

كفاءة الطرق الجيوديزية من أجل تقييم صحة عمليات التدعيم بالألياف الكربونية

الدكتور محسن أحمد *

الدكتور معن بويو **

تاريخ الإيداع 20 / 1 / 2015. قُبل للنشر في 26 / 3 / 2014

□ ملخص □

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية استخدام الطرق العملية الجيوديزية لمراقبة التشوهات الارتفاعية، بهدف دراسة الحالة الهندسية لمنشأ تم تقويته بالألياف الكربونية، بسبب تغيرات مقترحة للحالة الإنشائية لبعض عناصره، حيث ستواكب الدراسة إجراء محاكاة لعملية التغير المقترحة بإضافة أحمال إضافية حية وميتة، تكافئ الواقع الجديد. وستتم هذه الدراسة من خلال قياس الانتقالات الشاقولية لبعض نقاط تلك العناصر في إطار دراسة شبكة مراقبة مثلى بناءً على متطلبات أمان الشبكات الجيوديزية، كما سيتم في هذه الدراسة تقييم إمكانية استخدام أجهزة النيفو الإلكتروني الرقمي عالي الدقة - وبرمجياته المزود بها- في مثل هذا النوع من الدراسات. وقد خلص البحث إلى إمكانية تحديد مقدار التشوهات المحتملة في العناصر التي تم تدعيمها بدقة، كما خلص إلى إظهار كفاءة الطريقة المقترحة في المراقبة وكذلك المعدات المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: تشوهات، انتقالات شاقولية، شبكة مراقبة جيوديزية، نيفو إلكتروني، نيفو رقمي، ألياف كربونية، تدعيم.

* أستاذ مساعد - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** مدرس - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين، اللاذقية - سورية.

Efficiency of the geodetic methods in evaluating operations of Carbon Fiber Reinforcement

Dr. Mouhsen Ahmad*
Dr. Maan Boubou**

(Received 20 / 1 / 2015. Accepted 26 / 3 / 2015)

□ ABSTRACT □

The research aims to study the possibility of using practical methods to monitor the geodetic vertical deformations, and to study the engineering of the origin of the strengthened carbon fiber. Because of proposed changes in the construction status of some of its elements, the study will be accompanied by simulation of the proposed changes by adding additional live and dead loads, that are equivalent to the new situation. This study will be made by measuring the vertical displacements for some points of those elements within optimal control network based on geodetic network confidence requirements. This study will also assess the potential use of electronic digital high accuracy levels and the supplied software.

The research succeeds in showing the possibility of quantifying the potential deformations in reinforced elements, as well as the efficiency of the proposed method of control and the equipment used.

Keywords: Deformation, Vertical displacements, Geodetic monitoring network, Electronic level, Digital level, Carbon-fiber, Reinforcement.

* Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Assistant Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

في حالات عديدة، ونتيجة للتطور التكنولوجي والاجتماعي والاقتصادي، وظهور مجالات واعدة في الاستثمار، نحتاج إلى تغيير الوظيفة المعمارية للمنشأة المنجزة، سواء كانت على الهيكل أو في مرحلة ما بعد الاكساء [3]، ومن الطبيعي أن ذلك سيؤدي إلى تغير في طبيعة وشكل وأوزان الأحمال التصميمية، ولذلك لابد من تقوية أو تدعيم العناصر الإنشائية المتأثرة بهذا التغير، وهذا يعني زيادة السعة التحميلية لها لتصبح قادرة على تحمل أحمال إضافية عن تلك المصممة عليها أصلاً، ويكون ذلك مفيداً وضرورياً في حالة وجود زيادة محتملة في الأحمال المؤثرة، أو تغير في وظيفة العنصر الإنشائي، أو تعرضه إلى التلف والتفتت نتيجة مناخ أو ظروف محيطية قاسية، أو احتمال تعرضه للزلازل أو الصدمات الديناميكية المفاجئة. ويؤدي ذلك إلى الحفاظ على الثروة العقارية والمنشآت الاستراتيجية المبنية من البيتون المسلح، من أجل إعادة تأهيلها لتغير الغرض الذي صممت وأنشأت من أجله، وأن التدعيم باستخدام الألياف الكربونية (Carbon-Fiber Reinforced Plastic) CFRP والألياف الزجاجية (Glass-Fiber Reinforced Plastic) GFRP (Reinforced Plastic) للأعمدة والجوائز يزيد في مقاومة ومرونة العناصر المدعمة وبالتالي يزيد من قدرة المنشآت الخرسانية على مقاومة لأحمال (الستاتيكية والديناميكية) [2,4]، كما أن التدعيم بهذا الأسلوب يتم دون زيادة ملموسة في وزن أو حجم العناصر الإنشائية، فهذه الطريقة لا تحتاج إلى نقل وصب الخرسانة كما لا تحتاج إلى وقت تصلب ولا إلى وصلات قص كما في طريقة القمصان البيتونية، ويمكن أن تستخدم هذه الطريقة حتى مع البيتون الضعيف، بسبب إمكانية تغليف العنصر الضعيف من الخارج وتحزيمه ولصقه بمادة لاصقة كالغراود وما شابهها، ولهذا السبب لابد أن تواكب عمليات مراقبة التشوهات التطورات المذكورة أعلاه من اختبار وتحديث طرق القياس وأدواته، وطريقة معالجة نتائج المراقبات والطرق الجديدة بحيث تحقق الكفاءة المطلوبة النظرية والعملية .

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في اثبات إمكانية استخدام الطرق العملية الجيوديزية لمراقبة التشوهات الارتفاعية لغاية دراسة الحالة الهندسية لمنشأ تم تغيير صفته الإنشائية، وامكان الاستغناء عن بعض أدوات القياس التي لا يمكن استخدامها في مناطق مغلقة ومحصورة وتحتاج إلى ظروف خاصة من الاهتمام كإيقاف العمل وعدم التسبب بالاهتزازات وهذا لا يمكن تحقيقه في ورش البناء النشطة دوماً.

