استخدام الطريقة الجذبية الدقيقة لتحديد مواقع التكهفات ومناطق الضعف، وسبل معالجها في نطاق أسس مستشفى دجلة ، تكريت

صبار عبد الله صالح[١] ، ميسر محمد جمعه[١] ، عدنان جايد زيدان[١] ، عباس مجمد ياس[٢]

[١] مركز بحوث الموارد الطبيعية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

[٢] الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ، بغداد ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢٣ / ١١ / ٢٠١٠ ---- **تاريخ القبول:** ١٦ / ٣ / ٢٠١١)

الملخص

استخدمت الطريقة الجذبية الدقيقة للحصول على البيانات الجذبية بواسطة المجذاب الدقيق، وأجريت التصحيحات المطلوبة للحصول على خارطة شذوذات بوجير لتخمين أعماق، امتدادات، وإشكال التكهفات ومناطق الضعف على مسارات منتخبة تحت أسس بناية مستشفى دجلة في تكريت، كما تم تحديد آلية وضغوط الحقن ومادة الحقين المخصصة لمعالجة مناطق الضعف والطرق الهندسية المتبعة لمعالجة التكهفات.

المقدمة

تعد مشكلة ألتكهنات من اخطر المشاكل التي تواجه أسس الأبنية ، وذلك لصعوبة أعمال الصيانة لمثل هذه المشاكل لأنها تقع تحت أسس وأرضيات الأبنية وان أعمال الصيانة مهما كانت كفوءة فإنها لا يمكن أن تعيد الأبنية إلى وضعها الطبيعي بسبب تأثير هذه الظاهرة سلبا على أداء أسس الأبنية وبالتالي التأثير عليها ككل.

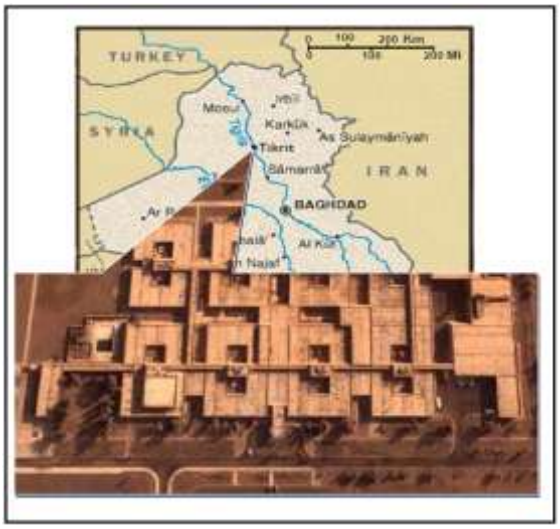
أن هذه الظاهرة تحدث بكثرة في معظم المنشات الهندسية التي تحتوي على منظومات إسالة أو صرف صحي تحت سطحية، فعند حدوث أي تسرب من هذه المنظومات إلى التربة سيغير خواصها وبالتالي حدوث مشاكل خصوصا إذا كانت مكونات التربة قابلة للذوبان كالتربة الجبسية التي تحوي على نسبة عالية من الجبس الثانوي الذي يمتاز بذوبانية عالية. ان محاليل الغسل والتنظيف والمحاليل التي قد تستخدم للأغراض الطبية والتي تطرح بقاياها عبر منظومة الصرف الصحي قد تودي الى تفاقم هذه المشكلة.

ومع تكرار ذوبان مكونات التربة تتكون مناطق ضعف في التربة (التربة المنخورة او المتآكلة) والتي قد تتطور الى تكهفات مما يؤدي إلى تخلخل الضغوط المسلطة على التربة وانخفاض قابليتها على حمل الأسس (Reduction in bearing capacity of soil) وبالتالي حدوث هبوط تفاضلي في الأبنية يكون متبوعا بتكسرات في جدران، سقوف، أرضيات ودعامات الأبنية مما قد يؤدي في بعض الحالات إلى انهيار الأبنية المفاجئ (Sudden Collapse).

ان الموقع قيد الدراسة يمثل موقع مستشفى دجلة للتأهيل الطبي وقد مرت البناية بمعظم المراحل التي ذكرت في أعلاه حيث تكونت مناطق ضعف وتكهفات تحت أنابيب الإسالة والصرف الصحي ولمعالجة هذه الحالة تم إجراء أعمال الحقن عدة مرات تحت الأرضيات بين القنوات لملئ هذه التكهفات وزيادة قابلية التربة على التحمل. لكن هذه المشكلة لم تتوقف عند حد بسبب عدم السيطرة على النضوحات من أنابيب الإسالة والصرف الصحي وبالتالي يتوجب إجراء معالجات جديدة.

يقع المستشفى شمال تكريت على الضفة الغربية لنهر دجلة، عند تقاطع خط الطول E '40 43° ودائرة N '39 34°، شكل رقم (١) يوضح موقع منطقة الدراسة، الذي أسس في عام ١٩٨٣، وهو مبني بطريقة البناء الهيكلي من الهياكل الكونكريتية، ذات أسس منفصلة بابعاد ١x١ متر. أبعاد الموقع قيد الدراسة ١٥٠x٢٢٠ مترا. بدأت المشكلة بالظهور عام ١٩٩٢، حيث شوهدت تشققات في الجدران وتكهفات تحت الأرضيات والأسس، هذه المشاكل أثرت كثيرا على شبكة الأنابيب والقابلوات.

قد يكون سبب المشكلة هو حدوث تكسر في أنابيب الإسالة والمجاري بسبب الاهتزازات العنيفة التي تعرض لها نطاق الأسس بسبب الانفجارات الشديدة التي طالت المناطق المجاورة أثناء حرب ١٩٩١.



شكل رقم (١): موقع منطقة الدراسة.

تم إجراء بعض المعالجات من قبل منشات وزارة الدفاع عام ١٩٩٢ (اتقارير الفنية معدة من قبل دائرة المهندس المقيم، ١٩٩٢) حيث تم تنفيذ الحقن للمواقع المتضررة وإنشاء بعض القنوات الكونكريتية بعد تشخيص بعض مناطق التكهفات هنا وهناك داخل بناية المستشفى، ولم يذكر تقرير المعالجات كيفية تشخيص التكهفات.

يبدو إن إجراء المعالجات بدون السيطرة على جذور المشكلة ممثلة بوجود رشح من شبكة الأنابيب تحت السطحية لم يجدي نفعا بسبب استمرار ذوبان مكونات التربة الجبسية تحت الأسس ومن ثم استمرار الهبوط التفاضلي وان سمنت الحقن السابق كون ضغوطا جديدة

إضافية على نطاق الأسس وزاد من المشكلة. كما أجرى المكتب الاستشاري الهندسي في جامعة تكريت عام ٢٠٠٤ دراسة أكدت تفاقم المشكلة وضرورة إجراء دراسة جيوفيزيائية لتحديد التكهفات واختيار الأسلوب الأمثل للمعالجة على أساسها، أجريت دراسات جيوفيزيائية جذبية دقيقة في مواقع متضررة مشابهة في محطة كهرباء بيجي الحرارية (Al-Banna et al, 2002)، وشركة الأسمدة في بيجي (المسح الجيولوجي والتحري المعدني، ٢٠٠١).

تهدف الدراسة الحالية إلى التحري عن مواقع الضعف والتكهفات بالطرق الجيوفيزيائية ومن ثم تحديد أعماقها وأبعادها ودرجة الضرر وطرح المعالجات المناسبة بما في ذلك تحديد أعماق الحقن والضغط اللازم للحقن ونوع وكميات المواد الملائمة للحقن.

جيولوجية المنطقة:

ان ترسبات العصر الرباعي تغطي سطح الموقع قيد الدراسة، بينما الترسبات تحت السطحية ممثلة برسوبيات ماقبل الرباعي التي ترسبت في العصر الثلاثي (مابين المايوسين المتوسط – البلايوسين) وتتمثل هذه الرسوبيات بتكوينات الفتحة، انجانة، مقدادية وباي حسن. (Barwary and Slewa, 1991). تتمثل ترسبات الرباعي في المنطقة بالترسبات المالئة للوديان (حصى ورمل والفتات الصخري)، المراوح الغرينية (حصى ورمل)، والتربة الجبسية (Gypcrete) (الجبسم الثانوي و والفتاتيات الجبسية)، والشرفات النهرية river terraces، إن الموقع قيد الدراسة يقع على الشرفات النهرية ذات الترسبات الحصوية الغنية بالجبسم الثانوي كمادة لاحمة بين الترسبات الفتاتية وتغطى هذه الشرفات بطبقة رقيقة من التربة الجبسية الحديثة وهي أكثر الترسبات تواجدا في المنطقة قيد الدراسة. إشارة إلى الخارطة الجيولوجية، وهي عبارة عن جبس ثانوي متبلور يربط مكونات ال (loam) الذي هو خليط من الطين والرمل والمادة العضوية، بالإضافة الى وجود الحصى، وعادة ما تكون التربة مضغوطة ويميل لونها الى السمرة. ويتراوح سمكها بين ٢ إلى ٤ متر. وهذا النوع من الترسبات (الجبكريت) يذوب بسهولة مكونا تكهفات وتجاويف ومناطق ضعف، وبالتالي تأثر كثافة الترسبات وتغير خواصها الفيزياوية والهندسية. التكهفات ربما تملا بالماء او الهواء مما يؤدي الى تباين الكثافة مع الصخور المجاورة (شكل رقم –٢).

التحريات الجيوفيزيائية عن التكهفات

يعد التشخيص الدقيق لمواقع التكهفات ومناطق الضعف تحت أسس الأبنية من أهم المشاكل التي تعترض المعالجات خصوصا في نطاق أسس المناطق المبنية وذلك لتعقيد التراكيب تحت السطحية في هذا النطاق، وذلك لتواجد قنوات شبكة الصرف الصحي وأنابيب الإسالة والتاسيسات الكهربائية وشبكة الأسس، ومما يزيد الأمور تعقيدا عند التحري عن التكهفات هو وجود أعمال حقن سابقة لنطاق الأسس، مما يجعل معظم الطرق الجيوفيزيائية غير فعالة في المناطق المبنية لتأثرها الشديد بالضوضاء. وتعد الطريقة الجذبية وخاصة الطريقة الجذبية الدقيقة من أهم هذه الطرق لكونها اقلها تأثرا بالضوضاء.

