مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (5) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (5) 2015

مساهمة في مراقبة الانزياحات الافقية والشاقولية للسكك الحديدية الخاصة بالروافع الثقيلة

الدكتور فايز ديب*

(تاريخ الإيداع 13 / 7 / 2015. قُبِل للنشر في 7/ 10 / 2015)

□ ملخّص □

يعرض هذا البحث مراقبة الانزياحات الافقية والشاقولية لسكك الحديد التي تسير عليها الروافع الثقيلة باستخدام التقنيات المساحية وذلك بهدف تحديد استقرار السكة وسلامة تشغيل الروافع عليها. لكي تعمل الروافع الثقيلة على السكة بأمان يجب أن تكون السكة بشكل أفقي تماما (يسمح بخطأ صغير من مرتبة المليمترات تحدده الشروط الفنية لعمل الروافع). كما يجب أن تحافظ السكة على تباعدها الافقي لتسهيل حركة الروافع عليها. تتضمن مراقبة الهبوطات في السكة حساب الانزياحات الشاقولية النسبية لمجموعة نقاط المراقبة الموزعة على طول السكة في حالتين : الحالة الساكنة والحالة الديناميكية. تم تحديد الانزياحات الشاقولية باستخدام التسوية الدقيقة المنفذة باستخدام نيفو رقمي عالي الدقة. وقد تم ربط قياسات التسوية الدقيقة لنقاط المراقبة مع نقاط الاستناد الثابتة المزروعة في المنطقة المحيطة بالسكة من أجل دراسات لاحقة. تم في هذا البحث استخدام طريقة المستقيم الثابت في ايجاد الانزياحات الافقية للسكة باستخدام المساطر الرقمية وجهاز المحطة المتكاملة مع عاكس مثبت بشكل قسري على قضيبي السكة. تم تنفيذ ذلك بقياس زوايا الانحراف الصغرة لنقاط المراقبة الموزعة على محور قضيب السكة . لقد بين هذا البحث كفاءة ودقة طريقة المستقيم الثابت في ايجاد الانزياحات الافقية لمحور للسكة الحديدية.

الكلمات المفتاحية: انزياحات، نقاط مراقبة، تسوية دقيقة، نيفو رقمي، طريقة المستقيم الثابت، روافع، سكة حديدية.

* أستاذ – قسم الهندسة الطبوغرافية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (5) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (5) 2015

A contrbution in monitoring the horizontal and vertical displacements of railway devoted for heavy cranes

Dr. Fayez Deeb*

(Received 13 / 7 / 2015. Accepted 7 / 10 / 2015)

□ ABSTRACT □

This paper presents the monitoring horizontal and vertical displacements of railway which heavy cranes run on using special geodetic techniques for the purpose provaiding rialway stability and safe working cranes on it. To quaranty that heavy cranes work safly, a rialway should be just horizontal– a small error of milimeters leveling is allowed according to working conditions for cranes. A rialway shoud also maintain its spaces to facilitate the crane motion on it. Monitoring railway vertical displacements involve measuring the relative vertical displacements of target points that are distributed along the railway in two cases: static and dynamic. vertical displacements determined by precise leveling which are performed using digital high accuracy level. The precise leveling measurments of target points have been connected to stable benchmark that are located in surrounding terrain of railway for purpose of further studies. In this paper the alignment method was used to monitoring the railway horizontal displacements using digital rulers and total station provided by a prism fixed forcely on the railway. This is done by measuring the small bias angles of the targat points which are distributed along the railway. This research has illustrated the efficiency of alignment method in order to calculate the horizontal displacements of railway axis.

Key words: displacement, target points, precise leveling, digital level, alignment method, cranes , railway.

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

مقدمة

إنَّ تحديد انزياحات منشأة ما خلال فترة زمنية معينة بالاستناد إلى القياسات المساحية الدورية يتطلب رصد نقاط مختارة من المنشأة الهندسية في بداية و نهاية هذه الفترة بالنسبة إلى حالة أولية مرصودة للمنشأة بالاستناد الى شبكات المراقبة المساحية المكونة من نقاط المراقبة ونقاط الاستناد. يتم تنفيذ القياسات المساحية الدورية ومعالجة النتائج من أجل حساب الانزياحات المطلقة أو النسبية بهدف تقييم سلامة المنشأة. يتم في الانزياحات المطلقة تحديد انزياح نقاط المراقبة الموزعة على المنشأة بالاستناد الى شبكة نقاط الاستناد وتقسم بدورها الى انزياحات افقية وانزياحات شاقولية. أما في الانزياحات النسبية فيتم تحديد انزياح نقاط المراقبة الموزعة على المنشأة بالاستناد الى بعضها البعض [1].

يتم ايجاد انزياحات النقاط في فترة الرصد باستخدام طريقة الفروقات والطريقة المستقلة. في طريقة الفروقات يتم معالجة فروق القياسات المنفذة على العناصر المقاسة في دورتي القياس والحصول مباشرة على مركبات انزياح النقاط مباشرة . أمّا في الطريقة المستقلة فيتم معالجة القياسات الاولية والفعلية بشكل مستقل بحيث يتم الحصول على الاحداثيات الاولية والفعلية لنقاط المراقبة وبطرحهما نحصل على الانزياحات [3].

إنَّ جميع الاجهزة والادوات المساحية الحديثة التي تمكننا من تحديد احداثيات نقاط المراقبة بدقة عالية يمكن استخدامها في مراقبة التشوهات و ذلك حسب نوع وشكل المنشأة. تستخدم التسوية الهندسية الدقيقة لقياس الانزياحات الشاقولية في أغلب المنشآت الهندسية. وتستخدم شبكات المراقبة الافقية المقيسة الزوايا و المسافات لايجاد الانزياحات الافقية المطلقة. و حديثا تستخدم قياسات نظام تحديد المواقع العالمي GPS في مراقبة تشوهات المنشآت الهندسية [4].

إنَّ شكل المنشأة والهدف من دراسة التشوهات يلعبان دوراً مهما في اختيار طريقة قياس التشوهات وشكل شبكة المراقبة الجيوديزية. تتطلب دراسة الانزياحات الافقية والشاقولية لسكك الحديد التي تسير عليها الروافع الثقيلة التي يزيد وزنها عن 100 طن، بعض القياسات المساحية الخاصة بالمنشآت الطولانية بما يتناسب مع الشروط الفنية لعمل الروافع مثل الحدود المسموحة لفرق المنسوب بين عجلات الروافع على السكك وكذلك تباعد العجلات المسموح. وبالتالي يجب المحافظة على التباعد الثابت لمحوري قضيبي السكة الحديدية الخاصة بالروافع واستقرارها شاقولياً تحت تأثير الحمولات.

