

التصميم الجيوديزي لشبكات المراقبة الارتفاعية في السدود "حالة دراسة سد الدويسات"

الدكتور محسن أحمد*

الدكتور إياد فحصة**

(تاريخ الإيداع 12 / 1 / 2015. قُبِلَ للنشر في 19 / 2 / 2015)

□ ملخص □

يهدف البحث إلى دراسة الشبكة الارتفاعية لأحد السدود الحيوية في سوريا ، وتأمينه ضد مخاطر الفيضانات وبعد حدوث الهزات الأرضية ، بحيث تعطي القياسات الجيوديزية نتائج موثوقة ومضمونة ، يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات اللاحقة، لما لها من تبعات اقتصادية وبشرية، سلباً كانت أم إيجاباً ، و لهذا الغرض تم التدرج في دراستنا لهذا البحث الخطوات المتعارف عليها وهي استطلاع المنطقة والكشف عن الحالة الراهنة للمنشأة المدروسة واقتراح شكل الشبكة الارتفاعية المحقق لشروط رياضية وهندسية تمت مناقشتها والحصول على أفضل النتائج خلال البحث الراهن، بعد ذلك وبشكل حقلّي تم تنفيذ المقترحات النظرية مادياً وتجلّى ذلك بإنجاز الشبكة المقترحة على أرض الواقع ومن بعد قياسها بأجهزة القياس الموصى بها ومعالجة النتائج مرحلياً ونهائياً وتقييم دقتها في كل مرحلة باستخدام الطرق الرياضية المناسبة ، ومناقشة النتائج واكتشاف الخلل الموجود في بنية المنشأة وإصلاحه ومن ثم التأكد عددياً وخلال فترة زمنية طويلة أن العمل تم تنفيذه بشكل آمن ولم تظهر أية مشاكل طارئة جديدة خلال فترة المراقبة ، وفي نهاية البحث تم اقتراح عدد من النتائج والتوصيات الهامة التي يجب الأخذ بها في هكذا نوع من المنشآت .

الكلمات المفتاحية: الانزياحات، التشوهات، شبكة جيوديزية، شبكة مراقبة ارتفاعية، أمان الشبكات الجيوديزية، تقييم الدقة.

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

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

Geodetic design of vertical control network of dams Case of study "Doyasat dam"

Dr. Iyad Fahsa*
Dr. Mouhsen Ahmad**

(Received 12 / 1 / 2015. Accepted 19 / 2 / 2015)

□ ABSTRACT □

The research aims to study the elevation network for important dam in Syria, and secured against flood risks and after the occurrence of earthquakes, to give reliable geodetic measurements and guaranteed results, which can be relied upon in subsequent decision-making, because of their economic and human consequences, negatively or positively, for this purpose our study had been gradual by applying customary steps by poll region and detection on the current status of the facility and suggesting proposal vertical control network form investigator mathematical and geometric conditions which are discussed to get best results during the current search, And then in the fields of theoretical proposals have been implemented and physically manifested completion of the proposed network on the ground and later have been measured with the recommended equipments and processing of the results to final progress and assess their accuracy at each stage using the appropriate mathematical methods, and discuss the results and discover the property's structure defects and then make sure numerically and over a long period of time that the work was carried out safely and no new emergency problems appear during the observation period. In the end of the research many of important results and recommendations were proposed, which must be introduced in such a kind of facilities.

Keywords: deformations, displacements, geodetic control, accuracy standards, precision, reliability.