الطريقة الجذبية الدقيقة التي استخدمت في هذه الدراسة هي تقنية تستخدم لقياس التغاير في الحقل ألجذبي الأرضي في مواقع مختلفة. وهي تعتمد على قانون نيوتن للجاذبية (الجاذبية المتبادلة بين كتلتين). وهي تعتمد بالتالي على تغاير الكثافات لمكونات التربة او الصخور تحت سطح الأرض، هذا التغاير في الكثافة يمكن ان يفسر لتحديد موقع وعمق وامتدادات وشكل التكهفات ومناطق الضعف (Parasnis, 1973). وهذا التقنية استخدمت في العديد من التطبيقات الهندسية بضمنها مواقع التجاويف تحت السطحية وفي دراسات السدود والأنفاق ومسح مواقع بناء المنشات. إن القياسات الجذبية في هذه التقنية هي قياسات نسبية، أي أنها تقيس تغاير الكثافة بين محطة وأخرى. وفي التطبيقات الهندسية تقرأ القياسات الجذبية في شبكة من النقاط او على طول مسارات محددة وبفاصلة بين محطة وأخرى لاتزيد عن ٥ أمتار على ان تكون دقة تحديد كل موقع بنسبة خطا اقل من ٠,٠٠٥ متر. البيانات التي تقرأ من الجهاز تجري عليها عدة معالجات وتصحيحات لإزالة تأثير المكونات التي يمكن التنبؤ بها للحقل ألجذبي الأرضي. البيانات الناتجة عن المعالجة والتصحيح تسمى شواذ بوجير الجذبية وتقاس بوحدات مايكروكال.

العمل الميداني للقياسات الجذبية الدقيقة لتحديد مواقع التكهفات ومناطق الضعف:

تم انجاز المسح ألجذبي وفق الخطوات التالية.

المسح الطوبوغرافي:

تم تحديد ١٨٠٠ محطة قياس جذبي داخل وخارج بناية مستشفى دجلة للتأهيل الطبي، على طول المسارات التالية:

١- أربع مسارات رئيسية تمتد على طول الموقع قيد الدراسة وهي (A، B، D و S) (شكل رقم-٣).

٢- ثلاثة مسارات رئيسية عرضية متوازية (E، N و I).

٣- عشرين مسار موزعة على طول الممرات والأروقة واجنحة وردهات المستشفى.(AL1، AL2، AL3، C، F، G، H، Ha، J، K، L، P، Q، T، U، V، W، X، Y، SL و Z).

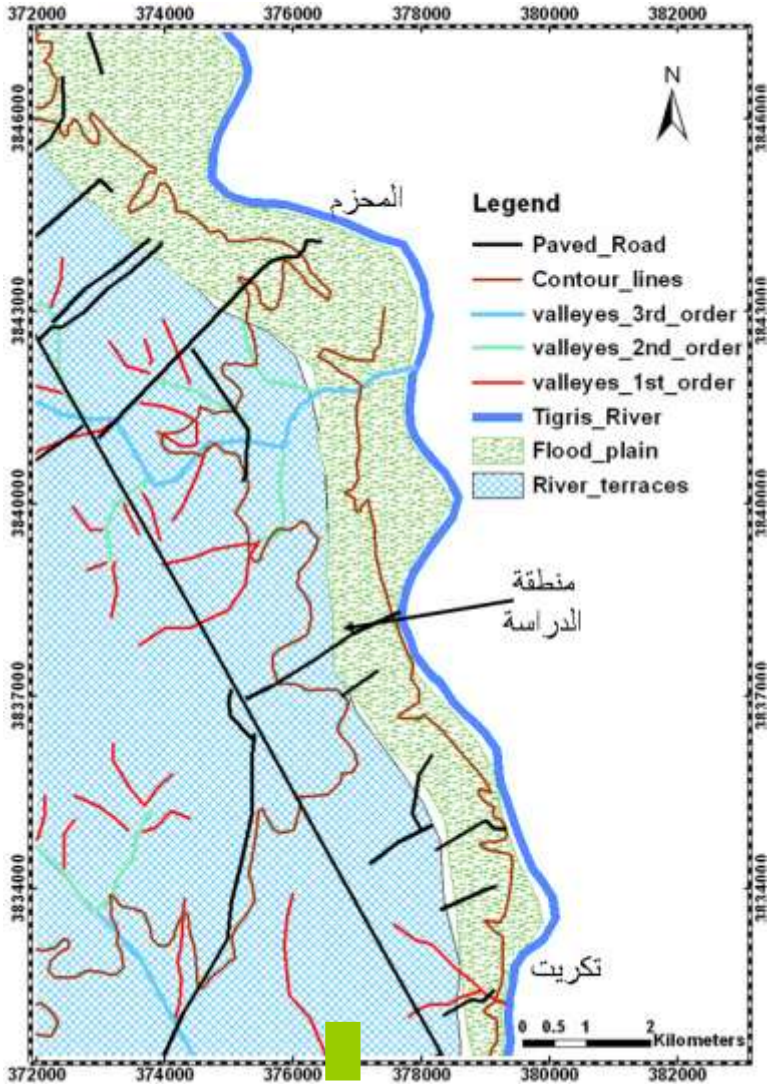
استخدم جهاز تحديد المواقع GPS نوع Garmin XL لقراءة الإحداثيات لزوايا بناية المستشفى. جهاز التسوية نوع Wild NA2 level استخدم لقياس ارتفاعات المحطات الجذبية المختارة في منطقة الدراسة. حيث ان دقة الجهاز تساوي:

$=\pm 2X\sqrt{D}$ (kilometer)

ومثال على ذلك اذا كانت المسافة D= ٤ كم فان دقة الجهاز تكون:

$=\pm 2X\sqrt{4}= \pm 2X2= \pm 4$ mm

كانت دقة الأعمال الطوبوغرافية والتي تمثل دقة قياس ارتفاعات المحطات الجذبية تساوي ٠,٠٠٥ متر. جميع الارتفاعات ثبتت نسبيا (نسبة إلى ارتفاع افتراضي بحدود ١٠ متر). جهاز Total station نوع Lica 405 استخدم لتثبيت الإحداثيات (X, Y) لمحطات القياس حيث استخدم نظام الإحداثيات التربيعية UTM في تحديد الإحداثيات.



شكل رقم (٢): خارطة جيولوجية توضح موقع منطقة الدراسة ضمن ترسبات الشرفات النهرية (River terraces) المغطاة بطبقة رقيقة من التربة الجبسية، مستخلصة من خارطة المسح الجيولوجي والتعدين.

أعمال المسح ألجذبي:

تم إجراء المسح ألجذبي الدقيق على طول المسارات المذكورة في أعلاه حيث تضمنت القراءات في ١٨٠٠ محطة غطت كل منطقة الدراسة، تم اعتماد المسافة الفاصلة بين محطات القياس المتجاورة بواقع مترين. تم إجراء القياسات باستخدام جهاز المسح ألجذبي الدقيق نوع Lacoste & Romberge model D-198، تم اعتماد محطتين مرجعيتين (basic stations) لكل المنطقة الممسوحة. القياسات الجذبية تمت إعادتها في ١٨٠ نقطة أي بواقع ١٠% من العدد الكلي للنقاط لتصحيح التأثيرات المدية وتصحيح ال drift للجهاز نفسه. القياسات الجذبية تم تدقيقها في ١١٩ محطة قياس جذبي كقراءات سيطرة لحساب دقة الجهاز حيث كانت الدقة ٧ مايكروغال. بالإضافة إلى دقة الأعمال الطوبوغرافية والتي وجد أنها تساوي ±0.005 meter وعليه وجد بان الدقة الكلية أو الانحراف المعياري يساوي ٨ مايكروغال.

المعالجات الخاصة بالمسح الجذبي:

القراءات التي اخذت من الجهاز في المحطات الجذبية تمت معالجتها وصححت بالنسبة للتأثير ألمدي وتأثير انحراف الجهاز للحصول على أرقام مصححة لكل المحطات الجذبية، جميع التصحيحات أجريت بالنسبة للمحطة المرجعية الموجودة على المسار B وهي المحطة (B/148). الإحداثيات التربيعية UTM استخدمت لحساب التصحيحات بالنسبة لخطوط الطول لجميع النقاط المقاسة. قيمة الكثافة ١,٩غرام/ سم^{٣} استخدمت بناءا على المعلومات السابقة من خلال جيولوجية الموقع قيد الدراسة لحساب قيم بوجير.

تصحيح بوجير وتصحيح الهواء الحر اجريا اعتمادا على الاختلاف النسبي في الارتفاع للمحطات الجذبية وعلى قيمة الكثافة المعتمدة وقدرها ١,٩غرام/ سم^{٣}. في حين أهمل تأثير التضاريس في معالجة البيانات حيث عد متساويا بالنسبة لجميع نقاط القياس.

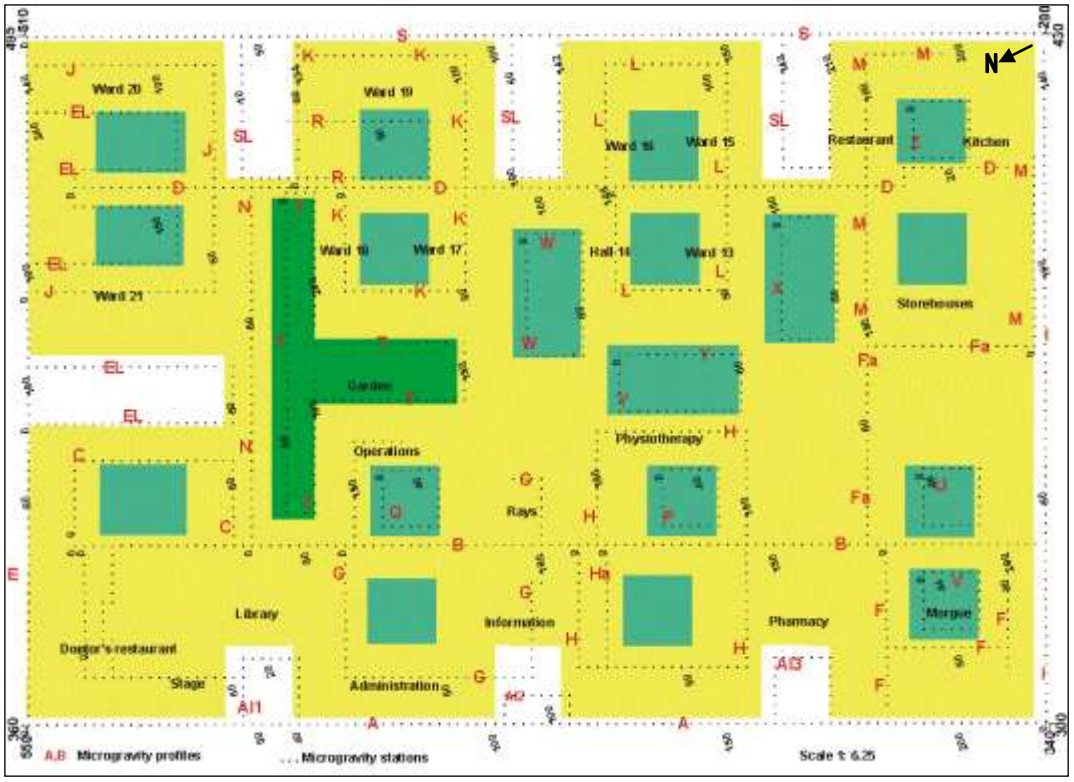
قيم بوجير الجذبية حسبت بالمايكروغال بناءا على المعادلة الرئيسية :