أهمية البحث وأهدافه

تشكل نتائج قياسات تشوهات المنشآت الهندسية الهامة القاعدة الاساسية لتقييم أمان وسلامة هذه المنشآت. إنَّ الهدف الأساسي من دراسة انزياحات سكة الحديد هو إيجاد قيم واتجاهات تغيرات مواقع نقاط المراقبة الموزعة على طول السكة بانتظام وذلك بهدف تقييم حالتها وسلامتها، بالاضافة الى تحليل وتفسير نتائج قياسات التشوهات وتحديد العوامل المسببة لهذه التشوهات.

تهدف الدراسة إلى حساب الانزياحات الشاقولية النسبية (فروق المناسيب) بين قضيبي سكة الحديد في مقاطع كل 5 متر من أجل تقييم سلامة تشغيل الروافع على السكة وذلك في حالتين: الحالة الديناميكية وهي حالة تحميل السكة بالروافع الثقيلة، والحالة الساكنة للسكة بدون الروافع، ومقارنة فروق المناسيب المقاسة مع الفرق المسموح لعمل الروافع حسب الشروط الفنية للروافع التي تسير على السكة.

كما تهدف الدراسة إلى اجراء قياسات الانزياحات الافقية للسكة الحديدية في نقاط مراقبة موزعة على محور السكة بانتظام كل 5 متر بهدف تحديد انزياحاتها عن استقامة السكة باستخدام طريقة المستقيم الثابت و دراسة تأثير طول مسافة التسديد (المسافة بين نقطة تركيز الجهاز ونقطة التوجيه) على قيم الانزياحات الافقية المحسوبة للسكة.

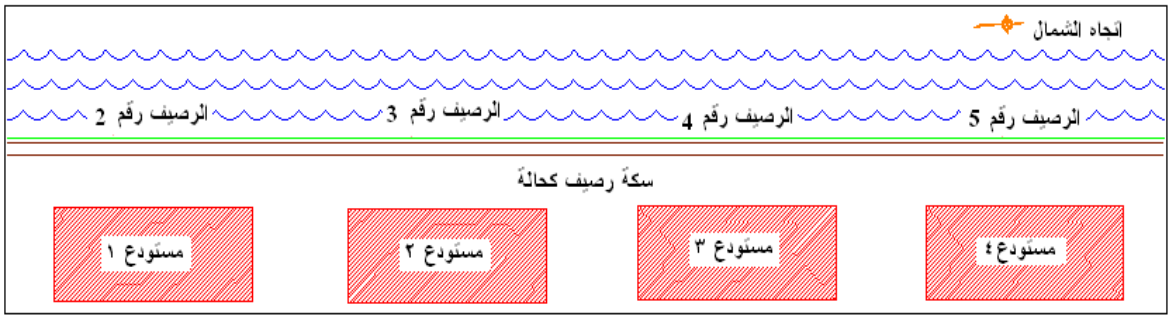
طرائق البحث ومواده

وصف منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في مرفأ اللاذقية على رصيف كحالة وهي عبارة عن سكة حديدية تسير عليها روافع كهربائية عددها 12 رافعة وزن الواحدة منها حوالي 100 طن. تستند الرافعة على السكة عبر أربعة ارجل، وتبلغ حمولة الرافعة 6 طن. يبلغ طول السكة الحديدية 550 متر والتباعد بين محوري قضيبي السكة 5.5 متر حسب شروط الانشاء. إن الحدود المسموحة لتركيب الروافع على السكة حسب الشروط الفنية للروافع هي:

10 mm ± بالنسبة للانزياح الشاقولي للسكة بين مساند الرافعة.

5 mm ± بالنسبة للانزياح الافقي للسكة.



الشكل رقم (1) الموقع العام للسكة في مرفأ اللاذقية

حساب الانزياحات الشاقولية باستخدام التسوية الدقيقة

بشكل عام يتم حساب الهبوط بالاستناد إلى القياسات الأولية والفعلية لمناسيب مجموعة نقاط المراقبة الموزعة على المنشأة منسوبة الى ريبر استناد ثابت أو اكثر. يتم زرع ريبرات الاستناد على مسافة محددة من المنشأة بحيث تحافظ على استقرارها و لاتتأثر بالهبوط. يتم تنفيذ قياسات الهبوطات عادة باستخدام التسوية الهندسية الدقيقة (نيفو عالي الدقة مع ميرا الانفار) في شبكة التسوية المعدة خصيصاً لدراسة الانزياحات الشاقولية، ويتم اختبار استقرار نقاط الاستناد المفترضة (ريبيرات الاستناد) من خلال مقارنة فروقات فروق الارتفاع المقاسة بين هذه النقاط مع الخطأ الاعظمي المتوقع وفق المتراجحة التالية:

$$h_i - h_i^{'} \le h_{\max} \qquad (1)$$

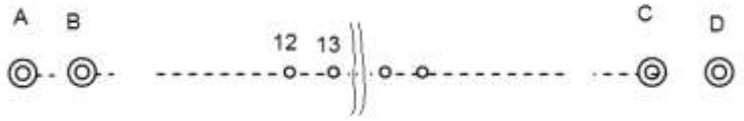
إنَّ الانزياحات النسبية للسكة أهم من الانزياحات المطلقة بالنسبة لعمل الروافع لأنَّ المسافة التي تأخذها الرافعة على السكة لا تتجاوز ستة امتار، لذلك سيتم حساب الهبوطات في السكة بين نقاط المراقبة المتجاورة.