*Associate professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعتبر السدود من المنشآت ذات الأهمية القصوى من النواحي الاقتصادية والاجتماعية والبيئية . ويؤدي إهمالها وعدم مراقبتها واستثمارها السيء إلى كوارث وطنية لما يلحق ذلك من أذى بشري ومادي ومعنوي [8] . تؤدي شبكات المراقبة الجيوديزية الإرتفاعية دوراً مهماً بالنسبة لإنشاء واستثمار وتقدير أمان السدود المائية، فتلعب الدور الأساسي في مرحلة الإنشاء ، وخاصة فيما يرتبط بتنفيذ المنشآت المائية ضمن السد كالمآخذ المائية وقنوات الري والمفيض الجانبي ... وغيرها. وتزداد أهمية هذه الشبكة مع بداية استثمار السد، حيث تؤدي دوراً حاسماً في مراقبة التحركات الشاقولية للمنشأة وتقدير درجة استقرارها منذ بداية تجميع المياه في البحيرة وحتى تفريغها وإعادة تعبئتها، ومن هنا تأتي أهمية تصميم شبكة المراقبة الجيوديزية الإرتفاعية ورفع مستوى كفاءتها ودعمها بالإجراءات التنفيذية والمعالجة العددية المناسبة ، ويتجلى هذا كله من خلال التصميم الإنشائي المناسب للنقاط الإرتفاعية ، واختيار الشكل الهندسي وخطة القياس ، ومن ثم المعالجة العددية لنتائج القياسات المنفذة.

تصنف السدود ضمن مجموعة المنشآت الهندسية الضخمة للأسباب التالية [11]:

- 1- ضخامة الإنشاء واشتمالها على حيز مكاني كبير
 - 2- الموارد المستثمرة من مادية وبشرية كبيرة
 - 3- ذات مردود مادي مؤثر على تطور البلد و أمنه المائي والاقتصادي
 - 4- لها مخاطر مالية وبشرية مؤثرة على الدولة والشعب في حال الاستثمار الخاطئ
- اعتماداً على ما سبق ونظراً لأهمية الموضوع قمنا بدراسة الشبكات الإرتفاعية لعدد من السدود الكبرى والمتوسطة ضمن القطر العربي السوري . ونقدم في بحثنا الحالي دراسة عن شبكة المراقبة الإرتفاعية لسد الدويسات، نظراً لما يمثله هذا السد من أهمية استراتيجية. وتشمل دراستنا الفترة بين عامي 2009-2003.

2 - سد الدويسات:

يقع السد على مسافة 28 km شمال مدينة جسر الشغور في محافظة إدلب بجوار الحدود السورية التركية. وتبلغ الاحداثيات التقريبية لموقع السد ضمن نظام التموضع العالمي WGS 84 القيم التالية المأخوذة من Google Earth :



والمقابلة للإحداثيات الستيريوغرافية السورية :

جدول (1) موقع السد بإحداثياته الستيريوغرافية :

points	X m	Y m	H m
R1	-255094.908	201395.723	210.162

ويظهر الشكل (1) صور جوية للموقع العام لسد الداويسات موضوع الدراسة في بحثنا الحالي :



الشكل (1) صورة جوية لموقع سد الداويسات موضوع الدراسة

2-2 - الواقع المساحي للسد ومحيطه:

من خلال دراسة الوثائق والاستطلاع الحقلّي للسد ومحيطه ، وجدنا مايلي :

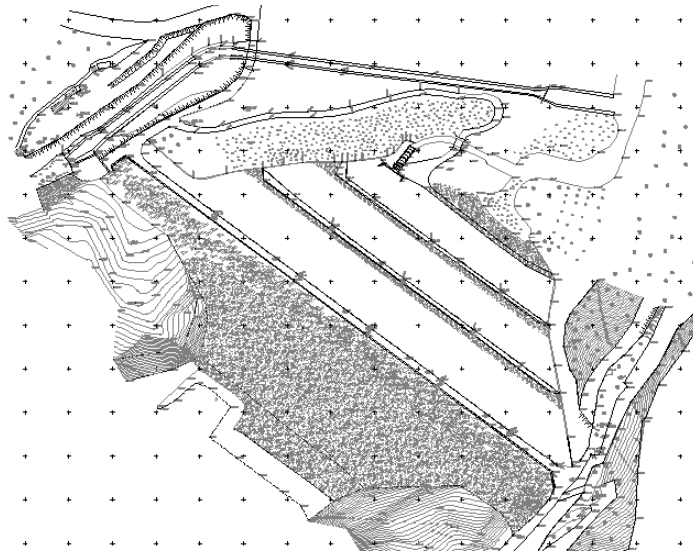
- عموماً لا توجد شبكة جيوديزية لمراقبة السد (أفقية وشاقولية)