GB=gobs+308.6h-41.9ph+Tc

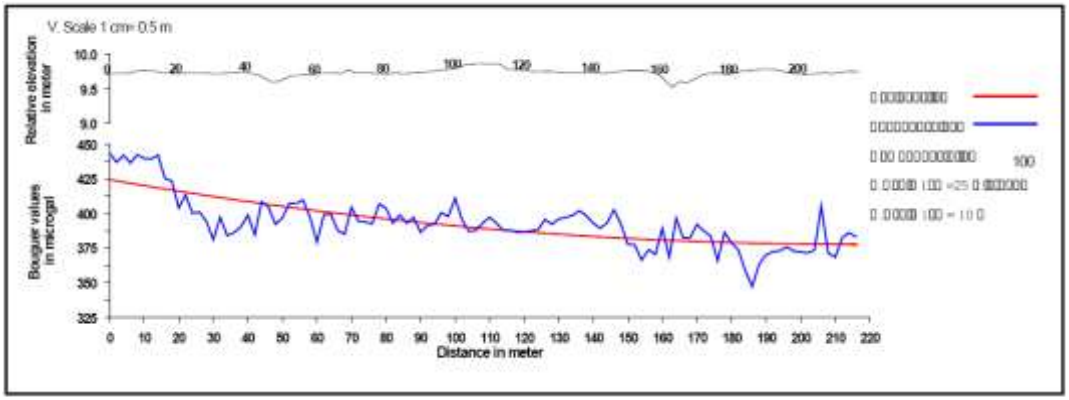
أرقام النقاط والمسارات والإحداثيات التربيعية UTM و والقيم الجذبية المصححة بالملي غال والارتفاعات بالأمتار وقيم بوجير بالمايكروغال لكل محطة تم تنظيمها في (جداول البيانات الجذبية) كنتائج نهائية اعتمدت في التمثيل البياني للمسارات ولفصل الشواذ الإقليمية عن المحلية.

كل مسار تم رسمه بيانيا بواسطة برنامج Grapher حيث مثلت المسافة بالأمتار على المحور السيني، وقيم بوجير بالمايكروغال والارتفاع النسبي بالأمتار على المحور الصادي لتوضيح تأثير الارتفاع النسبي على قيم بوجير (الشكل ٤ إلى شكل ٩).

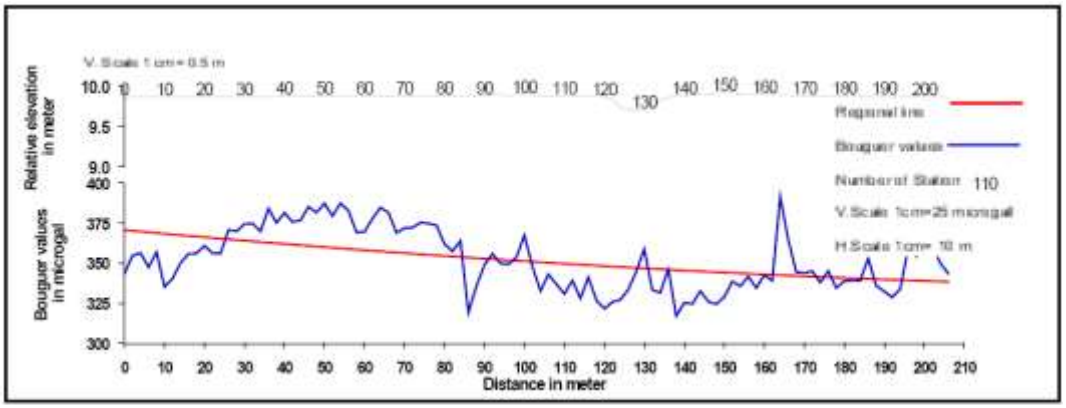
كما استخدم نفس البرنامج لفصل الشذوذات الجذبية المحلية (residual gravity anomalies) من منحنى قيم بوجير لكل مسار. ان الشذوذات المحلية المهمة في هذه الدراسة هي الشذوذات السالبة التي تمثل مناطق التكهفات ومناطق الضعف (مناطق الضعف هي إما تكهفات مليئة بمكونات التربة او الصخور او انها صخور منخورة او متآكلة وقد تكون مشبعة بالماء). الاتجاه العام للشذوذات الإقليمية للمنطقة اخذ بنظر الاعتبار عند رسم المنحنى الاقليمي. بالاعتماد على دقة الجهاز التي حسبت في أعلاه فان الشذوذات المحلية السالبة التي تزيد سعتها عن ٢٠ مايكروغال اعتبرت شذوذات مهمة وتمثل مناطق ضعف أو تكهفات ورسمت في منطقة الدراسة بخط ازرق سميك (شكل ١٠).



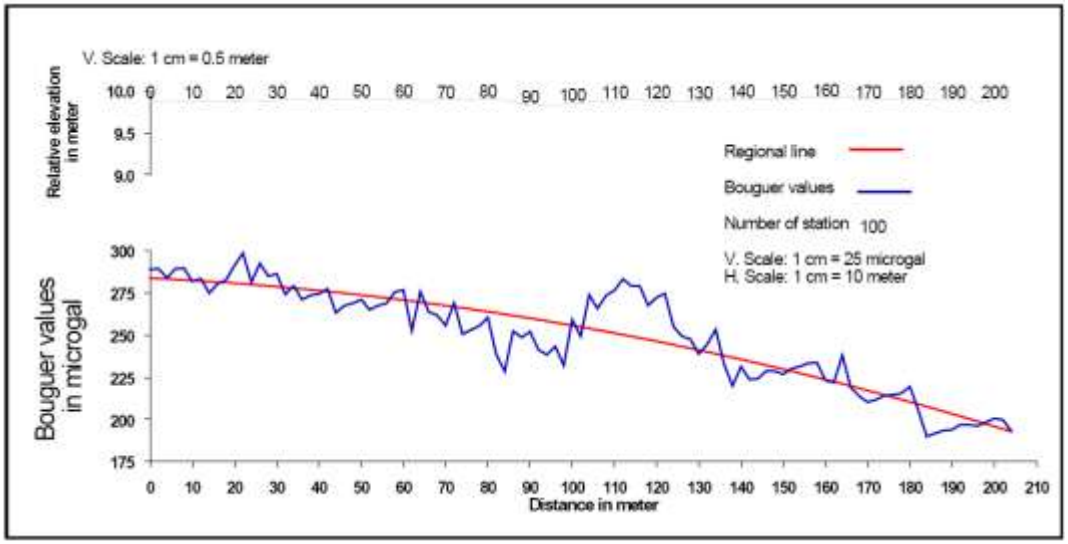
شكل رقم (٣): توزيع المقاطع الجذبية في مستشفى دجلة



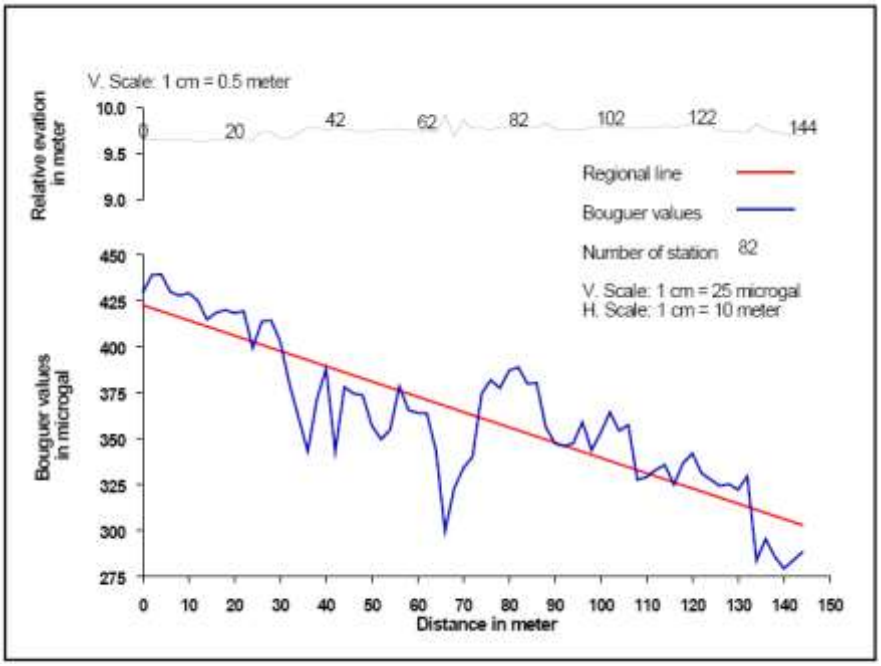
شكل رقم (٤): تغاير قيم بوجير والارتفاع النسبي على امتداد المقطع A.



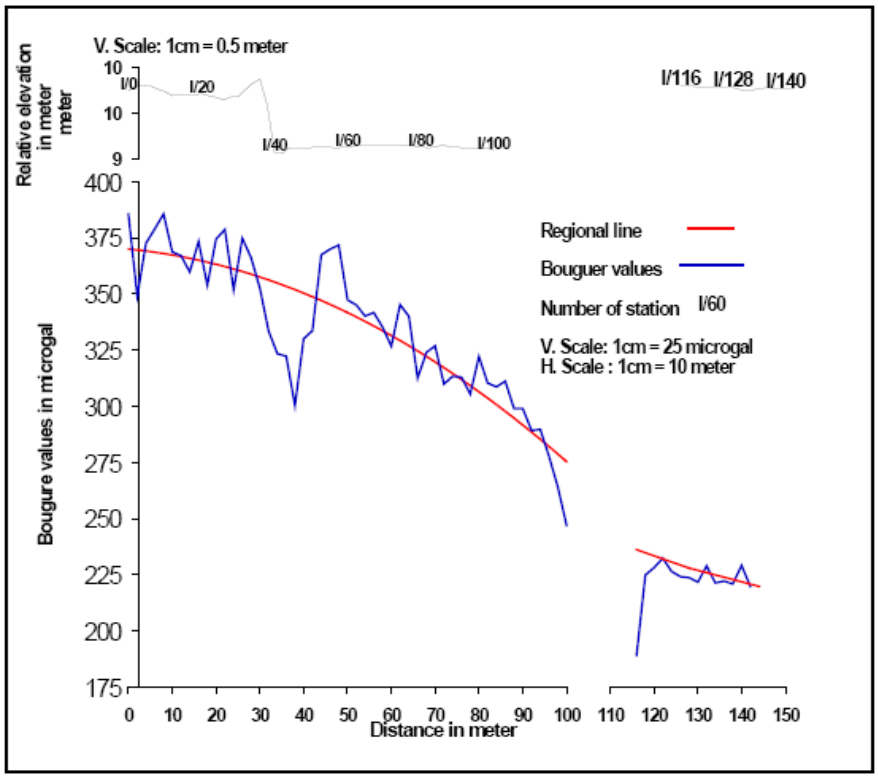
شكل رقم (٥): تغاير قيم بوجير والارتفاع النسبي على امتداد المقطع B.