تم توزيع نقاط المراقبة على طول السكة البالغ 550 متر بانتظام بمعدل نقطة كل 5 متر بدءاً من بداية السكة مقابل المستودع رقم 1 ، كما تم زرع مجموعة من الريبرات حول السكة من أجل تنفيذ قياسات لاحقة ومقارنتها مع القياسات الحالية. تمَّ تنفيذ قياسات التسوية الهندسية الدقيقة لمجموعة النقاط على السكة في حالتي السكون والتحميل

وذلك باستخدام جهاز النيفو الرقمي نوع DiNi من شركة Trimble مع الميرا المشفرة حيث أن الجهاز يعطي القراءات على الميرا المشفرة بدقة $\mp 0.3\ mm$ وقد تم تقريب المناسيب المحسوبة الى المليمتر . تم حساب فروق المناسيب بين طرفي السكة مباشرة من القراءات وذلك من أجل الدقة العالية في الحساب وحذف الاخطاء الناتجة عن الرصد. كما تم حساب مناسيب السكة بالربط الى الريبيرات التي تم زرعها (شبكة ارتفاعية) وذلك من أجل اظهار مناسيب السكة الفعلية ومقارنتها مع قياسات لاحقة.

طريقة المستقيم الثابت لحساب الانزياحات الأفقية للسكة

إن هذه الطريقة بسيطة لا تتطلب أجهزة قياس كثيرة ولا طرق حساب معقدة. باستخدام هذه الطريقة يمكن الحصول على مركبات الانزياح الأفقي للنقاط المرصودة على المنشأة وهذه المركبات عمودية على المستوي الشاقولي المار من الخط المستقيم في الحقل. تستخدم هذه الطريقة بشكل خاص في مراقبة المنشآت الطولانية والمستقيمة مثل الجسور والسدود .. الخ [2]. تتطلب هذه الطريقة زرع نقطتين ويفضل أربع نقاط ذات تمركز قسري بشكل خط مستقيم بمعدل نقطتين في كل جهة من المنشأة خارج مجال تأثير المنشأة على التربة (الشكل 2).



الشكل 2– طريقة المستقيم الثابت

يتم تركيز جهاز تيودوليت على أحد الأعمدة وليكن B وعلى العمود المزروع في نهاية المستقيم نركز إشارة مساحية ولتكن C. يقوم مساعد بوضع الإشارة المساحية المتحركة على نقطة وسط المنشأة المدروسة على طول الخط المستقيم BC وقراءة الانزياح الافقي عن المحور لنقطة المراقبة مباشرة باستخدام مسطرة مرقمة. من أجل زيادة الدقة يتم تبديل مواقع الجهاز والإشارة الثابتة أي يتم تركيز الجهاز على النقطة C والإشارة على B ونقوم بجميع الأعمال السابقة بوضعيتين للنظارة على النقاط.

يتم أيضاً حساب الانزياحات الأفقية لنقاط المستقيم الثابت بقياس الزوايا الأفقية المحصورة بين نقطتي الاستناد في نهايتي المستقيم BC وبين النقطة المرصودة من المستقيم، وبقياس المسافة الأفقية بين المرصد والنقطة المرصودة. يجب قياس الزوايا بدقة عالية باستخدام تيودوليت عالي الدقة، أما قياس المسافة فيكفي قياسها بدقة مقبولة لأنَّ تأثيرها على حساب الانزياح الأفقي ضعيف. يتم التمركز بالتيودوليت في نقطة البداية A وتصفير الجهاز على الإشارة المساحية الثابتة فوق نقطة الاستناد B، بعد ذلك يتم قياس زوايا الانحراف الصغيرة α في وضعيتين لجهاز التيودوليت بالتسديد الى نقاط المراقبة على السكة n .... 1,2، على التوالي (الشكل 3). يمكن تنفيذ نفس الخطوات السابقة عند القياس بالاتجاه المعاكس، أي عندما يكون الجهاز متوضعاً فوق نقطة الاستناد B والإشارة المساحية الثابتة فوق نقطة الاستناد A .

الشكل 3– مخطط القياسات في طريقة المستقيم الثابت الشاقولي

تكتب معادلات الارتباط البارامترية المحددة لمصفوفة الشكل كما يلي :

$$\alpha_1 = \rho \frac{Y_1}{S_1}$$
$$\alpha_2 = \rho \frac{Y_2}{S_2} \qquad (2)$$
$$\alpha_n = \rho \frac{Y_n}{S_n}$$

حيث:

α . الزاوية الصغيرة المقاسة بين المحور و النقطة المرصودة

Y . قيمة الإنزياح على النقطة المرصودة

ρ . ثابت التحويل إلى راديان

S . المسافة الأفقية من نقطة تركيز الجهاز الى النقطة المرصودة.

النتائج والمناقشة

حساب الانزياحات الشاقولية للسكة في الحالة الساكنة

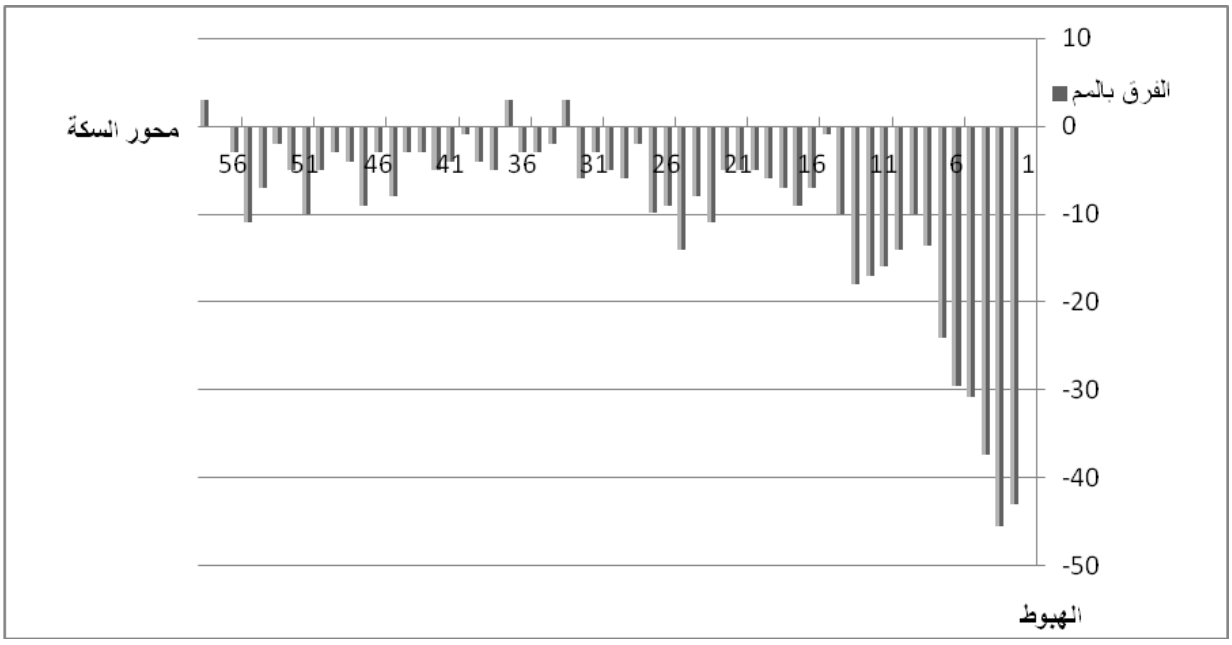
تمَّ في هذه الحالة تنفيذ قياسات التسوية الهندسية الدقيقة للسكة عند النقاط المعتبرة بدون وجود الرافعات عليها حيث تم نقل الروافع الى نهاية السكة واخذ القياسات على جزء السكة الباقي وبالعكس. يبين الجدول رقم 1 نتائج القراءات على الميرا و فروق المناسيب بين قضيبي السكة في الحالة الساكنة. حيث تمَّ طرح القراءة على الميرا جهة البحر من القراءة جهة المستودع وتقريب الناتج الى الميلمترات. تمَّ الحصول على خطأ متوسط تربيع للقياسات أقل من 1 مليمتر لذلك لن ندرج في الجدول الاخطاء المتوسطة للانزياح . إنَّ الحد المسموح للانزياح الشاقولي للسكة بين مساند الرافعة حسب الشروط الفنية للروافع هي $\pm$ 10 mm وبالتالي فإنَّ الدقة التي تمَّ قياس الانزياحات بها مناسبة تماماً لهذا العمل.

