9) منظر من الاعلى لشريحة على عمق 35 سم لكتلة خرسانية ارضية ثلاثية الابعاد، باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.



شكل (7) منظر من الاعلى لشريحة على عمق 10 سم لكتلة خرسانية ارضية ثلاثية الابعاد، اذ تظهر اجزاء من طبقة ال-BRC. باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.

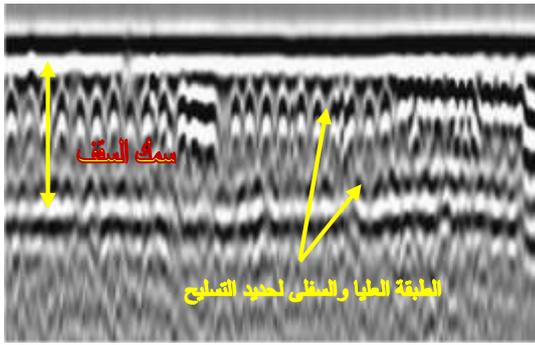


شكل (10) منظر ثلاثي الابعاد للكتلة الخرسانية، تظهر فيها المشابك الحديدية. باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.



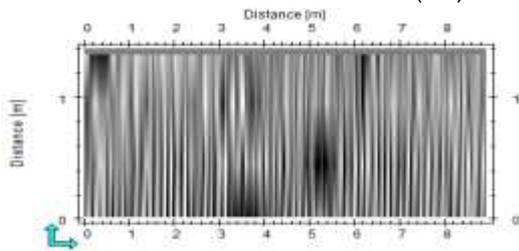
شكل (8) منظر من الاعلى لشريحة على عمق 20 سم لكتلة خرسانية ارضية ثلاثية الابعاد، اذ تظهر الطبقات السفلى من ال-BRC. باستخدام هوائي ذي تردد 1GHz.

اما في الكتلة الخرسانية الجدارية فلوحظ وجود طبقة من حديد التسليح منتظمة الرصف يمكن حساب عدد قضبانها الحديدية بسهولة، كما يمكن حساب سمك الجدار، كما في الشكل (11).



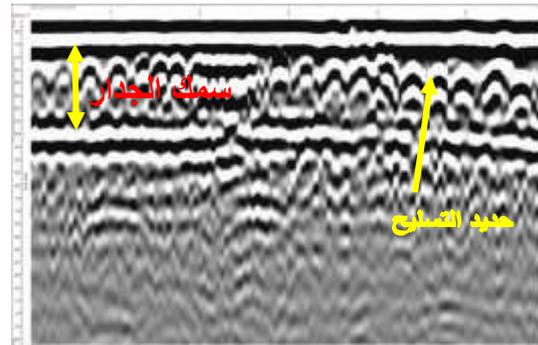
شكل (14) صورة رادارية لمسار على سقف خرساني، تظهر فيها طبقتين من حديد التسليح، كما نلاحظ سمك السقف. الهوائي المستخدم .1GHz

بلغ مجموع المسارات التي اجريت على الكتلة الخرسانية السقفية 20 مساراً، جمعت هذه المسارات لتكوين صورة رادارية ثلاثية الابعاد، كما في الشكل (15).



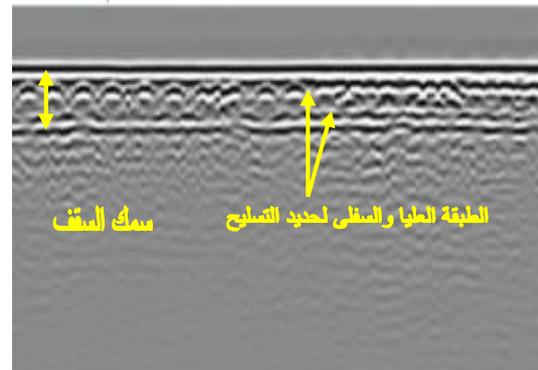
شكل (15) منظر من الاعلى ثلاثي الابعاد على عمق 7 سم لسقف خرساني ،. اذ نلاحظ ظهور حديد التسليح. الهوائي المستخدم 1GHz.