- لا توجد مخططات توثق الوضع الراهن للسد

لذا تم القيام بما يلي :

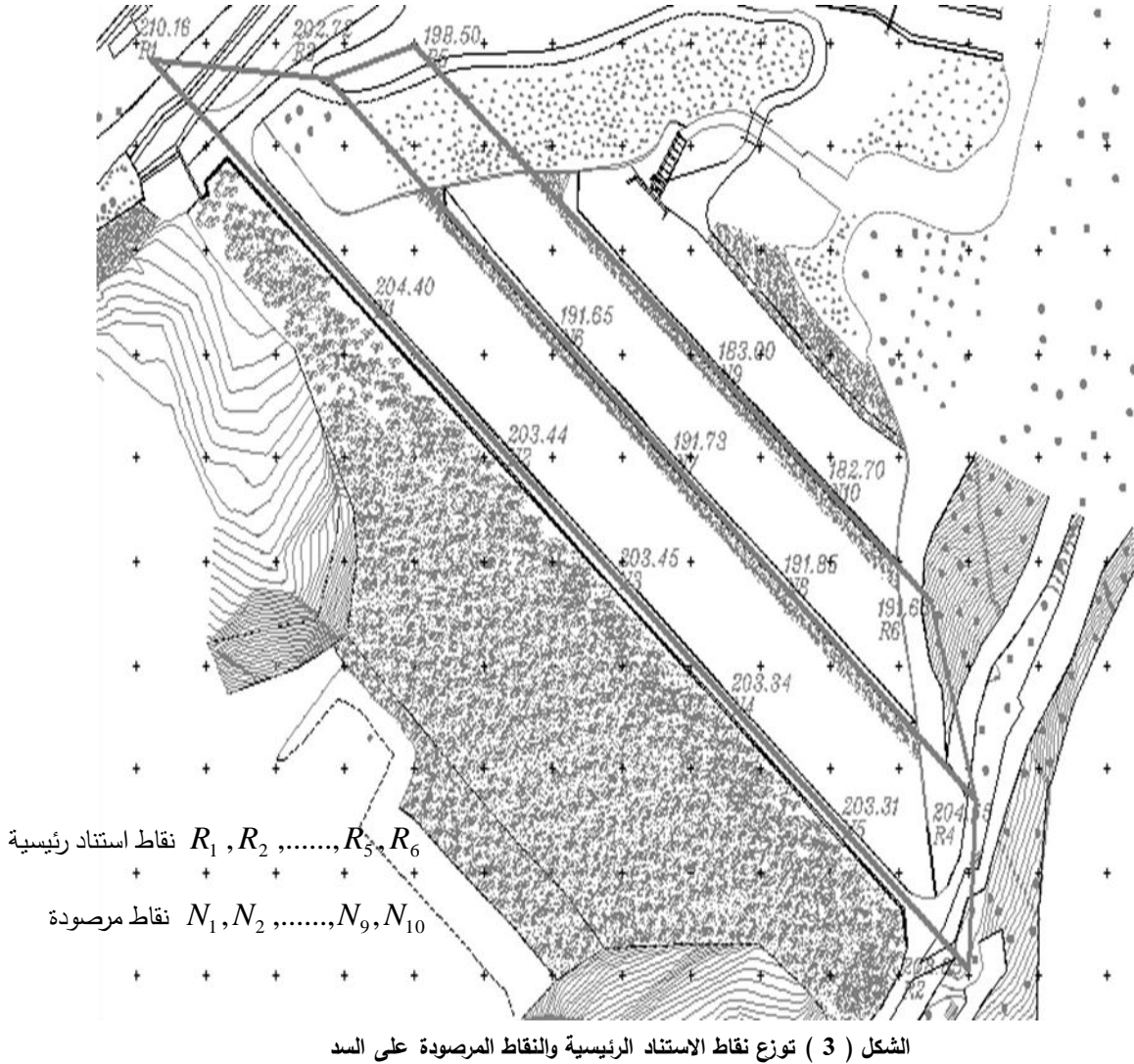
أ - الرفع الطبوغرافي للمنشأة ومحيطها ، وإصدار مخططات طبوغرافية أفقية بمقياس (1:250) ويبين الشكل

(2) مخططاً نموذجاً لذلك.