الجدول رقم 1- فروق المناسيب بين قضيبي السكة في الوضع الساكن

رقم المقطع	القراءة على السكة جهة البحر m	القراءة على السكة جهة المستودع m	الانزياح الشاقولي بين قضيبي السكة mm	ملاحظات
1-1	1.4415	1.4851	-44	اكبر من الحد المسموح
2-2	1.4415	1.4882	-47	اكبر من الحد المسموح
3-3	1.4408	1.4781	-37	اكبر من الحد المسموح
4-4	1.4461	1.4769	-31	اكبر من الحد المسموح
5-5	1.4454	1.4764	-31	اكبر من الحد المسموح
6-6	1.4378	1.4619	-24	اكبر من الحد المسموح
7-7	1.4462	1.4598	-14	اكبر من الحد المسموح
8-8	1.4422	1.4522	-10	
9-9	1.4438	1.4574	-14	اكبر من الحد المسموح
10-10	1.4433	1.4594	-16	اكبر من الحد المسموح
11-11	1.4429	1.4618	-19	اكبر من الحد المسموح
12-12	1.4441	1.4611	-17	اكبر من الحد المسموح
13-13	1.4441	1.4546	-11	اكبر من الحد المسموح
14-14	1.4516	1.4499	2	
15-15	1.4491	1.4561	-7	
16-16	1.4464	1.4555	-9	
17-17	1.4476	1.4555	-8	
18-18	1.4491	1.4555	-6	
19-19	1.4496	1.4536	-4	
20-20	1.4786	1.4836	-5	
21-21	1.4778	1.4826	-5	
22-22	1.4749	1.4877	-13	اكبر من الحد المسموح
23-23	1.4770	1.4852	-8	
24-24	1.4810	1.4960	-15	اكبر من الحد المسموح
25-25	1.4860	1.4960	-10	
26-26	1.4783	1.4882	-10	
27-27	1.4808	1.4823	-2	
28-28	1.4796	1.4892	-10	
29-29	1.4795	1.4844	-5	
30-30	1.4782	1.4814	-3	
31-31	1.4750	1.4822	-7	

32-32	1.4720	1.4682	4	
33-33	1.4725	1.4745	-2	
34-34	1.4758	1.4776	-2	
35-35	1.4747	1.4775	-3	
36-36	1.4749	1.4799	-5	
37-37	1.4738	1.4777	-4	
38-38	1.4740	1.4725	2	
39-39	1.4782	1.4763	2	
40-40	1.4734	1.4766	-3	
41-41	1.4717	1.4742	-2	
42-42	1.4708	1.4744	-4	
43-43	1.4735	1.4767	-3	
44-44	1.4710	1.4790	-8	
45-45	1.4750	1.4780	-3	
46-46	1.4790	1.4880	-9	
47-47	1.4877	1.4919	-4	
48-48	1.4846	1.4885	-4	
49-49	1.4860	1.4903	-4	
50-50	1.4843	1.4914	-7	
51-51	1.4857	1.4899	-4	
52-52	1.4869	1.4879	-1	
53-53	1.4851	1.4922	-7	
54-54	1.4811	1.4921	-11	اكبر من الحد المسموح
55-55	1.4883	1.4928	-4	
56-56	1.4872	1.4873	0	
57-57	1.4914	1.4862	5	

نلاحظ من الجدول أنَّ بعض قيم فروق المناسيب بين طرفي السكة (انزياحات شاقولية) قد تجاوز القيمة المسموحة لهذا الفرق والبالغة 10 مم وهي القيم التي تم كتابتها باللون الاسود الغامق في الجدول. تظهر النتائج وجود فروق مناسيب كبيرة بين طرفي السكة في بدايتها (حوالي 60 متر من بداية السكة) مقابل المستودع 1 من المقطع 1 حتى المقطع 12 والتي بلغت قيمتها العظمى 47 مم. يوضح الشكل رقم 4 الانزياحات الشاقولية النسبية بين قضيبي السكة في المقاطع المدروسة.



الشكل رقم 4- الانزياح الشاقولي من المقطع 1 –بداية السكة حتى المقطع 57

حساب الانزياحات الشاقولية للسكة في الحالة الديناميكية

في هذه الحالة تم تحريك الرافعة على طول السكة وأخذ قراءات الميرا عند عجلات الرافعة على السكة عند كل مقطع من المقاطع السابقة وحساب فروق المناسيب للسكة عند المقاطع. يبين الجدول رقم 2 نتائج القراءات على الميرا و فروق المناسيب بين قضيبي السكة في حالة تحميل السكة بالروافع المحملة بالحمولة القصوى وهي 6 طن بالاضافة الى الوزن الذاتي للرافعة البالغ 100 طن.