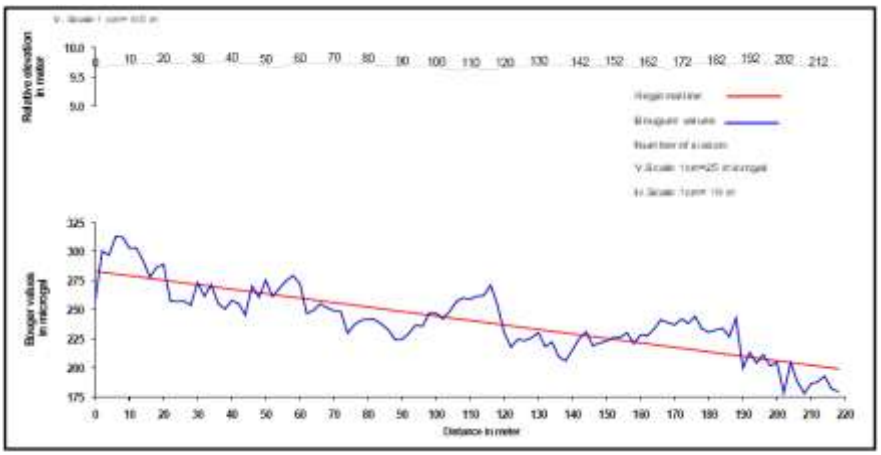
شكل رقم (٦): تغاير قيم بوجير والارتفاع النسبي على امتداد المقطع D.



شكل رقم (٧): تغاير قيم بوجير والارتفاع النسبي على امتداد المقطع E.



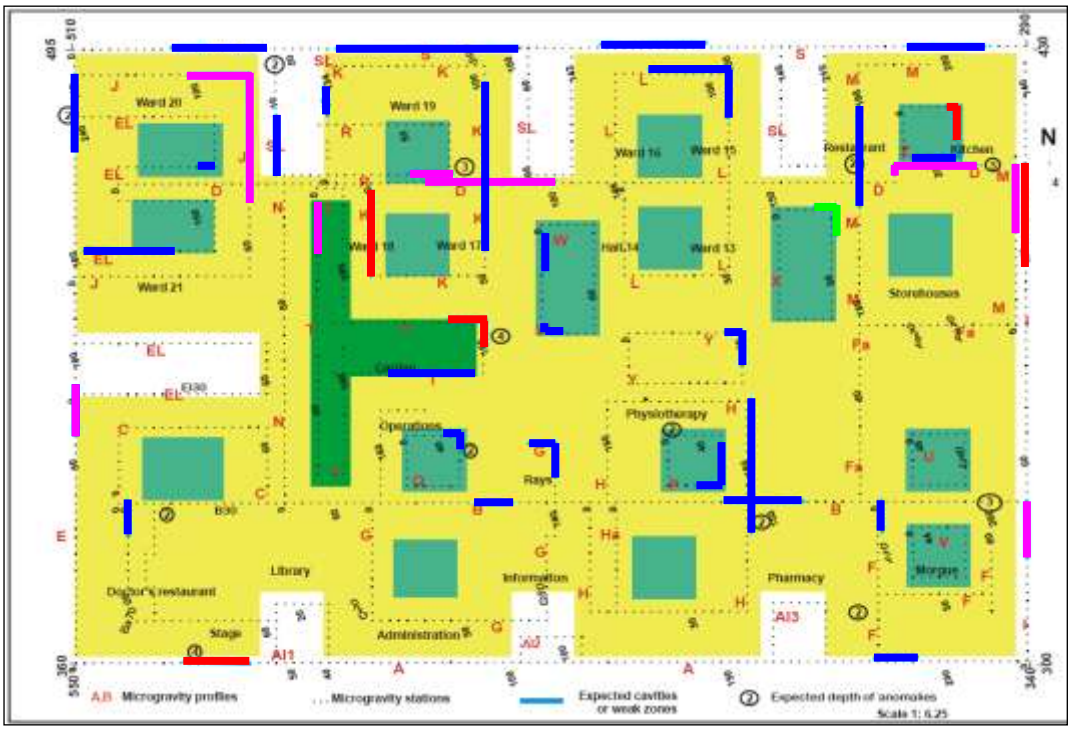
شكل رقم (٨): تغاير قيم بوجير والارتفاع النسبي على امتداد المقطع I.



شكل رقم (٩): تغاير قيم بوجير والارتفاع النسبي على امتداد المقطع S.

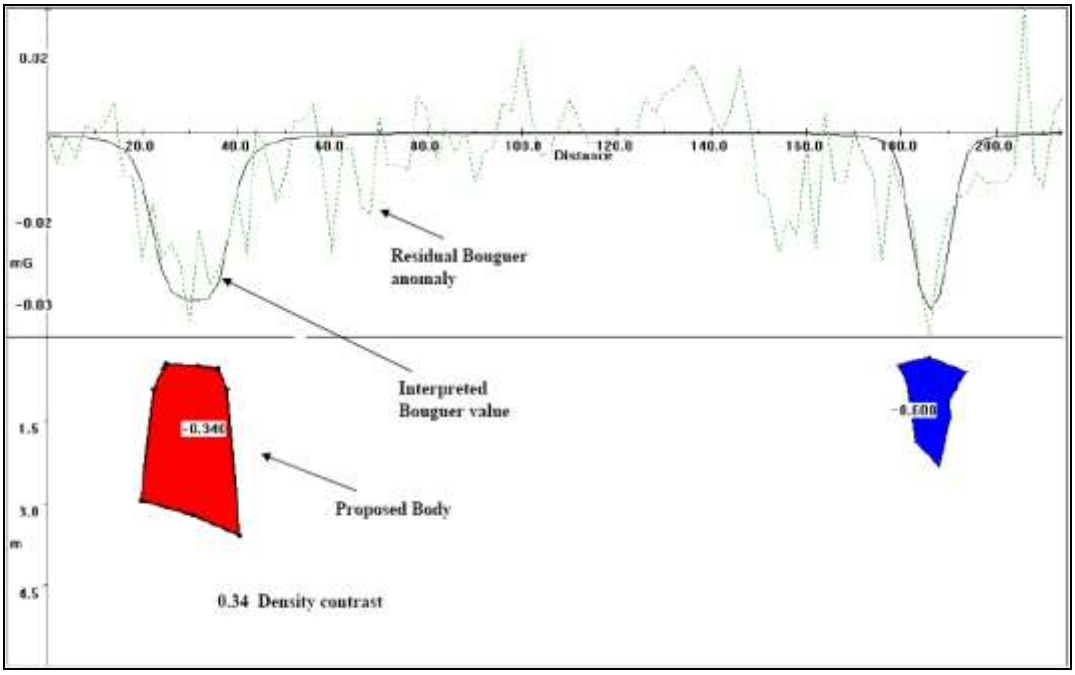
البرنامج Grav2dc 2.10 استخدم لعمل نموذج (موديل ثنائي الأبعاد) لتوضيح طبيعة وهيئة الموقع المتضرر من حيث العمق والامتداد الجانبي والشكل.

بصورة عامة، فان عمق (سمك) طبقة التربة الجبسية التي تغطي الموقع قيد الدراسة يتراوح بين ٢-٤ متر (تقرير فحوصات التربة، ١٩٨٣)، وعند تطبيق هذه الأعماق في البرنامج Grav2dc فان تباين الكثافة بين مواقع الضعف التي تمت نمذجتها والمناطق المحيطة بها تراوح بين 0.5- و 0.9- غم/سم^3 حسب معطيات هذا البرنامج (شكل رقم ١١-١٦) وهي قد تدل على وجود تكهفات مليئة بالهواء او مكونات صخرية قليلة الكثافة وقد تكون مناطق ضعف، (هنا يبرز دور الموديل حيث انه يخمن تباين الكثافة وهو الأهم في تخمين مادة الحقن ونوع الحقين).

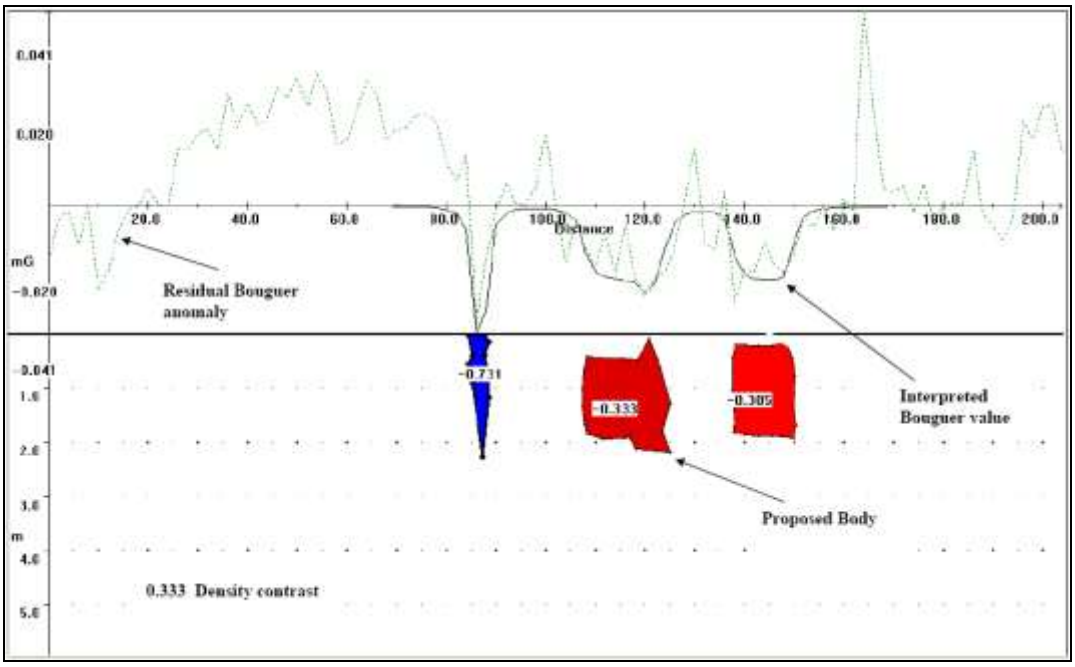


شكل رقم (١٠): توزيع مواقع الشذوذ الجذبي التي تمثل التكهفات ومناطق الضعف على المسارات المختارة في منطقة الدراسة، الألوان تعطي دلالة على عمق التكهفات او مناطق الضعف وكما ياتي.