بينت النتائج ان عملية اجراء القياسات على الكتل الخرسانية للحصول على صورة رادارية ذات قدرة تحليلية عالية تتطلب توفر شروط يجب الاخذ بها، لكي لا نفقد التفاصيل الدقيقة التي قد تكون مهمة جدا خصوصا اذا كان العمل يتطلب هذه الدقة كما في تقييم السدود والجران المسلحة. فعند اجراء اي قياس يجب الاخذ بنظر الاعتبار المسافة الفاصلة بين مسار واخر وان لا تتجاوز هذه المسافة لحدود تؤدي الى فقدان تفاصيل البيانات ما بين المسارين، بينت القياسات انه عندما يراد تحديد قطر القضيب الحديدي او المسافة الفاصلة بين قضيب واخر او معرفة تفاصيل دقيقة عن التشققات الصغيرة، يجب ان لا تتجاوز المسافة الفاصلة بين

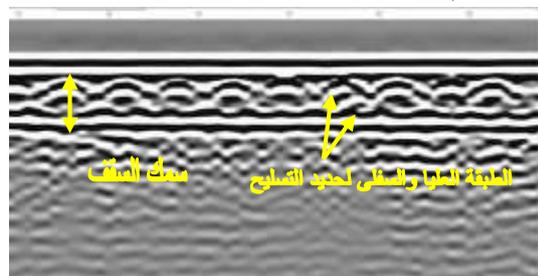


شكل (11) صورة رادارية لمسار على جدار خرساني، تظهر فيها طبقة من حديد التسليح، كما نلاحظ سمك الجدار. باستخدام هوائي ذي تردد .1GHz

بينما في الكتلة الخرسانية السقفية لوحظ وجود طبقتين منتزمتين من حديد التسليح، اذ تظهر الطبقة العليا اكثر وضوحاً، بسبب تاثير اشارتها في توهين الانعكاسات الصادرة عن الطبقة السفلى كما في الاشكال (12-14)



شكل (12) صورة رادارية لمسار على سقف خرساني، تظهر فيها طبقتان من حديد التسليح، كما نلاحظ سمك السقف. الهوائي المستخدم 1GHz.



شكل (13) صورة رادارية مكبرة لمسار على سقف خرساني، تظهر فيها طبقتان من حديد التسليح، كما نلاحظ سمك السقف. الهوائي المستخدم 1GHz.

وان نسبة قليلة منها سوف تمر خلال الوسط. يقال عن هذه الخسارة في الطاقة بتوهين الاستطارة (Harry, 2009) (Abdulkareem, ) (et al., 2013). اما التوهين الحاصل بسبب التوصيلية الكهربائية للوسط (بسبب زيادة رطوبة الوسط) فعند سقوط النبضة الكهرومغناطيسية خلال الوسط فان شحنات الوسط ستكون مستقطبة بتأثير المجال الكهربائي للموجــــــــــــــــة الكهرومغناطيسية (Salih, 2008). اي ان الجزيئات المشحونة سوف تصطف مكونة مايسمى بثــــــــــــــــائي القطب المحتث (Dipole moment) (Harry, 2009). ان لثنائي القطب المحتث مجال كهربائي معاكس للمجال الكهربائي للنبضة الساقطة. وبالتالي يحد من شدته. تعتمد كثافة ثنائي القطب على شدة المجال الكهربائي الساقط (Johansson) (Hannu, 2008) and Friberg, 2005. اما اذا كانت ثنائيات القطب حرة الحركة (ثنائيات القطب لجزيئات الماء الموجودة بين جسيمات الوسط) فان عملية الاستقطاب والازاحة تحول بعض من الطاقة الكهرومغناطيسية الى حرارة، نتيجة تصادمها مع بعضها، وبذلك يحدث توهين بالاشارة الرادارية. لذا فالموجة الرادارية تخترق الاوساط ذات المقاومة العالية أكبر من الاوساط ذات التوصيلية العالية، (Eyuboglu, et al.,) (2004)(Suvarna, 2004).