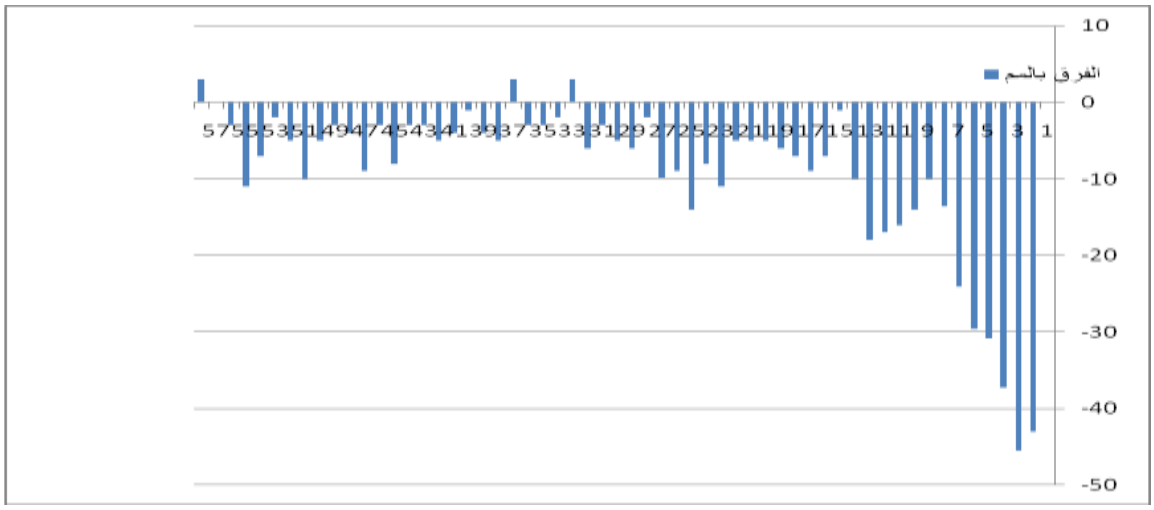
الجدول رقم 2- فروق المناسيب بين قضيبي السكة في وضع التحميل

رقم المقطع	القراءة جهة البحر m	القراءة جهة المستودع m	الانزياح الشاقولي بين قضيبي السكة mm	ملاحظات
1-1	1.4420	1.4850	-43	اكبر من الحد المسموح
2-2	1.442	1.488	-46	اكبر من الحد المسموح
3-3	1.441	1.478	-37	اكبر من الحد المسموح
4-4	1.446	1.477	-31	اكبر من الحد المسموح
5-5	1.445	1.475	-30	اكبر من الحد المسموح
6-6	1.438	1.462	-24	اكبر من الحد المسموح
7-7	1.446	1.460	-14	اكبر من الحد المسموح
8-8	1.482	1.492	-10	
9-9	1.480	1.494	-14	اكبر من الحد المسموح
10-10	1.478	1.494	-16	اكبر من الحد المسموح

11-11	1.477	1.494	-17	اكبر من الحد المسموح
12-12	1.477	1.495	-18	اكبر من الحد المسموح
13-13	1.478	1.488	-10	
14-14	1.484	1.485	-1	
15-15	1.484	1.491	-7	
16-16	1.483	1.492	-9	
17-17	1.484	1.491	-7	
18-18	1.485	1.491	-6	
19-19	1.484	1.489	-5	
20-20	1.479	1.484	-5	
21-21	1.493	1.498	-5	
22-22	1.492	1.503	-11	اكبر من الحد المسموح
23-23	1.477	1.485	-8	
24-24	1.481	1.495	-14	اكبر من الحد المسموح
25-25	1.499	1.508	-9	
26-26	1.478	1.488	-10	
27-27	1.498	1.500	-2	
28-28	1.497	1.503	-6	
29-29	1.479	1.484	-5	
30-30	1.478	1.481	-3	
31-31	1.494	1.500	-6	
32-32	1.472	1.469	3	
33-33	1.473	1.475	-2	
34-34	1.498	1.501	-3	
35-35	1.475	1.478	-3	
36-36	1.505	1.502	3	
37-37	1.504	1.509	-5	
38-38	1.504	1.508	-4	
39-39	1.506	1.507	-1	
40-40	1.507	1.511	-4	
41-41	1.509	1.514	-5	
42-42	1.511	1.514	-3	
43-43	1.511	1.514	-3	
44-44	1.508	1.516	-8	
45-45	1.511	1.514	-3	

46-46	1.509	1.518	-9	
47-47	1.512	1.516	-4	
48-48	1.514	1.517	-3	
49-49	1.511	1.516	-5	
50-50	1.509	1.519	-10	
51-51	1.510	1.515	-5	
52-52	1.511	1.513	-2	
53-53	1.510	1.517	-7	
54-54	1.506	1.517	-11	اكبر من الحد المسموح
55-55	1.510	1.513	-3	
56-56	1.512	1.512	0	
57-57	1.512	1.509	3	

نلاحظ أنَّ قيم فروق المناسيب بين طرفي السكة لم تتغير كثيرا (حوالي 1 مم) بعد التحميل عما هو محسوب سابقاً في الحالة الساكنة مما يدل على ثبات السكة واستقرارها تحت تأثير وزن الرافعة مع الحمولة. يبين المخطط البياني رقم 5 الانزياحات الشاقولية للسكة في الحالة الديناميكية.