طرائق البحث ومواده:

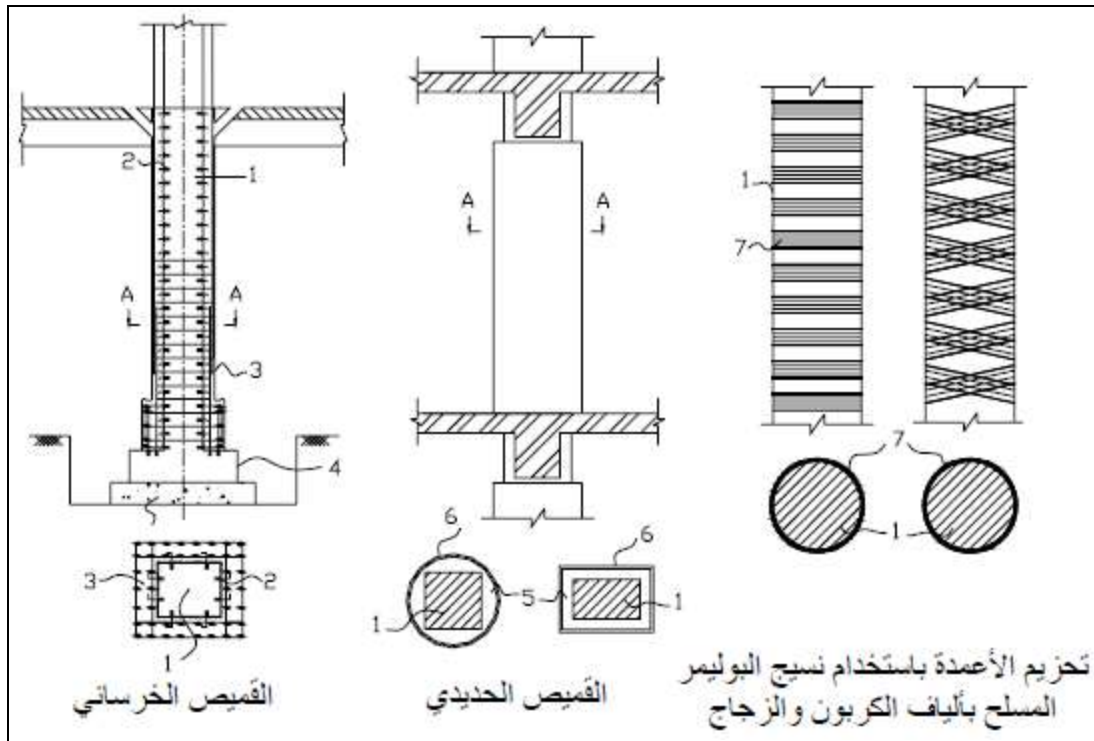
هناك طرق متعددة للتدعيم لكل منها حسنات وسيئات ومجالات استخدام نبيتها بعجالة فيما يلي [5]، لاحظ

الشكل (1):

- 1- التدعيم بعمل قميص بيتوني: حول العنصر المراد تدعيمه وقد يكون بيتوناً مصبوباً أو مقدوفاً بضغط عالٍ، ويحتاج تنفيذ الطريقة إلى تجهيزات كبيرة عادة، وإزالة الأحمال عن العنصر المراد تقويته مؤقتاً.
- 2- التدعيم بعمل قميص معدني: الذي يستخدم بدرجة محدودة لزيادة قدرة الأعمدة لمقاومة الأحمال الديناميكية حيث تعد تكلفة هذه الطريقة عالية نسبياً.

3- التدعيم بالتحزيم بواسطة رفائق البوليمير المسلح بألياف الكربون والزجاج والذي يتم لصقه بمواد ايبوكسية لاحمة، وتعد هذه الطريقة من الطرق الأكثر حداثة، لما لها من ميزات تتعلق بمتانة المواد المصنعة منها وسهولة العمل عليها وتغليفها لأي سطح كان مع خفة وزنها وعدم تأثرها بالعوامل الجوية المحيطة [5].

تأتي أهمية البحث في اقتراح طريقة جيوديزية لقياس التشوهات الشاقولية، ذات المركبة الأكبر في هذه الحالة، لمنشأ تم تدعيم بعض عناصره وذلك لتحقيق هدفين: الأول هو التحقق من صحة عمليات تدعيم المنشأ المدروس، مما يسمح بإكمال عمليات التغيير المقترحة للمنشأ بثقة وأمان، والهدف الثاني هو تقدير كفاءة الطريقة المقترحة في القياس لمحاولة تعميمها في حالات أخرى مشابهة. من المفروض أن يسمح تحقيق هذه الأهداف بالتنبؤ بالحالة التي سيصل إليها المنشأ بعد انتهاء التغييرات المقترحة ودخوله مرحلة الاستثمار، مما سيمنع وقوع خسائر مادية وبشرية في حالة فشل عمليات التدعيم في تحقيق غايتها.



1- العمود 2- وصلات القص 3- القميص الخرساني 4- أساسات العمود

5- اسمنت غير قابل للانكماش 6- ألواح حديدية مستوية أو متعرجة 7- ألواح الكربون

الشكل (1) أنواع أو طرق التدعيم المستخدمة لبعض العناصر الإنشائية

الحالة المدروسة هي دراسة وقياس التشوهات الشاقولية التي يمكن أن تنتج عن التأثير المفترض لتغير أحمال بعض العناصر الإنشائية لمنشأ بسبب التغيير الوظيفي لها، وسيتم إظهار هذا التأثير من خلال إضافة أحمال إضافية تكافئ الأحمال الحية والميتة المفترضة وقياس تأثيرها في تلك العناصر من خلال دورات قياس قبل وبعد التحميل، مباشرة أو بعد 24 ساعة.

سيتم استخدام جهاز نيفو رقمي من نوع Topcon DL-102C ذي قوة تكبير لنظارته 30X ومزود بمُعدِّل compensator مجال عمله $\pm 15'$ ذي حساسية $0.5''$ بدقة قياس للارتفاعات تصل إلى 1mm لكل 1Km مع ميرا مشفرة.