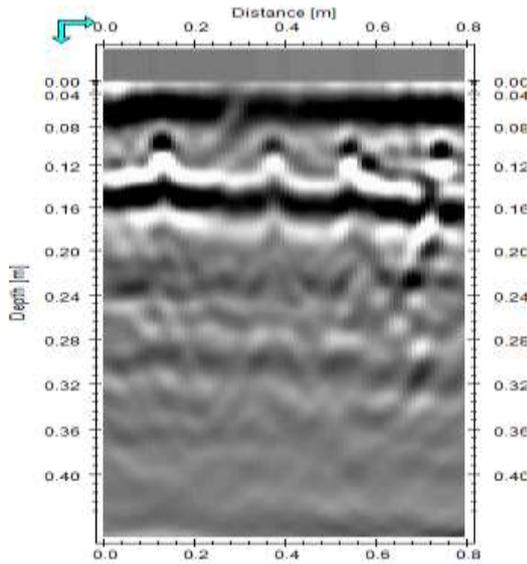
استخدم هوائي ذو تردد 1.6 GHz للحصول على نتائج تقييم اكثر دقة ، اذ تم اختيار عينة من جدار خرساني بابعاد  $0.8 \times 1.5$  متراً. اجري عدد من المسارات المتوازية والمتقاربة فيما بينها بلغ مجموعها لكل صورة رادارية ثلاثية الابعاد 80 مساراً. نلاحظ في الاشكال (16-19) صور رادارية للمسارات على النموذج المختار من الجدار الخرساني، اذ يظهر بوضوح اعداد حديد التسليح

مسارين متوازيين 1-3 سم، والا سوف لن تكون البيانات المستحصلة دقيقة. من ناحية اخرى وجد انه يجب اختيار معامل تشغيل الهوائي Trace Interval (وهو المسافة الفاصلة بين ارسال الاشارة الرادارية والاشارة التالية) مناسب ويفضل ان يكون اقل ما يمكن لعدم فقدان اي تفاصيل دقيقة قد تكون مطلوبة. ولكن هذه الاجراءات تتعارض مع سرعة العمل والجهد.

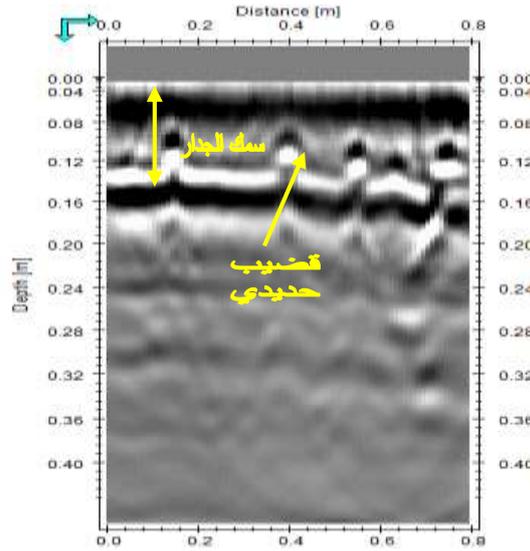
لقد لجأ بعض المختصين والعاملين في هذا المجال الى استخدام تقنية اكثر تطوراً وهي استخدام هوائيات متعددة القنوات (Multi channel) والتي تتميز بكفاءتها العالية في اجراء المسوحات ولمساحات كبيرة وفترات زمنية قصيرة وقدرة تحليلية ودقة عاليتين. او استخدام برنامج (Reflexw 3D) وهو اكثر تطوراً من برنامج (Easy 3D)، اذ يمكن اجــــــــــــــــراء قياسات شبكية للموقع وجمع البيانات الشبكية باستخدام هذا البرنامج، للحصول على نتائج دقيقة قريبة من دقة البرنامج (Easy 3D) المستخدم.