الشكل رقم 5- الانزياح الشاقولي من المقطع 1 –بداية السكة حتى المقطع 57

حساب الانزياحات الأفقية للسكة

من أجل قياس الانزياحات الافقية للسكة تم استخدام طريقة المستقيم الثابت (المستوي الشاقولي العام)، حيث يتم تركيز جهاز المحطة المتكاملة على بداية المستقيم (قضيب السكة) وتصفير الجهاز على نهايته. بعد ذلك تم قياس زوايا الانحراف الصغيرة والمسافات الى كل مقطع من مقاطع السكة على المحور ، ومن ثمّ تمَّ حساب الانزياح الافقي لكل قضيب من السكة عند كل مقطع. إنَّ اختيار محور السكة من البداية الى نهايتها أمر مستحيل لتواجد الرافعات عليها ولعدم جدوى ذلك لهذه الدراسة حيث أنَّ المسافة التي تشغلها الرافعة على السكة لا يتجاوز عشرة أمتار. من أجل دراسة تأثير طول مسافة التسديد على قيم الانزياحات الافقية للسكة تم حساب الانزياحات الافقية للسكة من المقطع 0

حتى المقطع 90 أي على طول 450 متر من السكة والباقي كان مشغولا بالرافعات، وقد تم الحصول على انزياحات أفقية وصلت قيمتها العظمى الى 40 مم. بعد ذلك تم تقسيم السكة الى قسمين: القسم الاول يمتد من بداية السكة وحتى المقطع 16 من السكة أي بمسافة 90 متر، والقسم الثاني يمتد من المقطع 16 وحتى المقطع 72 بمسافة 280 متر. تم تركيز جهاز المحطة المتكاملة في بداية كل قسم من السكة وتصفير الجهاز على محور السكة في نهاية كل قسم. بعد ذلك تم قياس زوايا الانحراف الافقية الصغيرة والمسافات الى كل مقطع من مقاطع السكة بوضعيتين للنظارة، بدقة قياس الاتجاهات 1 ثانية مئوية و دقة قياس المسافات (2mm+2ppm) ± . ومن ثم تم حساب الانزياح الافقي لكل قضيب من السكة عند كل مقطع.

وقد تم فرض الانزياح الموجب باتجاه المستودعات والسالب باتجاه البحر (مع عقارب الساعة). وأدرجت نتائج الانزياحات الافقية في الجدول رقم 4. تم تحديد محور القضيب باستخدام المسطرة الالكترونية (الشكل 6) و تم التحقق من الانزياحات الافقية المحسوبة باستخدام المسقيم الثابت باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ومسطرة مدرجة مثبتة على القضيب في بعض المقاطع وقراءة انزياح القضيب على المسطرة مباشرة.

الشكل رقم 6– مسطرة الكترونية

الجدول رقم 4– الانزياحات الافقية للسكة من المقطع 0 وحتى المقطع 16 .

رقم المقطع	زاوية انحراف السكة جهة المستودع	زاوية انحراف السكة جهة البحر	المسافة	الانزياح الافقي للسكة جهة المستودع	الانزياح الافقي للسكة جهة البحر	فرق الانزياح الافقي للسكة
	grad	grad	m	mm	mm	mm
0	0	0.0000	80	0	0	0
1	399.9963	0.0043	74.99	4	−5	9
2	399.9948	0.0026	69.96	6	−3	9
3	399.9904	0.0056	65.00	10	−6	16
4	0.0011	0.0058	60.01	−1	−5	4

5	0.0056	0.0127	54.99	−5	−11	6
6	0.0057	0.0166	49.91	−4	−13	9
7	0.0095	0.0161	45.01	−7	−11	4
8	399.9982	0.0145	39.97	1	−9	10
9	399.9958	0.0069	35.01	2	−4	6
10	399.9911	0.0135	29.99	5	−6	11
11	399.9962	0.0120	24.99	1	−5	6
12	0.0053	0.0347	19.98	−2	−11	9
13	0.0001	0.0483	15.01	0	−11	11
14	399.9811	0.0299	10.05	3	−5	8
15	0.0096	0.0364	5.12	−1	−3	2
16	0.0000	0.0000	0	0	0	0

الجدول رقم 5− الانزياحات الافقية للسكة من المقطع 16 وحتى المقطع 72 .

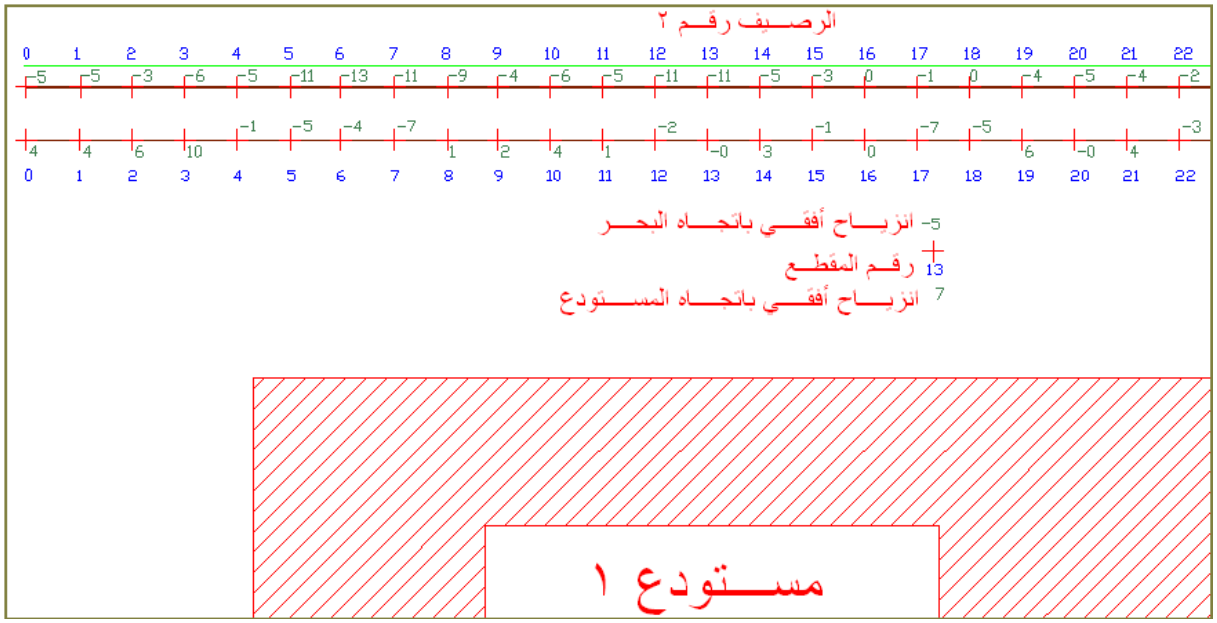
رقم المقطع	زاوية انحراف السكة جهة المستودع	زاوية انحراف السكة جهة البحر	المسافة	الانزياح الافقي للسكة جهة المستودع	الانزياح الافقي للسكة جهة البحر	فرق الانزياح الافقي للسكة
	grad	grad	m	mm	mm	mm
16	0.0000	0.0000	0.00	0	0	0
17	399.9105	399.9820	5.17	−7	−1	−6
18	399.9695	0.0004	10.09	−5	0	−5
19	0.0245	399.9850	15.18	6	−4	10
20	399.9989	399.9848	20.12	0	−5	5
21	0.0108	399.9911	25.19	4	−4	8
22	399.9933	399.9967	29.98	−3	−2	−1
23	0.0125	0.0025	35.19	7	1	6
24	0.0017	399.9967	40.27	1	−2	3
25	0.0008	399.9942	45.21	1	−4	5
26	0.0007	399.9945	50.19	1	−4	5
27	0.014	0.0037	55.21	12	3	9
28	0.0151	0.0039	60.09	14	4	10
29	0.0085	0.0057	65.18	9	6	3