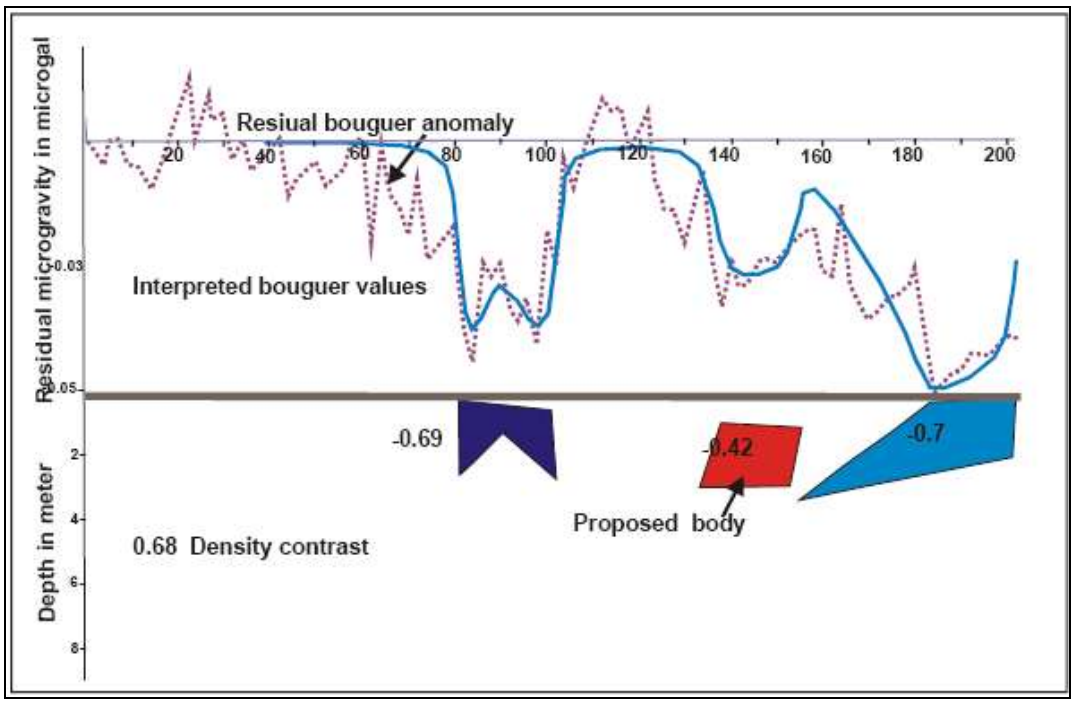
العمق بحدود متر(١م) باللون وبحدود مترين (٢م) باللون وبحدود (٣م) باللون وبحدود (٤م) باللون



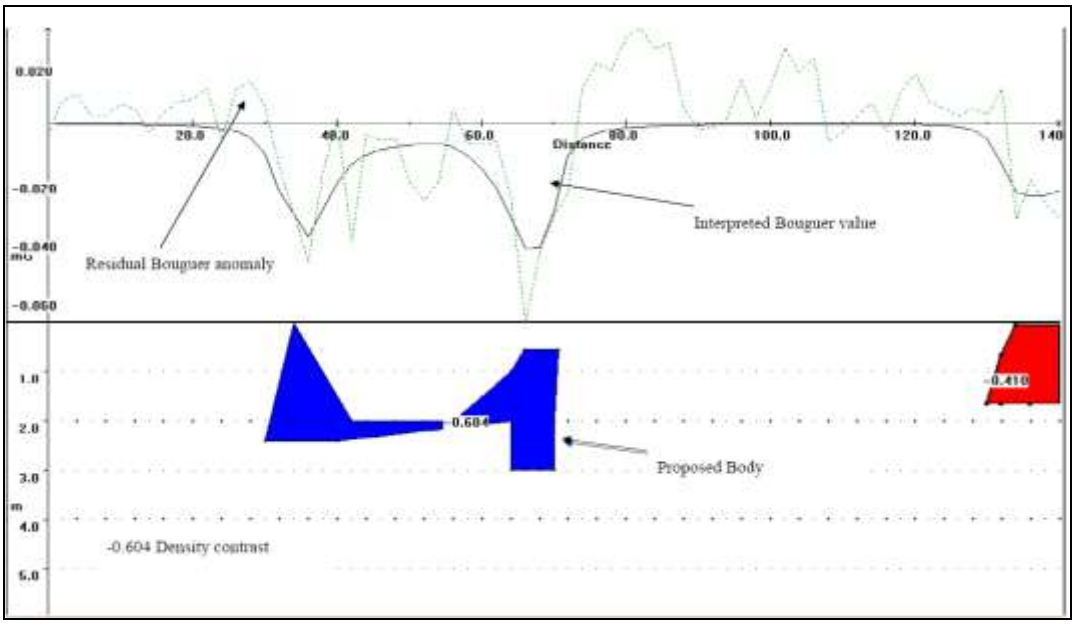
شكل رقم (١١): موديل للمقطع ألجذبي (A) باستخدام البرنامج Grav2dc.



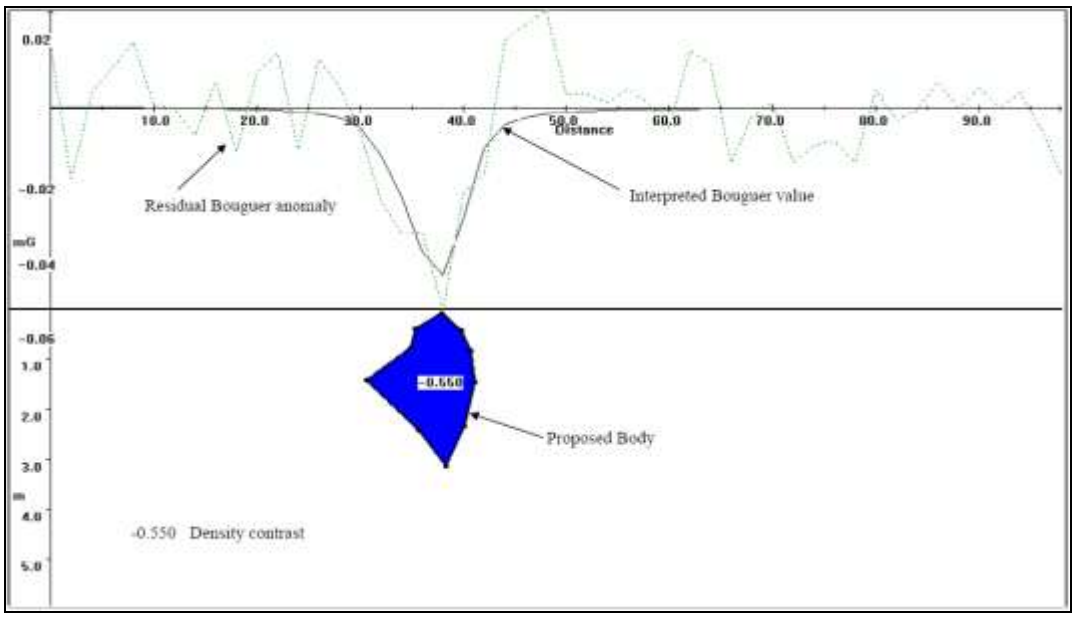
شكل رقم (١٢): موديل للمقطع ألجذبي (B) باستخدام البرنامج Grav2dc.



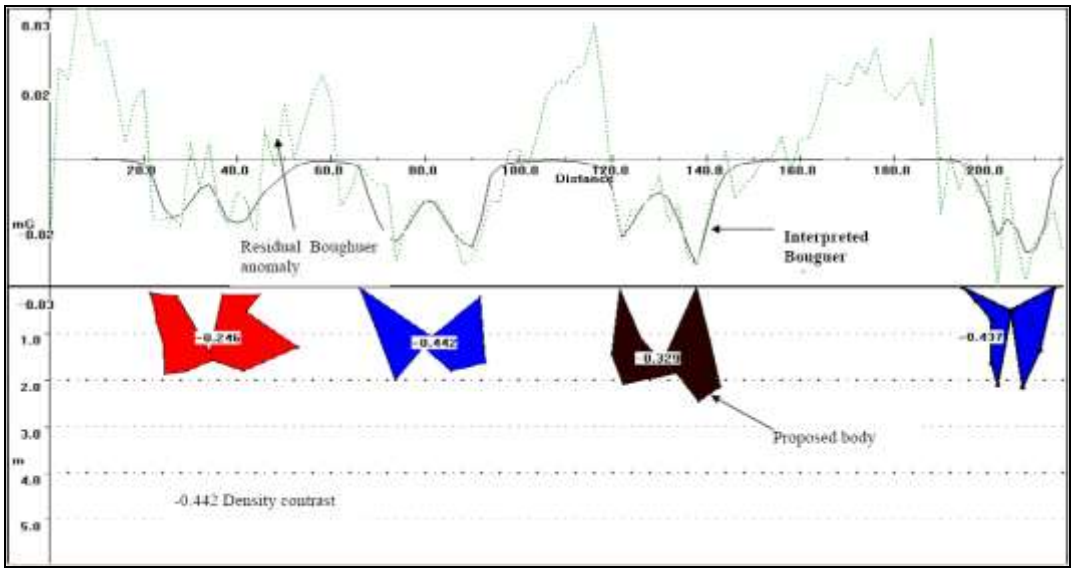
شكل رقم (١٣): موديل للمقطع ألجذبي (D) باستخدام البرنامج Grav2dc.



شكل رقم (١٤): موديل للمقطع ألجذبي (E) باستخدام البرنامج Grav2dc.



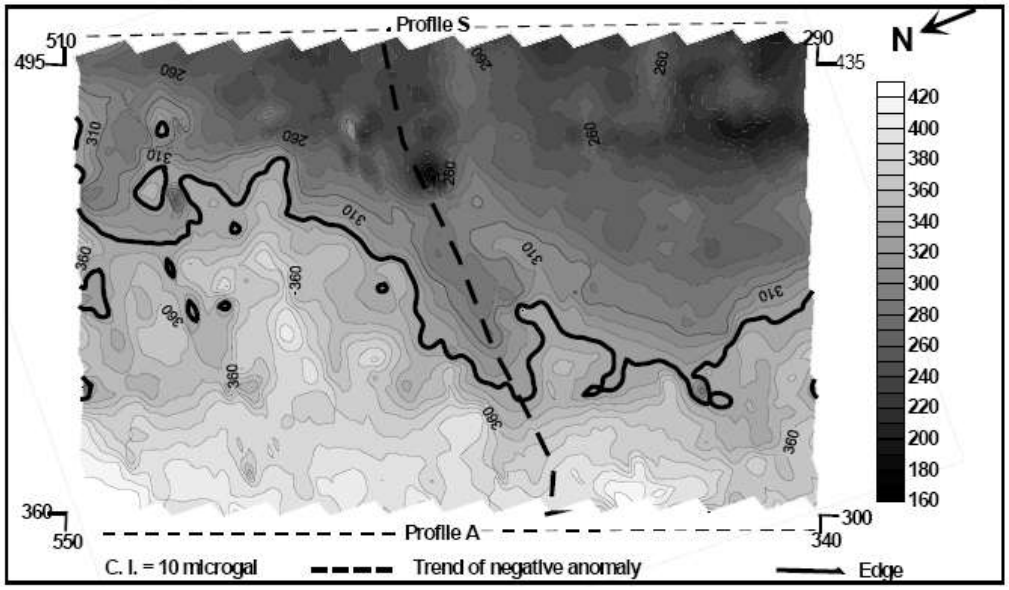
شكل رقم (١٥): موديل للمقطع ألجذبي (I) باستخدام البرنامج Grav2dc.