1. المنشأ المدروس

يقع المنشأ المدروس بالقرب من الشاطئ الغربي لمدينة اللاذقية ، وفيه تم تغيير الصفة الوظيفية لجزء من هذا المبنى الضخم من وظيفة سكنية إلى سكني وتجاري في الطابقين الأرضي والأول، وبالضرورة تم تغيير تحميل بعض العناصر الإنشائية المنفذة وزيادتها سواء كانت أحمالاً استاتيكية أو ديناميكية، ومن هنا برزت الحاجة لدراسة أمان العناصر الهامة عند وضعها بالاستثمار، عن طريق إجراء تجارب التحميل المختلفة وبفترات زمنية تحددتها المتطلبات الإنشائية الخاصة.

2. شبكة المراقبة الشاقولية الرئيسية ونقاط المراقبة

من أجل مواكبة أعمال التحميل الإنشائية الديناميكية والاستاتيكية، تم إنشاء وتكوين شبكة مراقبة، تتألف من ثلاث نقاط مرجعية في أماكن بعيدة نسبياً عن منطقة التحميل (حوالي 25-30 متراً)، متوضعة في أماكن مستقرة، ومنها يمكن رصد نقاط مراقبة التشوهات الرأسية المتوضعة على الأسطح الداخلية للعناصر المحملة، وعلى ارتفاع حوالي 2.5 متر من النقاط المرجعية، وعلى هذا الأساس كان لا بد من استخدام تقنية الميرا المشفرة المقلوبة (inverse rod) ومعالجة القياسات عددياً. يبين الشكل (2) شكل تخطيطي لشبكة المراقبة الارتفاعية التي تحتوي على النقاط المرجعية (M1, M2, M3)، ونقاط المراقبة (1, 2, 3, ..., 8, 9).

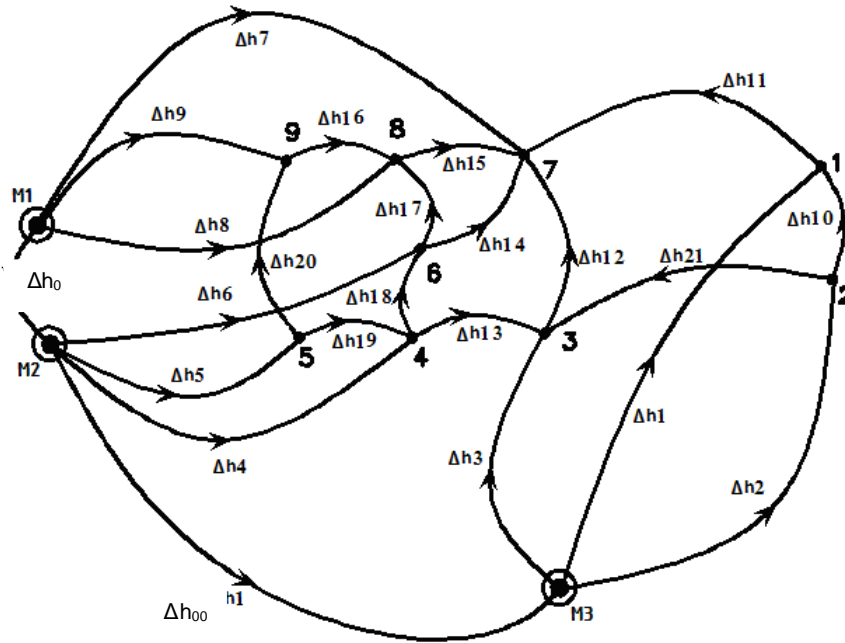
3. دراسة أمان شبكة المراقبة الارتفاعية السابقة

نحدد عدد القياسات وعدد القيم الفائضة بعد حل مسألة أمان الشبكة الارتفاعية من عدة خيارات ممكنة:

$$n=21 \quad , \quad k=9 \quad , \quad r=12$$

المعادلات البارامترية لشبكة مراقبة الهبوطات الارتفاعية للشبكة المختارة النهائية:

$$\begin{array}{lllll} \Delta h_1 = t_1 - M_3 & \Delta h_5 = t_5 - M_2 & \Delta h_9 = t_9 - M_1 & \Delta h_{13} = t_3 - t_4 & \Delta h_{17} = t_6 - t_8 \\ \Delta h_2 = t_2 - M_3 & \Delta h_6 = t_6 - M_2 & \Delta h_{10} = t_1 - t_2 & \Delta h_{14} = t_7 - t_6 & \Delta h_{18} = t_4 - t_6 \\ \Delta h_3 = t_3 - M_3 & \Delta h_7 = t_7 - M_1 & \Delta h_{11} = t_7 - t_1 & \Delta h_{15} = t_7 - t_8 & \Delta h_{19} = t_4 - t_5 \\ \Delta h_4 = t_4 - M_2 & \Delta h_8 = t_8 - M_1 & \Delta h_{12} = t_7 - t_3 & \Delta h_{16} = t_8 - t_9 & \Delta h_{20} = t_9 - t_5 \\ & & & & \Delta h_{21} = t_3 - t_2 \end{array}$$



الشكل (2) شكل شبكة المراقبة الارتفاعية ومخطط القياس

بإجراء الحسابات وبعد تحسين درجة أمان الشبكة نحصل على الشكل النهائي لشبكة المراقبة الارتفاعية كما

وردت في الشكل (2) وفيما يلي نبين النتائج العددية لأمان الشبكة [1,6,7]:

$$A = \begin{pmatrix}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}$$

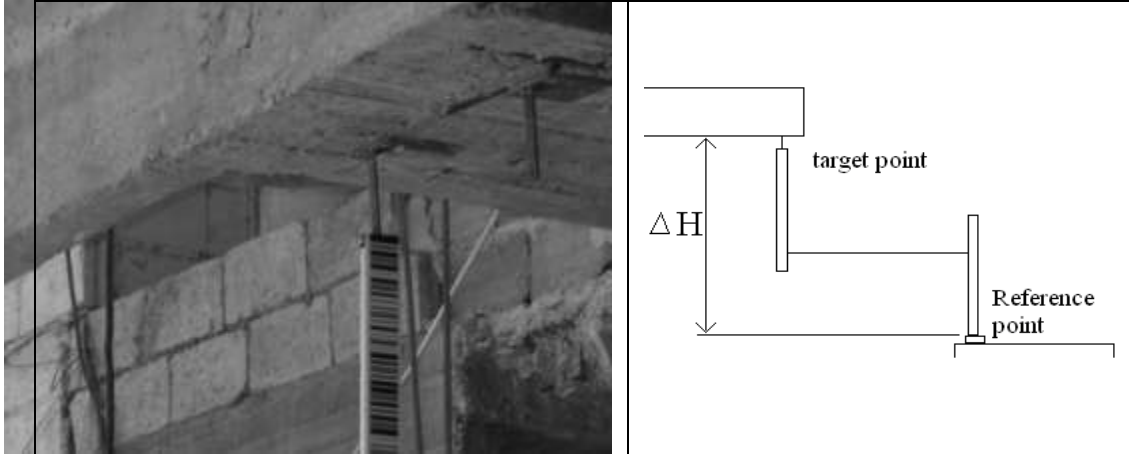
$$\begin{pmatrix}
 0.568 \\
 0.562 \\
 0.658 \\
 0.658 \\
 0.566 \\
 0.658 \\
 0.706 \\
 0.654 \\
 0.565 \\
 0.474 \\
 0.522 \\
 0.584 \\
 0.546 \\
 0.603 \\
 0.592 \\
 0.494 \\
 0.574 \\
 0.552 \\
 0.496 \\
 0.465 \\
 0.504
 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A^T \cdot P \cdot A \\
 Q &= R^{-1} \\
 I &= \text{identity}(21) \\
 C1 &= A \cdot Q \cdot A^T \cdot P \\
 \pi &= I - C1
 \end{aligned}$$

$$\text{diag}(\pi) = \begin{pmatrix}
 0.568 \\
 0.562 \\
 0.658 \\
 0.658 \\
 0.566 \\
 0.658 \\
 0.706 \\
 0.654 \\
 0.565 \\
 0.474 \\
 0.522 \\
 0.584 \\
 0.546 \\
 0.603 \\
 0.592 \\
 0.494 \\
 0.574 \\
 0.552 \\
 0.496 \\
 0.465 \\
 0.504
 \end{pmatrix}$$

4. مخطط إجراء القياسات

تم إجراء القياسات بحسب مخطط الشبكة والقياسات المقترح في الشكل (2)، باستخدام جهاز النيفو الالكتروني الرقمي TOPCON DL-102C والميرا المشفرة بشكل مقلوب، على النقاط المتوضعة على السقف والمثبتة على صفائح معدنية ملتصقة بأسفل المنشأ المدروس بالغراود الشديد الالتصاق ، كما في الأشكال التالية.



الشكل (3) مخطط قياس النقاط المثبتة على السقف بحسب نظام INVERSE ROD



الشكل (4) طريقة تثبيت نقاط المراقبة لتركيز الميرا المقلوبة أسفل العناصر المدعمة



الشكل (5) توضع نقاط المراقبة الارتفاعية وأرقامها أسفل سطح العنصر الإنشائي المختبر



الشكل (6) النقاط المرجعية الارتفاعية M1, M2, M3

النتائج والمناقشة:

تم إجراء قياسات القراءات الخلفية والأمامية، ما بين الشبكة في الشكل (2) بالقياس المضاعف على دورتين مستقلتين ومن مواقع مختلفة لضمان عدم ارتباط نتائج القياسات، وأدرجت النتائج في الجدول (1).
تمت معالجة نتائج القياسات باستخدام برنامج تعديل الارتفاعات المناسب (CAT) وتم الحصول على الارتفاعات النهائية للحالة الابتدائية قبل الشروع بأي عملية تحميل، وسيتم مقارنة المناسيب الجديدة مع هذه المناسيب المعدلة خلال فترات وحالات التحميل المختلفة، تم ادراج نتائج المعالجة وحساب الأخطاء متوسطة التربيع لها في الجدول (2).

الجدول (1) متوسط نتائج القياسات من دورتي قياس في الدورة الابتدائية المرجعية

<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m	<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m
1	M3	t1	2.90893	12	3	7	0.01095
2	M3	t2	2.91503	13	4	3	0.00360
3	M3	t3	2.90223	14	6	7	0.00103
4	M2	t4	2.84865	15	8	7	-0.00290
5	M2	t5	2.85890	16	9	8	0.00525
6	M2	t6	2.86218	17	6	8	0.00392
7	M1	t7	2.43285	18	4	6	0.01353
8	M1	t8	2.43575	19	5	4	-0.01025
9	M1	t9	2.43050	20	5	9	0.00195
10	2	1	-0.00610	21	2	3	-0.01280
11	1	7	0.00425				

الجدول (2) نتائج المعالجة الرياضية مبينة مع الأخطاء المتوسطة الترتيب المرافقة للحالة الابتدائية

الارتفاعات المعدلة وأخطاءها			القياسات المعدلة وأخطاءها							
<i>i</i>	Adjusted H_i m	m_{H_i} m	from	to	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m	from	to	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m
M1	0	fixed	M3	1	2.90887	0.00046	4	3	0.00304	0.00047
M2	-0.43040	fixed	M3	2	2.91505	0.00047	6	7	0.00160	0.00044
M3	-0.48030	fixed	M3	3	2.90236	0.00041	8	7	-0.00284	0.00044
1	2.42857	0.00046	M2	4	2.84941	0.00041	9	8	0.00502	0.00050
2	2.43475	0.00047	M2	5	2.85917	0.00046	6	8	0.00444	0.00045
3	2.42206	0.00041	M2	6	2.86147	0.00041	4	6	0.01206	0.00047
4	2.41901	0.00041	M1	7	2.43268	0.00038	5	4	-0.00976	0.00050
5	2.42877	0.00046	M1	8	2.43552	0.00041	5	9	0.00172	0.00051
6	2.43107	0.00041	M1	9	2.43050	0.00046	2	3	-0.01270	0.00049
7	2.43268	0.00038	2	1	-0.00618	0.00051				
8	2.43552	0.00041	1	7	0.00411	0.00049				
9	2.43050	0.00046	3	7	0.01062	0.00045				

بعد حساب الدورة الابتدائية ننتقل إلى المخطط الزمني لحالات التحميل المختلفة، والتي سنسعرضها بشكلٍ وافٍ

كما يلي:

أ - التحميل بالحمولة الميتة المقطرة للعناصر الإنشائية: بعد تحميل الحمولة الميتة المحسوبة من قبل المهندسين الإنشائيين تم إجراء قياسات حالة العناصر الإنشائية مباشرة بعد الحمولة الميتة ومن ثم تمت إعادة القياسات

كاملة بعد 24 ساعة، يبين الشكل (7) طريقة تحميل العناصر الإنشائية بالحمولة الميتة، بينما يبين الجدول (3) نتائج القياسات بعد تحميل الحمولة الميتة مباشرة والجدول (4) بعد التحميل بـ 24 ساعة.