لذا للحصول على نتائج تقييم اكثر دقة واظهار تفاصيل دقيقة لا تظهر عند استخدام هوائي بتردد 1GHz، يستخدم هوائي بتردد اعلى يكون ذا قدرة تحليلية اكبر، حيث تتناسب القدرة التحليلية (Resolution) مع تردد الهوائي (Korcza, et al., 2012). غير ان القدرة التحليلية للترددات العالية تصاحبها قدرة اختراق اقل للموجة الرادارية، وذلك بسبب عاملين مؤثرين على الاشارة الرادارية هما توهين الاستطارة وتوهين التوصيلية الكهربائية (Harry, 2009) (Jorge and William, 2007). اذ يكون تأثير توهين الاستطارة للامواج الكهرومغناطيسية ذات الاطوال الموجية الكبيرة (تردد قليل) غير محسوس بسبب الابعاد الصغيرة لدقائق الوسط. اما الاطوال الموجية القريبة من ابعاد دقائق الوسط (تردد عالي) فان مقدار كبير من الطاقة الساقطة سوف يتشتت،

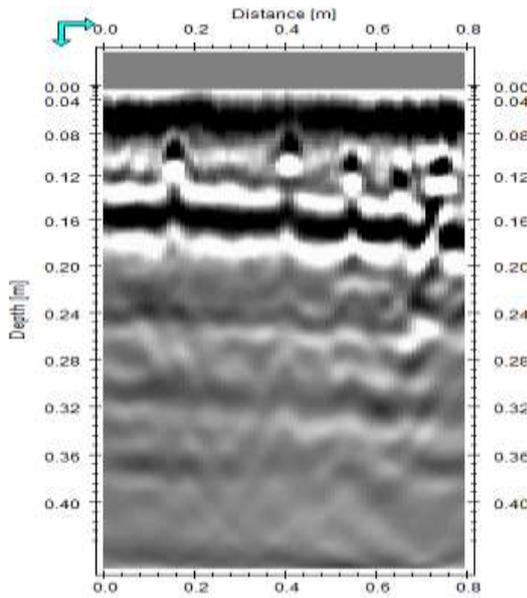
والمسافة الفاصلة بينهما وكذلك سمك الجدار، ويقدره تحليلية اكبر من الهوائي ذي التردد 1GHz.



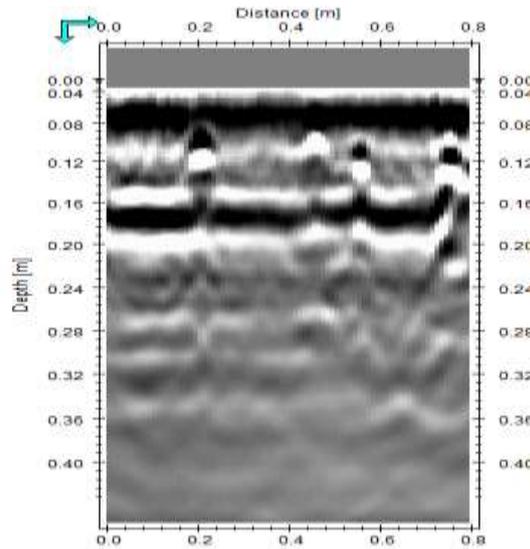
شكل (18) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية جدارية، تظهر فيها طبقة من حديد التسليح، الهوائي المستخدم 1.6 GHz.



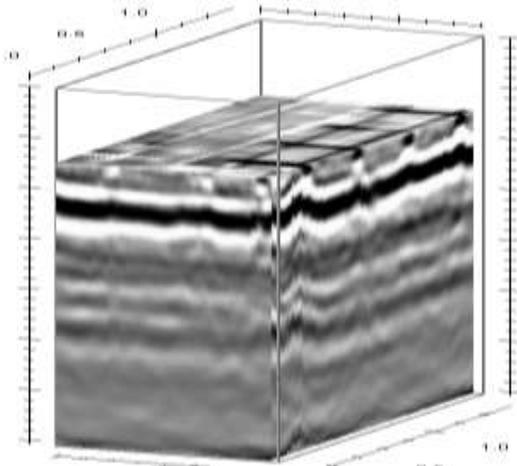
شكل (16) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية جدارية، تظهر فيها طبقة من حديد التسليح، الهوائي المستخدم 1.6 GHz.



شكل (19) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية جدارية، تظهر فيها طبقة من حديد التسليح . الهوائي المستخدم 1.6 GHz.