شكل رقم (١٦): موديل للمقطع ألجذبي (S) باستخدام البرنامج Grav2dc.

وتتراوح بين القريبة جدا من سطح الأرض الى عمق أمتار قليلة، جميع أعماق التربة المتضررة التي تم عمل موديل لها تم إسقاطها على مخطط مواقع الشواذ الجذبية السالبة (شكل ١٠).

استخدم البرنامج SURFER لرسم الخارطة الكنتورية لقيم بوجير (شكل ١٧)، لتوضيح توزيع قيم بوجير في الموقع قيد الدراسة، وقد أعطت الخارطة فكرة جيدة عن الاتجاه العام لنطاق الجذبية الدقيقة الواطئة أو أي تدرج غير طبيعي للقيم الجذبية.



شكل رقم (١٧): الخارطة الكنتورية لقيم بوجير الجذبية في موقع الدراسة.

نتائج المسح الجذبي الدقيق:

عكست المقاطع الجذبية الدقيقة وجود مجموعة من الشواذ الجذبية التي أشارت إلى وجود التكهفات ومناطق الضعف. قيم بوجير لكل مقطع جذبي أخضعت للتحليل النوعي والكمي باستخدام برنامجي Grav2dc و Grapher، وقد تم عرض الأشكال الخاصة بالشواذ الرئيسية اما بقية الشواذ فقد أشير إليها فقط دون ذكر الأشكال وكانت النتائج كما في الآتي:

١. المقطع ألجذبي A: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع (شكل رقم ٤ و شكل رقم ١١) الشذوذ الأول يقع بين المحطة ٢٠ و ٤٤، وبعمق يصل الى ٤ امتار تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ١٨٠ و١٩٢، وبعمق حوالي مترين.

٢. المقطع الجذبي B: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع (شكل رقم ٥ و شكل رقم ١٢) الشذوذ الأول يقع بين المحطة ٨٢ و ٩٠، وبعمق مترين تقريبا، أما الثاني فيقع بين المحطتين ١٣٦ و ١٥٠، وبعمق حوالي مترين.

٣. المقطع ألجذبي Ba: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٠ و ١٦، وبعمق مترين تقريبا.

٤. المقطع ألجذبي D: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع (شكل رقم ٦ و شكل رقم ١٣) الشذوذ الأول يقع بين المحطة ٨٠ و ١٠٠، وبعمق ٣ أمتار تقريبا، أما الثاني فيقع بين المحطتين ١٨٠ و١٩٠، وبعمق حوالي مترين.

٥. المقطع ألجذبي E: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع (شكل رقم ٧ و شكل رقم ١٤) الشذوذ الأول يقع بين المحطة ٥٨ و ٧٤، وبعمق ٣ أمتار تقريبا، أما الثاني فيقع بين المحطتين ١٣٢ و ١٤٠، وبعمق حوالي مترين.

٦. المقطع ألجذبي El: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ١٠٠ و ١٢٠، وبعمق مترين تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ١٩٦ و ٢٠٠، وبعمق حوالي مترين.

٧. المقطع الجذبي F: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٢ و ٨، وبعمق مترين تقريبا.

٨. المقطع الجذبي G: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ١٠٨ و ١١٢، وبعمق مترين تقريبا.

٩. المقطع الجذبي H: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٨٠ و ١١٦، وبعمق مترين تقريبا.

١٠. المقطع الجذبي I: لوحظ وجود شذوذ سالب في المقطع (شكل رقم ٨ و شكل رقم ١٥) يقع بين المحطة ٣٠ و ٤٢، وبعمق٣ امتار تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ٩٤ و١٢٠، وبعمق حوالي اربع امتار.

١١. المقطع الجذبي J: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٦٠ و ١٠٠، وبعمق ٣ امتار تقريبا.

١٢. المقطع الجذبي K: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ٠ و ٢٠، وبعمق ٤ امتار تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ٥٦ و ٩٦، وبعمق حوالي مترين.

١٣. المقطع الجذبي L: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٩٢ و ١١٦، وبعمق مترين تقريبا.

١٤. المقطع الجذبي M: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ٢٦ و ٣٨، وبعمق ٣ امتار تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ١٠٦ و ١٤٠، وبعمق حوالي مترين.

١٥. المقطع الجذبي P: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٣٦ و ٤٠، وبعمق مترين تقريبا.

١٦. المقطع الجذبي Q: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٣٤ و ٣٨، وبعمق مترين تقريبا.

١٧. المقطع الجذبي R: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ١٦ و ٣٠، وبعمق مترين تقريبا.

١٨. المقطع الجذبي SL1: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ١٢ و ٢٢، وبعمق مترين تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ٥٨ و ٦٤، وبعمق حوالي مترين.

١٩. المقطع الجذبي S: لوحظ وجود اربع شواذ سالبة في المقطع (شكل رقم ٩ و شكل رقم ١٦) الشذوذ الاول يقع بين المحطة ٢٢ و ٣٠، وبعمق مترين تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ٦٠ و ١٠٠، وبعمق حوالي مترين، الشذوذ الثالث فيقع بين المحطتين ١٢٠ و ١٤٤، وبعمق حوالي مترين والرابع بين ١٩٠ و٢١٠ وبعمق مترين تقريبا.

٢٠. المقطع الجذبي T: لوحظ وجود ثلاث شواذ سالبة في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ٠ و ١٢، وبعمق ٣ امتار تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ١١٠ و ١٣٨، وبعمق حوالي مترين، الشذوذ الثالث فيقع بين المحطتين ١٤٤ و ١٦٠، وبعمق حوالي مترين.

٢١. المقطع الجذبي W: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ٠ و ١٠، وبعمق مترين تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ٢٠ و ٣٠، وبعمق حوالي مترين.

٢٢. المقطع الجذبي X: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٦٠ و ٧٠، وبعمق متر واحد تقريبا.

٢٣. المقطع الجذبي Y: لوحظ وجود شذوذ سالب واحد في المقطع يقع بين المحطة ٤٥ و ٥٤، وبعمق مترين تقريبا.

٢٤. المقطع الجذبي Z: لوحظ وجود شذوذين سالبين في المقطع الشذوذ الاول يقع بين المحطة ١٨ و ٢٦، وبعمق مترين تقريبا، اما الثاني فيقع بين المحطتين ٣٢ و ٤٠، وبعمق حوالي اربع امتار.

جميع الشذوذات السالبة تم إسقاطها على المخطط في شكل (١٠) على أنها انطقه ضعف او تكهفات، معدل عمق هذه الانطقة بالأمتار تم إسقاطها على المخطط داخل دوائر، وعموما، هناك ثلاث مجاميع من المواقع التي تتركز عندها مواقع الضعف، الأولى شرق الموقع قيد الدراسة بين المقطعين D و S. أما الثاني فيمتد من الجنوب الغربي (قرب البراد الخاص بالجثث) باتجاه الشمال الشرقي قرب الردهة رقم ٢١، أما الموقع الثالث فيتمثل بموقع تكهف أو منطقة ضعف صغيرة إلى الغرب من الحديقة والردهة رقم ٢١، شكل رقم (١٠).

الخارطة الكنتورية لقيم بوجير (شكل رقم–١٧)، توضح زيادة قيم بوجير في غرب منطقة الدراسة (profile A) لتقل باتجاه الشرق (profile S). وبصورة عامة فان، قيم بوجير الواطئة تدل على وجود صخور او (تربة) واطئة الكثافة بالمقارنة مع القيم العالية، وهذا يشير الى صخور واطئة الكثافة، كما هو الحال في شرق وجنوب شرق منطقة الدراسة التي تتراوح قيم بوجير فيها بين ١٦٠–٢٦٠ مايكروغال. مسار الشذوذ السالب يمتد في وسط منطقة الدراسة الذي يمتد من الشرق إلى الغرب (الخط المنقط في الشكل ١٧).

شكل الخارطة الكنتورية يوحي إلى وجود حواف (الخط السميك في شكل ١٧) وهو يتطابق مع المجموعة الثانية للتكهفات ومناطق الضعف (شكل رقم ١٠).

المعالجات:

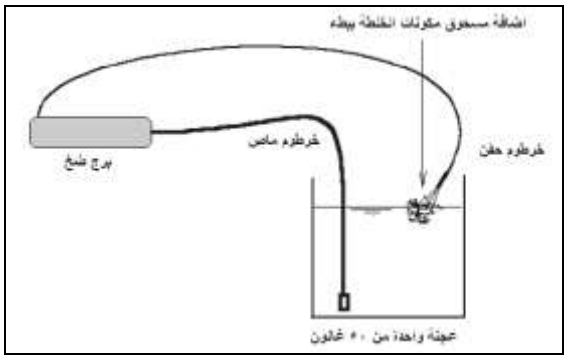
معالجة التكهفات ومناطق الضعف:

تعد عمليات الحقن من أفضل الطرق المستخدمة عالميا في معالجة التكهفات ومناطق الضعف حيث يتم حقن خليط من مواد رابطة وأحيانا معجلة للتصلب و مانعة للتآكل وتكون هذه المواد سائلة في البداية لكي تجري في الفراغات والفجوات والتشققات الحاصلة في التربة أو الصخور ثم تتصلب داخلها لتزيد من قابليتها على تحمل الأثقال والضغوط. يتم حقن هذه المواد بواسطة حاقنات خاصة وكما مبين في الصورتين أدناه كشكل توضيحي لبعض أنواعها، وتحت ضغط يختلف من مكان إلى آخر حسب ظروف التربة وكثافتها ونوع المادة التي يتم حقنها وكثافتها ولزوجتها ومدى تجانس خواص التربة والضغط الذي تسلطه التربة والتراكيب الهندسية فوق نقطة الحقن (over burden pressure) وعمق الأسس وأنواعها حسب المخططات الإنشائية، وعموما يتراوح ضغط الحقن من ١– ٦ بار وان الضغط المناسب في منطقة الدراسة يتراوح بين ١,٥–٣,٥ بار (شكل رقم ١٨).