الشكل (7) صور طريقة تحميل العناصر الإنشائية بالحمولة الميتة

الجدول (3) نتائج القياسات مباشرة بعد تحميل الحمولة الميتة

<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m	<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m
1	M3	t1	2.90785	12	3	7	0.01145
2	M3	t2	2.91300	13	4	3	0.00370
3	M3	t3	2.90130	14	6	7	0.00155
4	M2	t4	2.84740	15	8	7	-0.00245
5	M2	t5	2.85745	16	9	8	0.00540
6	M2	t6	2.86100	17	6	8	0.00400
7	M1	t7	2.43255	18	4	6	0.01360
8	M1	t8	2.43500	19	5	4	-0.01005
9	M1	t9	2.42960	20	5	9	0.00215
10	2	1	-0.00515	21	2	3	-0.01170
11	1	7	0.00490				

الجدول (4) نتائج القياسات بعد 24 ساعة من تحميل الحمولة الميتة

<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m	<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m
1	M3	t1	2.90743	12	3	7	0.01185
2	M3	t2	2.91340	13	4	3	0.00330
3	M3	t3	2.90158	14	6	7	0.00215
4	M2	t4	2.84810	15	8	7	-0.00215
5	M2	t5	2.85758	16	9	8	0.00533
6	M2	t6	2.86110	17	6	8	0.00430
7	M1	t7	2.43330	18	4	6	0.01300
8	M1	t8	2.43545	19	5	4	-0.00948
9	M1	t9	2.43013	20	5	9	0.00250
10	2	1	-0.00597	21	2	3	-0.01183
11	1	7	0.00600				

إن نتائج تعديل القياسات المجراة مباشرة بعد تحميل الحمولة الميتة وحساب القيم المعدلة والأخطاء المرتكبة فيها موجودة في الجدول (5) بينما يحوي الجدول (6) نتائج تعديل للقياسات بعد تحميل الحمولة الميتة بـ 24 ساعة.

الجدول (5) نتائج المعالجة العددية للقياسات بعد تحميل الحمولة الميتة مباشرة

الارتفاعات المعدلة وأخطائها			القياسات المعدلة وأخطائها							
<i>i</i>	Adjusted H_i m	m_{H_i} m	from	<i>t</i> o	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m	from	<i>t</i> o	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m
M1	0.00000	fixed	M3	1	2.90743	0.00009	4	3	0.00340	0.00009
M2	-0.43040	fixed	M3	2	2.91339	0.00009	6	7	0.00226	0.00008
M3	-0.48030	fixed	M3	3	2.90155	0.00008	8	7	-0.00217	0.00008
1	2.42713	0.00009	M2	4	2.84825	0.00008	9	8	0.00533	0.00009
2	2.43309	0.00009	M2	5	2.85773	0.00009	6	8	0.00442	0.00009
3	2.42125	0.00008	M2	6	2.86129	0.00008	4	6	0.01304	0.00009
4	2.41785	0.00008	M1	7	2.43315	0.00007	5	4	-0.00948	0.00009
5	2.42733	0.00009	M1	8	2.43531	0.00008	5	9	0.00265	0.00010
6	2.43089	0.00008	M1	9	2.42998	0.00009	2	3	-0.01185	0.00009
7	2.43315	0.00007	2	1	-0.00596	0.00010				
8	2.43531	0.00008	1	7	0.00601	0.00009				
9	2.42998	0.00009	3	7	0.01190	0.00009				

الجدول (6) نتائج المعالجة العددية للقياسات بعد تحميل الحمولة الميتة بـ 24 ساعة

الارتفاعات المعدلة وأخطائها			القياسات المعدلة وأخطائها							
<i>i</i>	Adjusted H_i m	m_{H_i} m	from	<i>t</i> o	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m	from	<i>t</i> o	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m
M1	0	fixed	M3	1	2.90743	0.00009	4	3	0.00340	0.00009
M2	0	fixed	M3	2	2.91339	0.00009	6	7	0.00226	0.00008
M3	-0.43040	fixed	M3	3	2.90155	0.00008	8	7	-0.00217	0.00008
1	-0.48030	0.00009	M2	4	2.84825	0.00008	9	8	0.00533	0.00009
2	2.42713	0.00009	M2	5	2.85773	0.00009	6	8	0.00442	0.00009
3	2.43309	0.00008	M2	6	2.86129	0.00008	4	6	0.01304	0.00009
4	2.42125	0.00008	M1	7	2.43315	0.00007	5	4	-0.00948	0.00009
5	2.41785	0.00009	M1	8	2.43531	0.00008	5	9	0.00265	0.00010
6	2.42733	0.00008	M1	9	2.42998	0.00009	2	3	-0.01185	0.00009
7	2.43089	0.00007	2	1	-0.00596	0.00010				
8	2.43315	0.00008	1	7	0.00601	0.00009				
9	2.43531	0.00009	3	7	0.01190	0.00009				