الشكل (2) المسقط الأفقي للسد

ب - تصميم شبكة مراقبة جيوديزية أفقية وارتفاعية مكونة من نقاط استناد ونقاط مرصودة على السد ، كما يظهر في الشكل (3)



تم توزيع نقاط الاستناد والنقاط المرصودة على المصاطب الثلاث على جسم السد، بحسب الضرورة الهندسية [1],[2],[3]، كما يلي:

أ - نقاط الاستناد (R_1, R_2) على المصطبة العلوية ، و (R_3, R_4) على المصطبة الوسطى، و (R_5, R_6) على المصطبة السفلية.

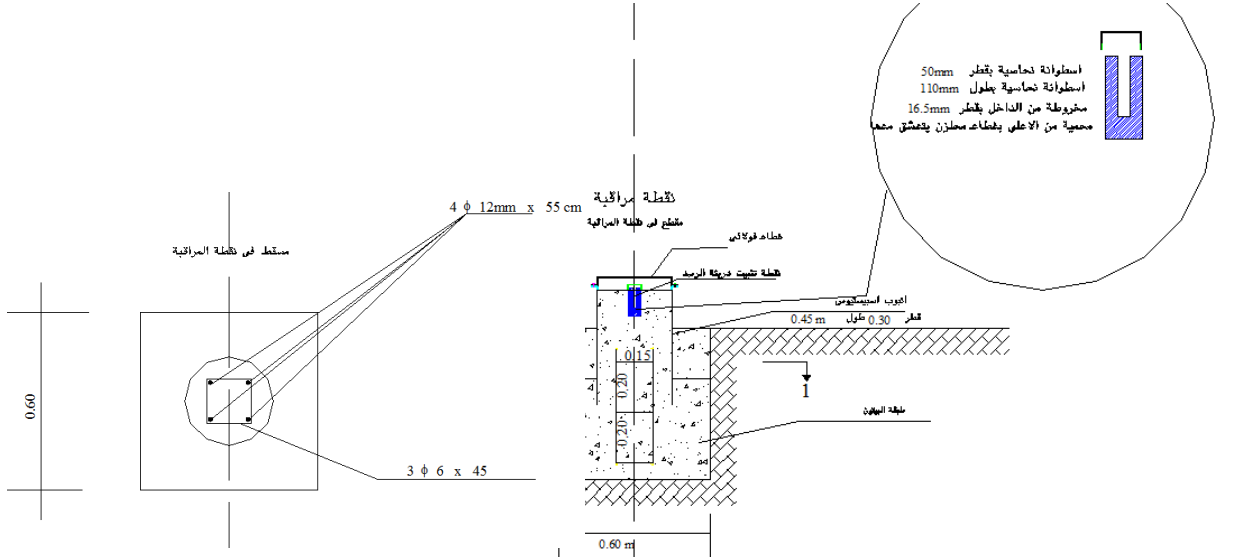
ب- نقاط المراقبة المرصودة التالية :