30	0.0021	0.0095	70.11	2	10	−8
31	0.0092	0.0095	75.13	11	11	0
32	0.0116	0.0109	80.22	15	14	1
33	0.0111	0.0116	85.23	15	16	−1
34	0.0050	0.0033	90.25	7	5	2
35	0.0047	0.0027	95.18	7	4	3
36	0.0047	0.0031	100.27	7	5	2
37	0.0045	0.0047	105.19	7	8	0
38	0.0017	0.0002	110.34	3	0	3
39	0.0036	399.9997	115.37	6	−1	7
40	0.0006	0.0022	120.22	1	4	−3
41	0.0029	0.0015	125.13	6	3	3
42	0.0017	0.0067	130.22	3	13	−10
43	0.0015	0.0051	135.19	3	11	−8
44	0.002	0.0049	140.16	4	11	−7
45	0.0047	0.0049	145.19	11	11	0
46	0.0016	0.0047	150.21	4	11	−7
47	0.0017	0.0004	155.24	4	1	3
48	0.0012	0.0006	160.25	3	2	1
49	0.0028	0.0009	165.19	7	2	5
50	0.0028	0.0018	170.13	7	5	2
51	0.0028	0.0032	175.15	8	9	−1
52	0.0013	0.0032	180.27	4	9	−5
53	0.0045	0.0062	185.29	13	18	−5
54	0.0037	399.9996	190.16	11	10	1
55	0.0037	399.9997	195.18	11	7	4
56	399.9997	0.0018	200.28	−1	6	−7
57	0.0007	0.0016	205.09	2	5	−3
58	0.0007	0.0010	210.13	2	3	−1
59	0.0015	0.0012	215.14	5	4	1
60	0.0016	0.0011	220.08	6	4	2
61	0.0017	0.0011	225.12	6	4	2

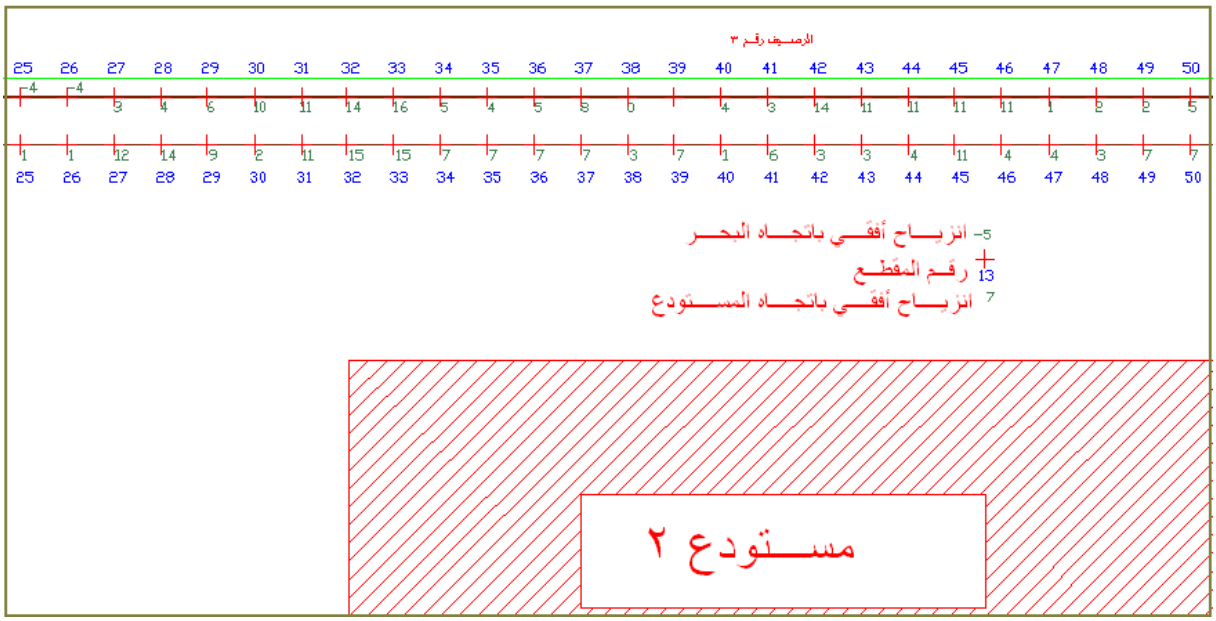
62	399.9995	0.0014	230.24	−2	5	−7
63	0.0016	0.0037	235.18	6	14	−8
64	0.0007	399.9993	240.17	2	−3	5
65	0.0006	399.9993	245.23	2	−3	5
66	399.9997	0.0008	250.22	−1	3	−4
67	0.0018	0.0009	255.33	7	4	3
68	399.9993	399.9980	260.21	−3	−8	5
69	399.9997	399.9988	265.24	−1	−5	4
70	399.9998	399.9988	270.21	−1	−5	4
71	399.9996	0.0011	275.28	−2	5	−7
72	399.9997	0.0016	280.23	−1	7	−8

إنَّ معظم قيم الانزياحات الافقية لقضيبي السكة صغيرة ضمن الحدود المسموحة، على الرغم من وجود بعض القيم الكبيرة التي وصلت الى 18 مم إلاّ أنَّ قيم الانزياح على قضيبي السكة في الاغلب باتجاه واحد (من اشارة واحدة)، مثلا حصل انزياح أفقي لقضيبي السكة عند المقطع 53 بمقدار 18 و13 مم باتجاه المستودع أي أن السكة حافظت تقريبا على تباعدها بمقدار الفرق بينهما 5 مم. وبالتالي تم حساب الفرق بين انزياحات قضيبي السكة في كل مقطع (العمود الاخير من الجداول) وتبين أن المقاطع التي قيم فروق انزياحاتها الافقية أكبر من 10 مم هي (3−8−10−13− 19−28−42). أي في بداية السكة وهذا ما أكدته قيم الانزياحات الشاقولية عند هذه المقاطع.