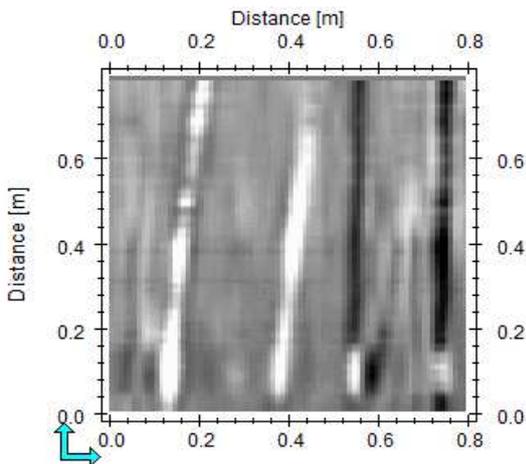


شكل (17) صورة رادارية لمسار على كتلة خرسانية جدارية، تظهر فيها طبقة من حديد التسليح، الهوائي المستخدم 1.6 GHz.



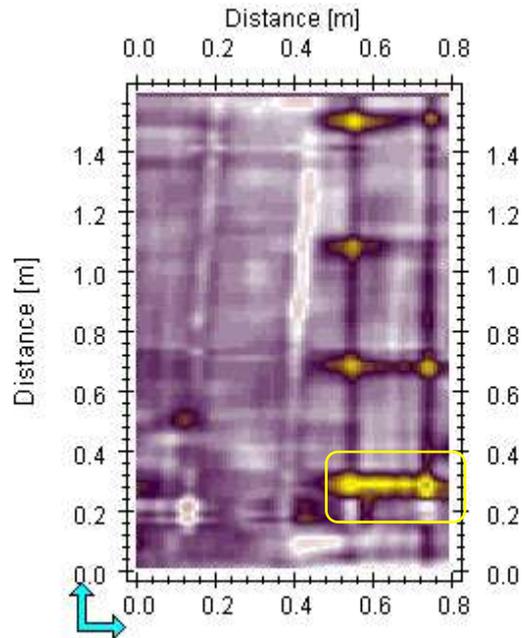
شكل (21) صورة رادارية مجسمة لكتلة خرسانية  
جدارية، تظهر فيها طبقة من حديد التسليح،  
الهوائي المستخدم 1.6 GHz

من خلال تحليل البيانات وجد ان المسافة  
الفاصلة بين مسار واخر لها اهمية بالغة في  
اعطاء صورة واضحة وقدرة تحليلية عالية عند تقييم  
النموذج، اذ نلاحظ من الشكل (22) صورة رادارية  
ثلاثية الابعاد تكونت من جمع 10 مسارات متوازية،  
المسافة الفاصلة بينهما 8 سم، فتسبب هذا في عدم  
ظهور القضبان الحديدية العرضية. وكذلك فقدان  
كثير من البيانات المهمة الاخرى مثل العيوب  
الدقيقة وغيرها.



شكل (22) صورة رادارية ثلاثية الابعاد تكونت من  
جمع 10 مسارات متوازية، المسافة بينهما 8 سم،  
الهوائي المستخدم 1.6 GHz

تم تجميع المسارات والبالغ عددها 80 مساراً،  
حيث كانت المسافة الفاصلة بين مسار واخر 2  
سم ، لتكوين صورة رادارية ثلاثية الابعاد كما  
في الشكلين (20 و 21) اذ نلاحظ وبوضوح ظهور  
طبقة حديد التسليح على شكل شبكة منتظمة، يمكن  
من خلالها اجراء التقييم بدقة اعلى وبموثوقية اكبر،  
اذ يمكن تمييز العيوب الدقيقة، فنلاحظ من الشكل  
ظهور احد العيوب الدقيقة في الكتلة الخرسانية،  
والتي قد لا يعتد بها في الجدران او الكتل الخرسانية  
الاخرى ولكنها قد تكون ذات اهمية بالغة عند تقييم  
السدود والجسور.



شكل (20) صورة رادارية ثلاثية الابعاد لكتلة  
خرسانية جدارية، تظهر فيها طبقة من حديد  
التسليح مع بعض العيوب الدقيقة . الهوائي  
المستخدم 1.6 GHz

## الاستنتاجات

Penetrating Radar" Research Report Washington State Transportation Center (TRAC) Washington State University Department of Civil & Environmental Engineering.