مواد الحقن:

بالنظر لوجود نسب من المواد الملحية في التربة الأصلية غير المستبدلة مثل الجبس ($CaSO_4.2H_2O$ بنسبة تصل إلى ١٠%) والجير ($CaCO_3$ بنسبة تصل إلى ٢٥%) والأملاح الذائبة الأخرى (T.S.S. بنسبة تصل إلى ١٣%) والكبريتات (SO_3 بنسبة تصل إلى ٦%) بالإضافة إلى المواد الكيمياوية المتسربة والتي ينتج عن تفاعلاتها أملاح إضافية لذا يتوجب استخدام الإسمنت المقاوم للأملاح، إن مواد الحقين المناسبة للموقع هي:

- الاسمنت المقاوم للأملاح
- الماء
- تكون مادة الحقن على شكل يشبه الرغوة .
- البنتونايت لزيادة جريان مادة الحقن داخل الوسط المسامي أو التشققات.
- تكون نسب الخلط لمواد الحقين الأساسية (سمنت بورتلاندي مقاوم للأملاح/ ماء/ بنتونايت) هي : (١/٢,٥/٠,٣) كنسبة كتلية.
- للمحافظة على النسب الكتلية للحقين وحسب نسبة الخلط المحددة تكون كتل المواد اللازمة لتكوين ١ م^3 من الخلطة هي: (٣٣٥ كغم من الاسمنت + ٨٢٥ لتر من الماء + ١٠٠ كغم من البنتونايت) وتكون كثافة الحقين ١٢٦٠ كغم/م^3 .
- سوبر بلاستيسايزر وبكمية ٦–٨ لتر / طن كمادة معجلة للتصلب.
- و تخلط مادة الحقين في خزان ليضخ منه إلى فتحة الحفرة من خلال أنابيب في رأسها وسادة بلاستيكية مثقوبة تثبت في بداية الحفرة.



شكل رقم ١٨: آلية خلط وضخ مادة الحقن

آبار الحقن:

يتم حفر Boreholes بقطر ٢–٣ انج ثم يتم وضع أنابيب معدنية ذات فتحات تسمح بخروج سائل الحقن داخل الحفر وبعمق منتصف النطاق المتضرر أو (الكهف) حيث يكون الثقب عمودي على مستوى سطح الأرض. وفي حالة صعوبة النزول إلى قيعان القنوات يمكن اللجوء إلى الحقن المائل بزاوية لا تزيد عن ٢٠° للوصول بالحقن إلى النقاط التي يصعب الوصول إليها بالحقن العمودي ويمكن باستخدام الحقن المائل الوصول إلى تحت مركز القنوات من أكتافها.ويكون عمق الحفر ٣–٤ متر وحسب ظروف الموقع ومقطع التربة فيه.

ضغط الحقن:

تحديد ضغوط الحقن الضغط المناسب على عمق ٣ أمتار هو ١,٥–٣,٥ بار في حين يمكن أن يصل الى ٥ بار عندما يصل العمق الى ٤–٥ متر مع الأخذ بنظر الاعتبار أن بداية الحقن في النقطة الواحدة تكون بضغط قليل ويتم زيادة الضغط تدريجيا مع الوقت الى أن يصل الى أعلى ما يكون عندما تصل الحفرة الى حد الرفض.

الحسابات التصميمية لكميات المواد المستخدمة في اعمال الحقن:

أطوال الشذوذات (مناطق الضعف) في المسارات التي اعتمدت في المسح الجذبي والحجم التخميني للحقين المستخدم لحقن كل شذوذ.

طريقة الحساب:

– حجم الحقين = طول الشذوذ X عمق الشذوذ X عرض الشذوذ X نسبة الفراغات في تربة مناطق الضعف

– طول الشذوذ: تم اعتماده من المقاطع الجيوفيزيائية (او من الشكل–١٠)، حيث ادرجت هذه الاطوال في جدول رقم ,١

١– عمق الشذوذ= ٠,٥ متر عندما يكون العمق الكلي في (الشكل ١٠) ١ متر

٢– عمق الشذوذ= ١,٥ متر عندما يكون العمق الكلي في (الشكل ١٠) ٢ متر

٣–عمق الشذوذ= ٢,٥متر عندما يكون العمق الكلي في (الشكل ١٠) ٣ متر

٤– عمق الشذوذ= ٣ متر عندما يكون العمق الكلي في (الشكل ١٠) ٤ متر

– عرض الشذوذ= افترض ٣ متر لكل الشذوذات

– نسبة الفراغات في تربة مناطق الضعف افترضت ٠,١٥ اعتمادا على معدل اختلاف الكثافة بين التربة الضعيفة والتربة غير المتاثرة.

جدول رقم (١) :يمثل أطوال الشذوذات (مناطق الضعف) في المسارات التي اعتمدت في المسح ألجذبي والحجم التخميني للحقين المستخدم لحقن كل شذوذ.

المسار	الشذوذ الاول		الشذوذ الثاني		الشذوذ الثالث		الشذوذ الرابع		مجموع حجم الحقين لكل مسار
	طول الشذوذ (م)	حجم الحقين م٣	طول الشذوذ (م)	حجم الحقين م٣	طول الشذوذ (م)	حجم الحقين م٣	طول الشذوذ (م)	حجم الحقين م٣	
A	٤٨	٦٤,٨	٢٤	١٦,٢					81
B	١٦	١٠,٨	٢٨	١٨,٩					29.7
Ba	٣٢	٢١,٦							21.6
D	٤٠	٤٥	٢٠	١٣,٥					58.5
E	٣٢	٣٦	١٦	١٠,٨					46.8
El	٤٠	١٥	٨	٥,٤					20.4
F	١٢	٨,١							8.1
G	٨	٥,٤							5.4
H	٧٢	٤٨,٦							48.6
I	٢٤	٢٧	٥٢	٧٠,٢					97.2
J	٨٠	٩٠							90
K	٤٠	٥٤	٨٠	٥٤					108
L	٤٨	٣٢,٤							32.4
M	٢٤	١٣,٥	٦٨	٤٥,٩					59.4
P	٨	٥,٤							5.4
Q	٨	٥,٤							5.4
R	٢٨	١٨,٩							18.9
SL1	٢٠	١٣,٥	١٢	٨,١					21.6
S	١٦	١٠,٨	٤٠	٢٧	٣٢,٤	٤٨	٤٠	٢٧	97.2
T	٢٤	٢٧	٥٦	٣٧,٨	٢١,٦	٣٢			86.4
W	٢٠	١٣,٥	٢٠	١٣,٥					27
X	٢٠	٤,٥							4.5
Y	١٨	١٢,١٥							12.15
Z	١٦	١٠,٨	١٦	٢١,٦					32.4
المجموع الكلي لحجم الحقين المستخدم (م٣)									١٠١٨,٠٥

حسابات الكميات الإجمالية للمواد المكونة لمادة الحقين مأخوذة من حسابات المواد حسب الجدول رقم (١) أعلاه:

١.كمية الأسمنت المستخدمة: ١٠١٨ X ٣٣٥ كغم = ٣٤١ طن

٢.كمية البنتونايت المستخدمة: ١٠١٨ X ١٠٠ كغم = ١٠٢,٣ طن

٣.كمية الماء المستخدمة: ١٠١٨ X ٨٢٥لتر= ٨٤٠ متر مكعب

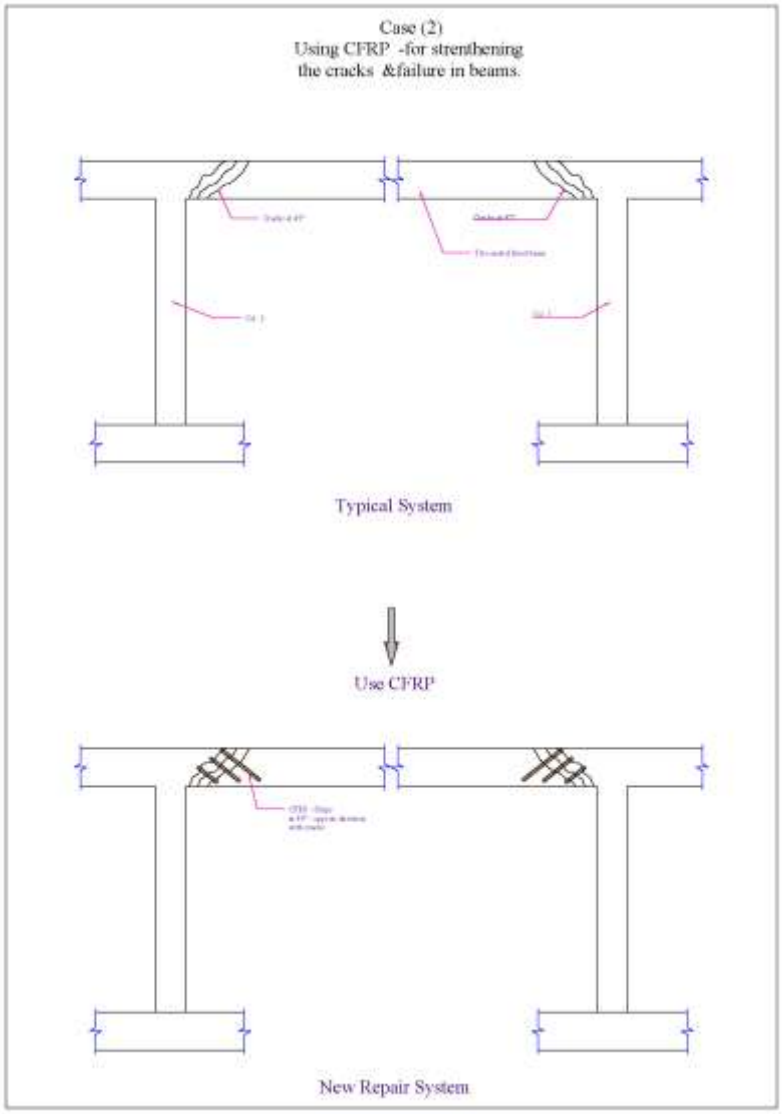
٤.كمية السوبربلاستيسايزر: ١٠١٨ X ٦= ٦١٠٨ لتر

الاستنتاجات والتوصيات الرئيسية الخاصة بأعمال المعالجة لبناية مستشفى التأهيل الطبي:

بعدالاطلاع على واقع الاضرار الحاصلة في بناية مستشفى دجلة للتاهيل الطبي بسبب مشاكل التكهفات المتولدة في التربة الاساسية للبناية وبعد اجراء تحريات موقعية تفصيلية تم تحديد الملاحظات التالية:

١.حصول هطول تفاضلي مباشر ومستمر ومنتظم في عدة أجزاء من البناية أدى لحصول تشققات واضحة في معظم الجدران الداخلية(القواطع) وبعض الجسور والأعمدة الكونكريتية وتم تصنيف هذه التشققات بنوعين رئيسيين (أ.تشققات سطحية او شعرية غير نافذة / ب.تشققات عميقة ونافذة وبعرض اكثرمن ٥ملم) ويفضل عدم إجراء معالجتها في الوقت الحاضر ولحين انجاز دراسة واقع حال شبكات الأنابيب تحت البناية وبكل أنواعها وأجراء المعالجة لها حيث تعتبر المسبب الرئيسي لحدوث هذه التشققات بسبب ضعف التربة وذوبانها تحت الجدران واسس البناية عموما.ولغرض معالجتها لاحقا" فيتم استخدام المواد الرابطة(سيكا بوند وسيكا ديور او سيكا كارد ٦٣) لحقن التشققات في الجدران والقواطع كما في الصور رقم (١– أ،ب) واستخدام ألياف الكربون المسلحة بالمواد البوليميرية CFRP لتقوية الجسور في المناطق الضعيفة المحددة موقعيا" وبالأسلوب المبين أدناه في الشكل رقم (١٩) .