الجدول (7) ملخص نتائج القياسات المساحية المعدلة لحالة التحميل بالحمولة الميتة

الدورة الابتدائية			بعد التحميل مباشرة			بعد 24 ساعة من التحميل		
<i>i</i>	Adjusted H_i m	m_{Hi} m	<i>i</i>	Adjusted H_i m	m_{Hi} m	<i>i</i>	Adjusted H_i m	m_{Hi} M
M1	0.00000	fixed	M1	0	fixed	M1	0	Fixed
M2	-0.43040	fixed	M2	-0.43040	fixed	M2	-0.43040	Fixed
M3	-0.48030	fixed	M3	-0.48030	fixed	M3	-0.48030	Fixed
1	2.42857	0.00046	1	2.42713	0.00009	1	2.42713	0.00009
2	2.43475	0.00047	2	2.43309	0.00009	2	2.43309	0.00009
3	2.42206	0.00041	3	2.42125	0.00008	3	2.42125	0.00008
4	2.41901	0.00041	4	2.41785	0.00008	4	2.41785	0.00008
5	2.42877	0.00046	5	2.42733	0.00009	5	2.42733	0.00009
6	2.43107	0.00041	6	2.43089	0.00008	6	2.43089	0.00008
7	2.43268	0.00038	7	2.43315	0.00007	7	2.43315	0.00007
8	2.43552	0.00041	8	2.43531	0.00008	8	2.43531	0.00008
9	2.43050	0.00046	9	2.42998	0.00009	9	2.42998	0.00009

ومما سبق نستطيع حساب الهبوطات ما بين الفترة الابتدائية وبعد لحظة التحميل وبعد 24 ساعة من الحمولة الميتة، وهي مبينة في الجدول (8).

الجدول (8) نتائج حساب الهبوطات (محسوبة بالمتر m) ما بين الفترة الابتدائية وبعد التحميل مباشرة وبعد 24 ساعة من الحمولة الميتة

نقاط شبكة المراقبة	الهبوطات بعد التحميل مباشرة	الخطأ المتوسط التربيع للهبوط بعد التحميل مباشرة	الهبوطات بعد 24 ساعة من التحميل	الخطأ المتوسط التربيع للهبوط بعد 24 ساعة من التحميل
M1	0		0	
M2	0		0	
M3	0		0	
1	-0.00144	0.00047	-0.00103	0.00047
2	-0.00166	0.00047	-0.00207	0.00047
3	-0.00081	0.00042	-0.00111	0.00042
4	-0.00117	0.00042	-0.00187	0.00042
5	-0.00144	0.00047	-0.00158	0.00047
6	-0.00018	0.00042	-0.00030	0.00042
7	0.00047	0.00039	-0.00025	0.00039
8	-0.00021	0.00042	-0.00063	0.00042
9	-0.00052	0.00047	-0.00102	0.00047

بحسب المتطلبات الإنشائية فإن القيم الواردة في الجدول أعلاه هي ضمن الحدود المسموحة بحسب تقدير مهندسي الأعمال الإنشائية المراقبين لتجربتنا، كما تبين أنه توجد هبوطات صغيرة جداً بين التحميل مباشرة وبعد 24 ساعة، أي إن المنشأ حافظ على وضعه بعد تحميل الحمولة الميتة.

ب - التحميل بالحمولة الحية بالإضافة إلى الحمولة الميتة السابقة والمقررة للعناصر الإنشائية: تم تحميل حمولة حية بالإضافة إلى الحمولة الميتة السابقة المحسوبة من قبل المهندسين الإنشائيين بعد 24 ساعة من انتهاء قياسات الهبوطات وتم إجراء قياسات حالة العناصر الإنشائية بعد 24 ساعة، يبين الشكل (8) تحميل العناصر الإنشائية بالحمولة الحية والميتة، بينما يبين الجدول (9) نتائج القياسات بعد 24 ساعة من التحميل بالحمولتين، والجدول (10) نتائج تعديل القياسات وحساب القيم المعدلة والأخطاء المرتكبة فيها.



الشكل (8) صور تحميل العناصر الإنشائية بالحمولة الحية والميتة

الجدول (9) نتائج القياسات بعد 24 ساعة من التحميل بالحمولتين الحية والميتة

<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m	<i>i</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	Δh_i m
1	M3	t1	2.90450	12	3	7	0.01133
2	M3	t2	2.91025	13	4	3	0.00357
3	M3	t3	2.90078	14	6	7	0.00160
4	M2	t4	2.84688	15	8	7	-0.00270
5	M2	t5	2.85713	16	9	8	0.00545
6	M2	t6	2.86018	17	6	8	0.00430
7	M1	t7	2.43180	18	4	6	0.01330
8	M1	t8	2.43450	19	5	4	-0.01025
9	M1	t9	2.42905	20	5	9	0.00190
10	2	1	-0.00575	21	2	3	-0.00948
11	1	7	0.00760				

الجدول (10) نتائج تعديل القياسات المجراة بعد تحميل الحمولة الميتة والحية بـ 24 ساعة وحساب القيم المعدلة والأخطاء

الارتفاعات المعدلة وأخطاءها			القياسات المعدلة وأخطاءها							
i	Adjusted H_i m	m_{H_i} m	from	to	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m	from	to	Adjusted ΔH_i m	$m_{\Delta H_i}$ m
M1	0	fixed	M3	1	2.90445	0.00009	4	3	0.00372	0.00009
M2	-0.4304	fixed	M3	2	2.91020	0.00009	6	7	0.00172	0.00009
M3	-0.4803	fixed	M3	3	2.90067	0.00008	8	7	-0.0026	0.00009
1	2.42415	0.00009	M2	4	2.84705	0.00008	9	8	0.00546	0.00010
2	2.42990	0.00009	M2	5	2.85728	0.00009	6	8	0.00440	0.00009
3	2.42037	0.00008	M2	6	2.86038	0.00008	4	6	0.01333	0.00009
4	2.41665	0.00008	M1	7	2.43170	0.00007	5	4	-0.0102	0.00010
5	2.42688	0.00009	M1	8	2.43439	0.00008	5	9	0.00204	0.00010
6	2.42998	0.00008	M1	9	2.42892	0.00009	2	3	-0.0095	0.00010
7	2.43170	0.00007	2	1	-0.00574	0.00010				
8	2.43439	0.00008	1	7	0.00755	0.00009				
9	2.42892	0.00009	3	7	0.01133	0.00009				

ت - إزالة الحمولة الحية: تم إزالة الحمولة الحية ومراقبة وضع المنشأ للتحقق من محافظة العناصر المدعمة على مرونتها بما يتوافق ونظريات التصميم، وبالتالي تم إجراء عمليات قياس جديدة، حيث تم إظهار نتائجها في الجدول (11)، بينما تم تعديل نتائج هذه القياسات وحساب قيمها المعدلة وأخطاءها في الجدول (12).