**Eyuboglu, S.;** Mahdi, H. and AlShukri, H. (2004) "Detection of Water Leaks Using Ground Penetrating Radar" Department of Applied Science University of Arkansas at Little Rock, USA, 122.

**Harry, M. J.** (2009) "Ground Penetrating Radar Theory and Applications" First Edition, Elsevier, 524.

**Hannu, L.** (2008) "Natural Stone Assessment with Ground Penetrating Radar" Estonian Journal of Earth Sciences, 57(3), 149-155.

**Johansson, B. and Friborg, J.** (2005) "Applied GPR Technology Theory and Practice Handbook" First Edition Mala Geosciences, 150.

**Jorge, L. P. and William, A. S.** (2007) "Ground Penetrating Radar Profiles Over Multiple Steel Tanks" Geophysics, 72(2), 77.

**Korczak, R.;** Abd-elhalim, A. and Purchase, B. (2012) " The Use Of Ground Penetrating Radar To Determine An In-situ HMAC Surface Course Lift Thickness Profile: A Case Study-Highway 401, Trenton Ontario" Paper Prepared for Presentation at the Advances in Pavement Evaluation and Instrumentation Session (p 14).

**Kun, F. L.;** Hongb, R.; Kangc, Y. M.; Wangd, C. S. and Lina, K. A. (2009)

- امكانية استخدام الترددات العالية لهوائيات رادار الاختراق الارضي في تقييم الكتل الخرسانية، من حيث نوع التسليح واعداد واقطار قضبان الحديد والمسافة الفاصلة بينهما، فضلا عن عيوب الكتل الخرسانية الكبيرة والدقيقة واعماقها واحجامها.

- كانت القدرة التحليلية للهوائي 1.6 GHz اكبر من القدرة التحليلية للهوائي 1GHz مما جعلت منه اكثر كفاءة في تقييم الكتل الخرسانية، وبالتالي فان الترددات الاعلى من ذلك ستكون ذات فائدة اكبر في التقييم، ولكن على حساب قدرة الاختراق وزيادة الجهد والوقت.

## المصادر

**Abdulkareem, A.;** Hameed, F.; Muhammed, A. and Ali, S. (2013) "The Effect of Air Reflection on Ground Penetrating Radar (GPR) Data" Journal of Babylon University Engineering Sciences 5(21), 1669-1704.

**Annan, A. P.** (2005) "Ground Penetrating Radar" Investigations in Geophysics, (13), 357-438.

**Bala, D.;** Garg, R. and Jain, S., (2011) "Rebar Detection Using GPR An Emergin non Destructive Qc Approach" International Journal of Engineering Research and Applications (1), 2111-2117.

**David, G. Pollock;** Kenneth, J. Dupuis and Karl, R. Olsen, (2008) "Detection of Voids in Prestressed Concrete Bridges Using Thermal Imaging and Ground "Detecting the Weathering Structure of Shallow Geology Via the Ground

Penetrating Radar" International Journal of Applied Science and Engineering. 6(3), 207.

**Michael**, D. G.; Derek, V. M. and John, T. B., (2004) "Ground Penetrating Radar for Concrete Evaluation Studies" Bryant Consultants, Inc, (1-17).

**Parkinson**, G., (2008) "Ground Penetrating Radar Evaluation of Concrete Tunnel Linings" 12th International Conference on Ground Penetrating Radar, June 16-19, 2008, Birmingham, UK,(1-11).

**Preston**, S. P., (2011)"Evaluating Concrete Structures Utilizing Ground Penetrating Radar (GPR) "Structural Engineers Association (SEA) (5-8).

**Salih**, S. A. (2008) "Applications of Ground Penetrating Radar (GPR) in Detection Groundwater Table" Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Iraq, 100.

**Suvarna**, S. S. (2004) "Reconstruction of Ground Penetrating Radar Images Using Techniques Based on Optimization" a Thesis Submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, 88

**Uduwawala**, D.; Norgren, M. and Fuks, P. (2005) "A Complete Simulation of a Real GPR Antenna

System Operating Above Lossy and Dispersive Grounds" Progress in Electromagnetic Research, 50, 209–229.