الصورة رقم : (١- أ ، ب)



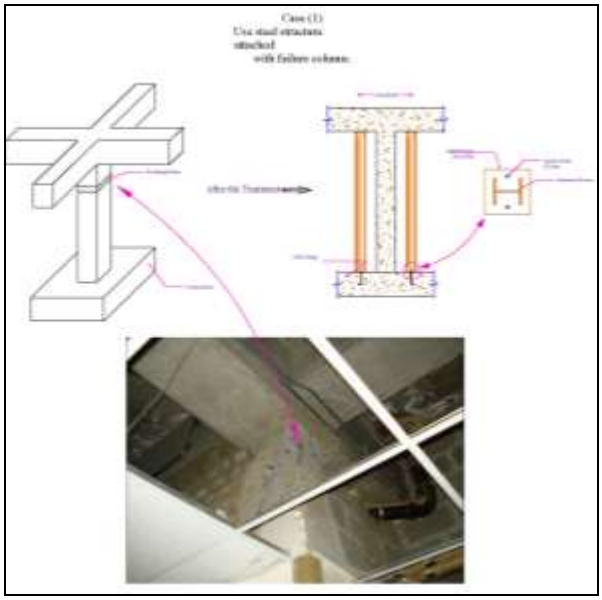
شكل رقم: (١٩)

٢. وجود تخسفات وتكهفات كبيرة في امتدادات متعددة من البناية تحت الاسس وفي مواقع المجاميع الصحية خاصة ونزول واضح في المانهولات (نقاط التفتيش) ولاجزاء عديدة من البناية والصورة رقم (٢) أدناه توضح هذه الحالة.

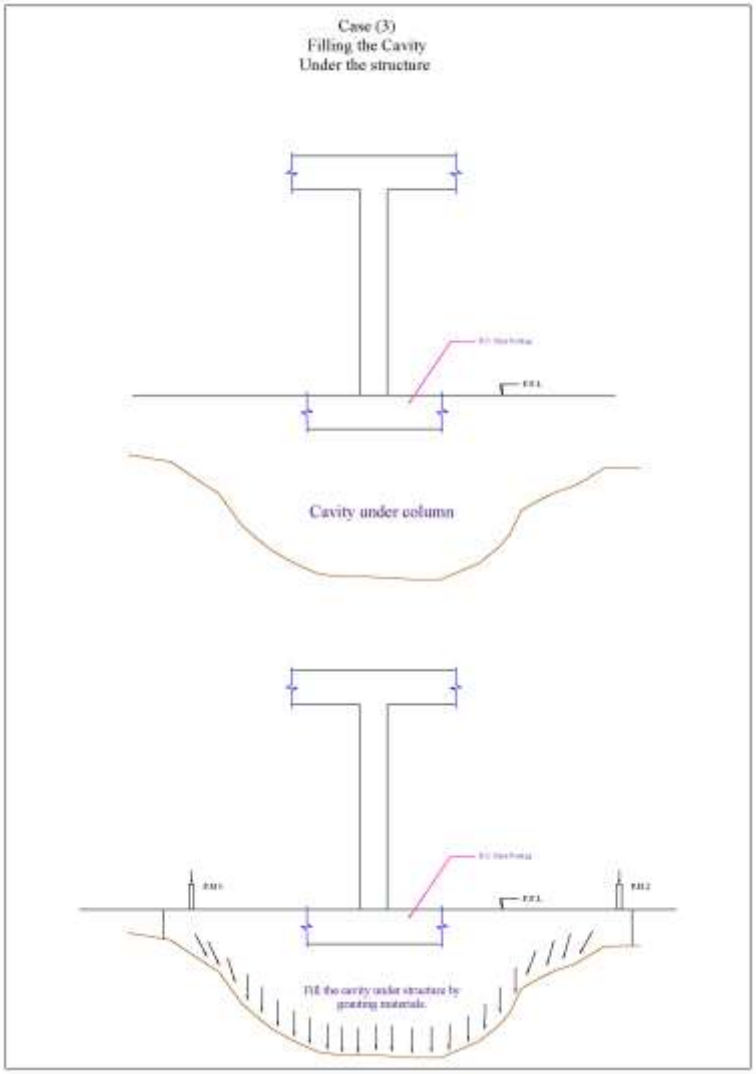
صورة رقم: (٢)

٣. حصول زحف في كتل اساسية من البناية (sliding) مما سبب ظهور انهيار واضح في بعض الاسس والاعمدة الخرسانية المسلحة وحصول فشل الانبعاج فيها (buckling failure) بسبب زيادة الاحمال المحورية وفقدان مقاومة رد فعل الاساس نتيجة لوجود الفجوات اسفل الاسس وكما مبين في الصور رقم (٣– أ، ب) ، حيث تم اقتراح أسلوب إنشائي محدد لحل ومعالجة هذه المشكلة كما الشكل رقم (٢٠ أ–ب).

الصور رقم :(٣– أ ، ب)



شكل رقم : (٢٠ أ)



شكل رقم :(٢٠ ب)

٤. من خلال دراسة البناية بدقة،بدا من الواضح ان اصل المشاكل المتولدة هو انهيار شبكة الأنابيب الداخلية للصرف الصحي ومياه الأمطار ومياه الشرب وشبكة أنابيب منظومة الحريق وغيرها من التفاصيل التي استخدمت فيها الأنابيب المصنوعة من مادة الآهين في تأسيس تلك الشبكات عند انشاء البناية عام ١٩٨٣ ، وتعرض هذه الانابيب لمشاكل التآكل بسبب تماسها مع التربة المحيطية وتفاعلها معها وبالتالي حصول النضوح للماء ونخره للتربة الجبسية السائدة تحت البناية وهي صفة ونوع التربة في عموم المنطقة.

وعلى هذا الأساس نقترح المباشرة فورا بدراسة واقع حال هذه الشبكات وأسلوب معالجتها بشكل فني وهندسي دقيق يضمن بقاء المستشفى وفق أسلوب عملها للمرضى ذوي الحاجات الخاصة لاسيما فيما يتعلق بتنفيذ المجاميع الصحية وتأثيثها،وضرورة ان تكون معالجة التكهفات وحقن المناطق الضعيفة بعد انجاز هذه الدراسة لمراعاة عدم تاثر المعالجة مجددا.

ونوصي بضرورة انجاز معالجة الشبكات قبل المباشرة بأعمال الحقن لمناطق الضعف والتكهفات مع مراعاة إمكانية تداخل وتزامن العمل في كلا المعالجتين وحسبما تقتضيه متطلبات العمل الموقعية وفي ضوء توجيهات المهندس المشرف او الجهة الاستشارية.

المصادر

١. المكتب الاستشاري الهندسي في جامعة تكريت عام، ٢٠٠٤: دراسة مشكلة التكهفات ومناطق الضعف في مستشفى ابن المعتم للتأهيل الطبي في تكريت، تقرير فني داخلي.

٢. المسح الجيولوجي والتعدين، ٢٠٠١: دراسة مشكلة التكهفات ومناطق الضعف في الشركة العامة للاسمدة في المنطقة الشمالية، تقرير فني داخلي.

3. Al-Banna, A. S., Salih, S. A., and Hassan, A. H., 2002: Microgravity method to detection of weak zones under the foundations of building site – Case

9. Lacoste & Romberg model G & D Gravity meters, Instruction manual, Texas, and U.S.A.
10. Nettleton L. L., 1976: Gravity and Magnetics in Oil Prospecting, McGrawHill.
11. Parasnis, D.S, 1973: Mining Geophysics Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
12. Patterson, D. A, J.C. Davey, A.H. Cooper, & J.K. Ferris, 1995: The investigation of dissolution subsidence incorporating microgravity geophysics at Ripon, Yorkshire., Quart. Jour. Eng. Geol. 28, 8394.
13. Surfer Version 7.00 software, 1999: Surface mapping system, Golden Software, Inc, Colorado
14. Yule, D. E., Sharp, M. K., and Butler, D. K., 1998, Microgravity investigations of foundation: Geophysics, 63, 95-103.

study in Iraq, Journal of Dirasat, Jordanian University, Vol. 30, No,2.
4. Al-Kadhimi S.A.M, Fattah A.S. Al-Bdaiwi G.M, 1992: Work Procedure of GEOSURV, Part 12, Geophysical survey, GEOSURV library, Baghdad, Iraq.
5. Barwary, A. m. and Slewa, N. A., 1991: The Geology of Sammara Quadrangle, sheet NI- 38-6,GEOSURV Library, internal report NO. 2316C, Baghdad, Iraq.
6. Grapher Version 1.09 software, 1993: 2D Graphing System, Golden software Inc., Colorado.
7. Cooper, G. R. J., 2003: Grav2dc 2.10 for Microsoft Windows.
8. Jakosky J.J, 1961: Exploration Geophysics, second edition. Newport Beach California.

Using of Microgravity Technique to Determine the Cavities and Weak Zones, and Treatment Methods in the zone of Foundations of Dijlah Hospital, Tikrit, Iraq

Sabbar A. Salih[1], Muyassar M. Juma'a[1] , Adnan J. Zidan[1] , Abbas M. Yas[2]
[1]*Natural Resources Research Center , University of Tikrit , Tikrit , Iraq*
[2]*State Board Geological Survey and Mining , Baghdad , Iraq*

(**Received:** 23 / 11 / 2010 ---- **Accepted:** 16 / 3 / 2009)

Abstract:
Lacoste & Romberge model D-198 microgravimeter was used to investigate the microgravity data, the required corrections were done to construct the map of Bouger anomaly which leads to determine the depths, extensions, and shapes of cavities and weak zones along selected traverses under the foundations of Dijlalah hospital. The materials of grouting, as well as, the conditions of grouting were determined.