توضح الاشكال رقم 7−8 الانزياحات الافقية لنقاط السكة وتم اعتبار الانزياح باتجاه المستودع موجب والسالب باتجاه البحر.

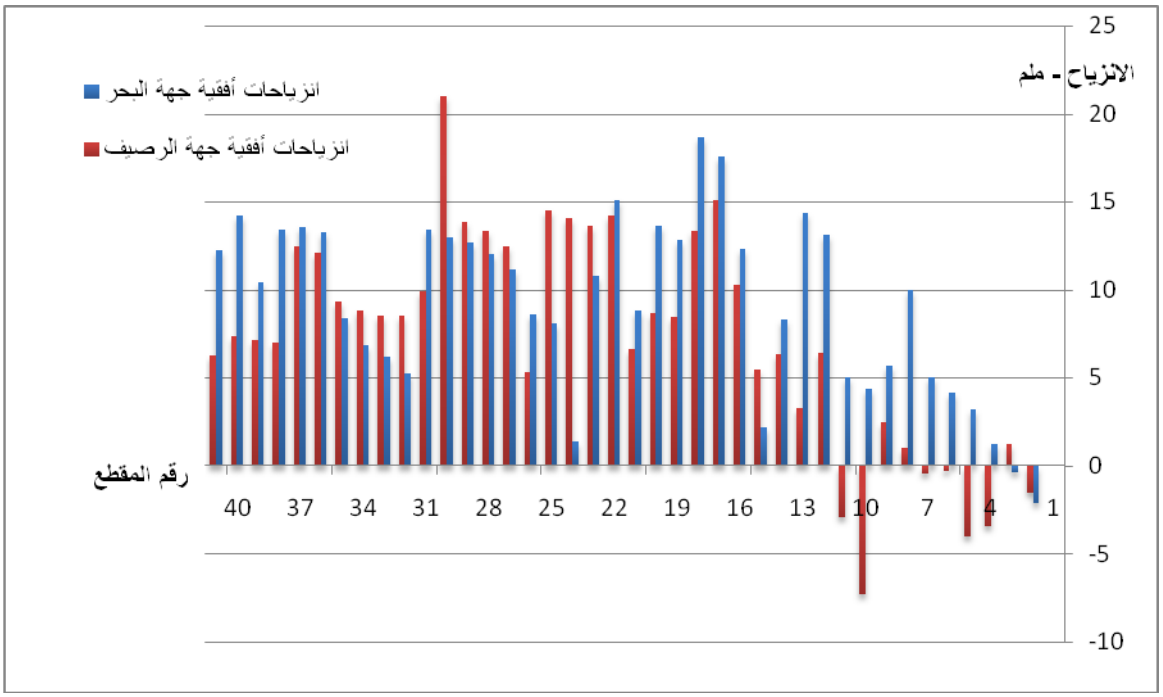


الشكل 7− الانزياحات الافقية للسكة من المقطع 0 وحتى المقطع 22 .



الشكل 8- الانزياحات الافقية للسكة من المقطع 25 وحتى المقطع 50 .

يوضح الشكل رقم 9 المخطط البياني لجزء من الانزياحات الافقية لنقاط السكة وتم اعتبار الانزياح باتجاه المستودع موجب والسالب باتجاه البحر.



الشكل 9- الانزياحات الافقية للسكة من المقطع 1 وحتى المقطع 40 .

الاستنتاجات والتوصيات:

بالاستناد الى قياسات التسوية الهندسية الدقيقة لنقاط المراقبة الموزعة على السكة الحديدة في مقاطع كل 5 متر، وكذلك قياسات الانزياحات الافقية عندها، يمكن كتابة النتائج والتوصيات الآتية:

1. أظهرت نتائج القياس وجود انزياحات شاقولية كبيرة (فروق مناسيب كبيرة) بين طرفي السكة في بدايتها (حوالي 60 متر من بداية السكة) والتي بلغت قيمتها العظمى 47 مم وبالتالي لا يمكن تشغيل الروافع عليها ويجب اصلاحها.

2. عدم تغير فروق المناسيب للسكة المقاسة في الحالة الديناميكية (تحميل السكة بالروافع) عن فروق المناسيب المقاسة في الحالة الساكنة مما يدل على استقرار السكة أثناء عمل الروافع.

3. إن معظم قيم الانزياحات الافقية لقضيبي السكة صغيرة وضمن الحدود المسموحة لحركة الروافع، على الرغم من وجود بعض القيم الكبيرة التي وصلت الى 18 مم.

4. إن قيم الانزياحات الافقية على قضيبي السكة في الاغلب باتجاه واحد أي أن السكة تحافظ على تباعدها (المسافة بين محوري القضيبين) إلا في بعض المقاطع التي تعيق حركة الروافع عندها.

5. اثبتت طريقة المستقيم الثابت فعالية في ايجاد الانزياحات الافقية للسكة لمسافات تصل الى 200 متر لذلك ينصح بتطبيقها على المنشآت الطولانية الصغيرة.

6. لقد اعطى جهاز النيفو الرقمي الدقيق المستخدم مع الميرا المشفرة دقة ممتازة في حساب الانزياحات الشاقولية وصلت الى مرتبة الملمتر.

7. يجب إجراء قياسات انزياحات شاقولية دورية للسكة الحديدية (مرة في السنة على الاقل) من أجل التأكد من استقرار السكة و سلامة تشغيل الروافع لأن السكة معرضة لحمولات ديناميكية وعوامل أخرى.

المراجع:

1. Russell C. Brinker, Roy Minick, *The Surveying Hand book*, Chapman & Hall, New York, USA. 1995, 750.

2. Schroedel Joseph, *Structural Deformation Surveying*. US Army Corps of Engineering , CEVW-EE, Washington, USA, 2002, 292.

3. Layyarini T. *Geodezyjne Pomiary Przemieszczen Budowli i ich Otoczenia*, Warszawa, Poland, 1977, 638.

4. GHILANI C. D., WOLF P. R., *Adjustmenet Computations*, Fourth Edition, Jhon Wiley& Sons Inc., Hoboken, New Jeresy, USA, 2006, 632.