الجدول (11) نتائج القياسات بعد إزالة الحمولة الحية

i	From	To	Δh_i m	i	From	To	Δh_i m
1	M3	t1	2.90630	12	3	7	0.01103
2	M3	t2	2.91238	13	4	3	0.00347
3	M3	t3	2.90165	14	6	7	0.00140
4	M2	t4	2.84800	15	8	7	-0.00242
5	M2	t5	2.85778	16	9	8	0.00500
6	M2	t6	2.86110	17	6	8	0.00382
7	M1	t7	2.43248	18	4	6	0.01310
8	M1	t8	2.43490	19	5	4	-0.00977
9	M1	t9	2.42990	20	5	9	0.00215
10	2	1	-0.00608	21	2	3	-0.01072
11	1	7	0.00638				

الجدول(12) نتائج تعديل القياسات المنفذة بعد إزالة الحمولة الحية وحساب القيم المعدلة والأخطاء المرتكبة فيها

الارتفاعات المعدلة وأخطائها			القياسات المعدلة وأخطائها							
<i>i</i>	<i>Adjusted H_i m</i>	<i>m_{H_i} m</i>	<i>from</i>	<i>to</i>	<i>Adjusted ΔH_i m</i>	<i>m_{ΔH_i} m</i>	<i>from</i>	<i>to</i>	<i>Adjusted ΔH_i m</i>	<i>m_{ΔH_i} m</i>
M1	0.00000	fixed	M3	1	2.90629	0.00007	4	3	0.00357	0.00008
M2	-0.43040	fixed	M3	2	2.91236	0.00007	6	7	0.00150	0.00007
M3	-0.48030	fixed	M3	3	2.90161	0.00007	8	7	-0.0024	0.00007
1	2.42599	0.00007	M2	4	2.84813	0.00007	9	8	0.00501	0.00008
2	2.43206	0.00007	M2	5	2.85791	0.00007	6	8	0.00392	0.00007
3	2.42131	0.00007	M2	6	2.86127	0.00007	4	6	0.01313	0.00008
4	2.41773	0.00007	M1	7	2.43236	0.00006	5	4	-0.0097	0.00008
5	2.42751	0.00007	M1	8	2.43479	0.00007	5	9	0.00228	0.00008
6	2.43087	0.00007	M1	9	2.42978	0.00007	2	3	-0.0107	0.00008
7	2.43236	0.00006	2	1	-0.00607	0.00008				
8	2.43479	0.00007	1	7	0.00638	0.00008				
9	2.42978	0.00007	3	7	0.01106	0.00007				

يمكن إجمال حالات التحميل المختلفة بالجدول (13)، وبالتالي يمكن حساب التغيرات الارتقاعية لمختلف نقاط

المراقبة كما هو وارد في الجدول (14)، ويمكن إظهارها بشكل رسومي كما هو وارد في المخطط في الشكل (9).

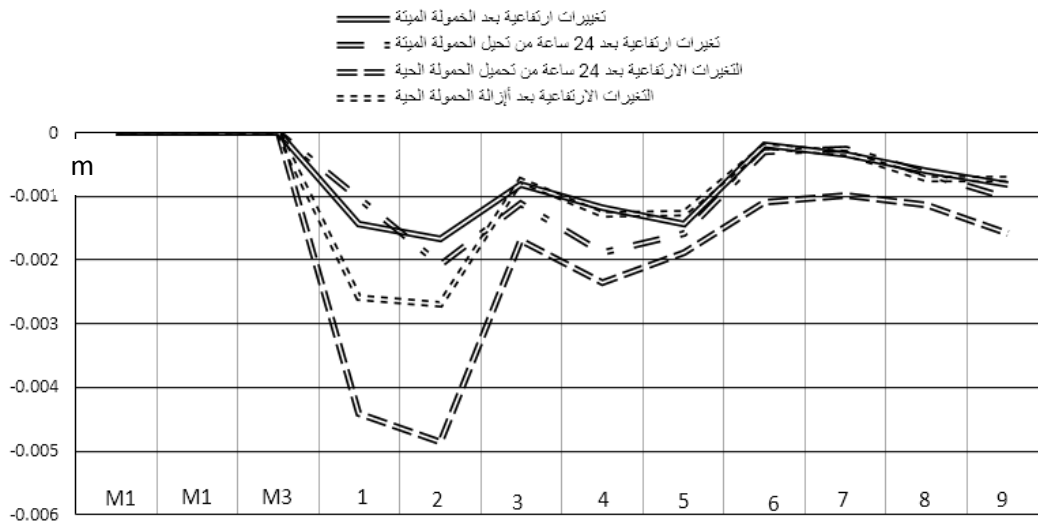
الجدول (13) جدول الارتفاعات في حالات تحميل مختلفة

الدورة الابتدائية			بعد تحميل الحمولة الميئة مباشرة			بعد 24 ساعة من تحميل			تحميل الحمولة الحية		بعد إزالة الحمولة الحية	
i	$\frac{Adjusted}{H_i}$	m_{Hi}	i	$\frac{Adjusted}{H_i}$	m_{Hi}	i	$\frac{Adjusted}{H_i}$	m_{Hi}	$\frac{Adjusted}{H_i}$	m_{Hi}	$\frac{Adjusted}{H_i}$	m_{Hi}
M1	0	fixed	M1	0	fixed	M1	0	fixed	0	fixed	0	fixed
M2	-0.43040	fixed	M2	-0.43040	fixed	M2	-0.43040	fixed	-0.43040	fixed	-0.43040	fixed
M3	-0.48030	fixed	M3	-0.48030	fixed	M3	-0.48030	fixed	-0.48030	fixed	-0.48030	fixed
1	2.42857	0.00046	1	2.42713	0.00008	1	2.42754	0.00009	2.42415	0.00009	2.42599	0.00007
2	2.43475	0.00047	2	2.43309	0.00008	2	2.43268	0.00009	2.42990	0.00009	2.43206	0.00007
3	2.42206	0.00041	3	2.42125	0.00007	3	2.42095	0.00008	2.42037	0.00008	2.42131	0.00007
4	2.41901	0.00041	4	2.41785	0.00007	4	2.41714	0.00008	2.41665	0.00008	2.41773	0.00007
5	2.42877	0.00046	5	2.42733	0.00008	5	2.42719	0.00009	2.42688	0.00009	2.42751	0.00007
6	2.43107	0.00041	6	2.43089	0.00007	6	2.43078	0.00008	2.42998	0.00008	2.43087	0.00007
7	2.43268	0.00038	7	2.43235	0.00007	7	2.43243	0.00007	2.43170	0.00007	2.43236	0.00006
8	2.43552	0.00041	8	2.43491	0.00007	8	2.43488	0.00008	2.43439	0.00008	2.43479	0.00007
9	2.43050	0.00046	9	2.42968	0.00008	9	2.42947	0.00009	2.42892	0.00009	2.42978	0.00007

الجدول (14) التغيرات الارتفافية لمختلف نقاط المراقبة (محسوبة بالمتر m)

	الهبوطات بعد تحميل الحمولة الميئة مباشرة	الهبوطات بعد تحميل الحمولة الميئة ب 24 ساعة	الهبوطات بعد تحميل الحمولة الحية والميئة	التغيرات الارتفافية بعد إزالة الحمولة الحية
M1	0	0	0	0
M2	0	0	0	0
M3	0	0	0	0
1	-0.00144	-0.00103	-0.00442	-0.00258
2	-0.00166	-0.00207	-0.00485	-0.00269
3	-0.00081	-0.00111	-0.00169	-0.00075
4	-0.00117	-0.00187	-0.00236	-0.00128
5	-0.00144	-0.00158	-0.00189	-0.00126
6	-0.00018	-0.0003	-0.00109	-0.0002
7	0.000467	-0.00025	-0.00098	-0.00032
8	-0.00021	-0.00063	-0.00113	-0.00073
9	-0.00052	-0.00102	-0.00157	-0.00072

المخطط العام للتغيرات الارتفافية مع حالات التحميل المختلفة



الشكل (9) المخطط العام للتغيرات الارتفافية مع حالات التحميل المختلفة

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- من نتائج الدورة الأولى والثانية نجد أن الهبوطات قد استقرت بعد تحميل الحمولة الميئة مباشرة، وكانت ضمن المعايير التي وضعها المهندسون الإنشائيون.
- 2- عند إضافة الحمولة الحية حصل هبوط في نقاط المراقبة بلغت قيمته كحد أعظمي 4.85 mm عند نقطة المراقبة 2، والقيم السابقة ضمن الحدود المسموحة بحسب المواصفات هذا النوع من التحميل.

- 3- لوحظ أنه عند إزالة الحمولة الحية، عادت التشوهات الارتفاعية إلى ما كانت عليه تقريباً، كما في حالة التحميل بالحمولة الميتة فقط، كما هو واضح في الشكل (9).
- 4- أثبتت طريقة القياس المستخدمة فعاليتها في قياس الهبوطات وأعطت نتائج ممتازة (أجزاء المليمتر) ساعدت المهندسين الإنشائيين على اتخاذ قرارهم بصحة طريقة التدعيم وإمكانية تنفيذ التغييرات المقترحة على وظيفة البناء وعناصره الإنشائية، وبالتالي يوصى باعتماد مثل هذه الطريقة دائماً عند إجراء عمليات تدعيم مهما كان نوعها وقبل إكمال تنفيذ أو استثمار المنشأ تلافياً للخسائر المادية والبشرية.
- 5- من المهم التأكيد على أن جهاز النيفو الرقمي الدقيق مع الميرا المشفرة أعطى نتائج دقيقة محققة لشروط هكذا أعمال وبسهولة ويسر تامين، وبالتالي تم الاستغناء عن الطرق الأخرى التي تعتمد على ساعة الميكرومتر والحساسات الكهربائية التي تحتاج إلى ظروف خاصة وإقبال منطقة التحميل عن الأعمال والتأثيرات الخارجية والحركة.

المراجع:

- 1- أحمد، محسن. إحصاء وأخطاء (2). منشورات جامعة تشرين سوريا، 2013، 276.
- 2- التهامي، أبو زيد التهامي؛ سويلم، محمد خالد الهادي. تدعيم المنشآت الخرسانية باستخدام الضغط الخارجي للعناصر الإنشائية حالات دراسة. Mansoura engineering journal، مصر، مجلد 32، 2009، 11-26.
- 3- إمام، محمود؛ العجمي، علي؛ طهوية، أحمد؛ يوسف، محمود. تقوية الكمرات الخرسانية المسلحة باستخدام ألياف الكربون. مجلة البناء مصر، العدد الخامس عشر، حزيران 2008م، 44-51.
- 4- ججاج، غاندي علي؛ نذاف، قصي علي؛ حشمة، ميرفت حسن. دراسة سلوك الجوائز البيتونية المقواة خارجياً بصفائح من الـ GFRP تجريبياً. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية سوريا، المجلد 29، العدد 2، 2007م، 55-74.
- 5- سمكري، مأمون؛ العسراوي، غادة. دراسة التشوهات وأشكال الانهيار للأعمدة المدعمة بألياف الكربون. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية سوريا، المجلد الحادي والعشرون، العدد الأول، 2005م، 67-91.
- 6- Baarada, w. *Precision, Accuracy and Reliability of Observations*. Report I.A.G. Symposium, Lisbon, 1960. Reprint Delft, 1965.
- 7- Ghilani, C. D; Wolf, P. R. *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Printed in the USA, Published simultaneously in Canada, ISBN: 978-0-471-69728-2, 2006, 632
- 8- Manual Engineering and Design EM 1110-1-1002, *SURVEY MARKERS AND MONUMENTATION*. DEPARTMENT OF THE ARMY, US Army Corps of Engineers USA, March 2012, 72.
- 9- Manual Engineering and Design EM 1110-2-1009, *STRUCTURAL DEFORMATION SURVEYING*. DEPARTMENT OF THE ARMY, US Army Corps of Engineers USA, June 2002, 292.