1 - النقاط (N_1, N_2, N_3, N_4, N_5) على المصطبة العلوية ،

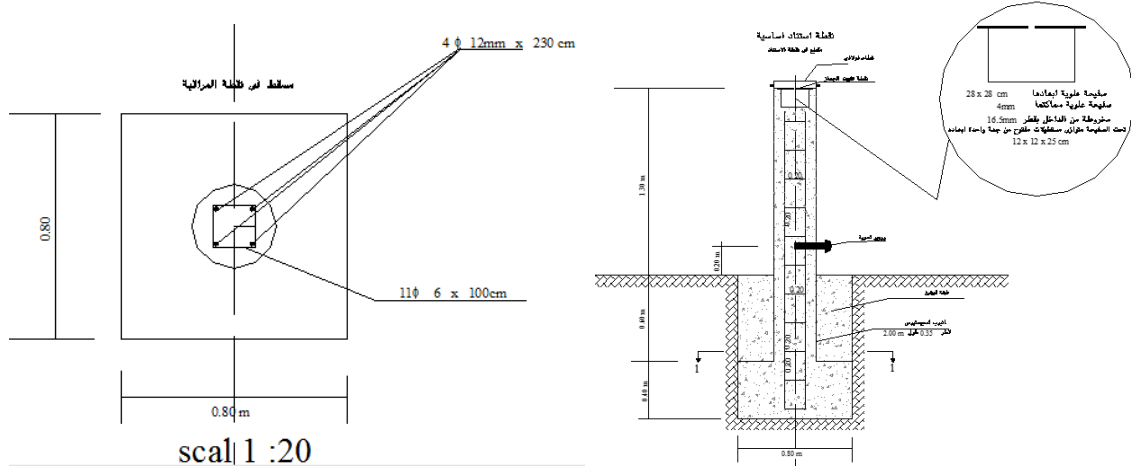
2- النقاط (N_6, N_7, N_8) على المصطبة الوسطى،

3- النقطتان (N_9, N_{10}) على المصطبة السفلية .

ونستعرض في الشكلين (4) و (5) التصميم الإنشائي المعتمد للنقاط المرجعية والنقاط المرصودة على مصاطب السد.



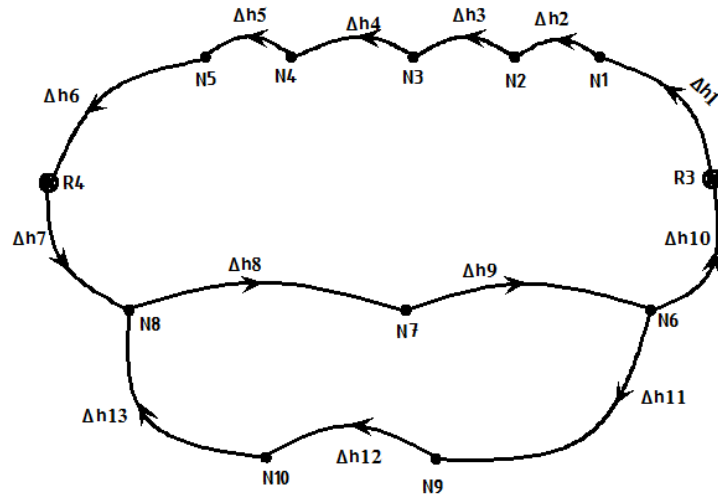
الشكل (4) تفصيلة النقطة المراقبة الارتفاعية والأفقية



الشكل (5) تفصيلة النقطة المرجعية وأسفلها تفصيلة المرجع الارتفاعي

ج. تصميم شبكة مراقبة جيوديزية ارتفاعية :

نظراً للأهمية وبهدف تحقيق الغاية الاقتصادية ، تم اعتماد نفس نقاط الشبكة الأفقية في الشبكة الارتفاعية ، حيث تم زرع ريبيرات تسوية أسفل العمود الممثل للنقطة الجيوديزية . وبالتالي اشتملت خطة القياس الارتفاعية، فروقات المناسب بين جميع النقاط المتتالية ضمن مصاطب السد الثلاث . ويمثل الشكل (6) خطة القياس المتبعة لمراقبة أمان السد :



نقاط مرجعية ارتفاعية R_3, R_4

نقاط $N_1, N_2, \dots, N_9, N_{10}$

مرصودة

الشكل (6) خطة القياس ضمن الشبكة الارتفاعية

3- دراسة شبكة أمان المراقبة الجيوديزية:

تعطي المراجع المختصة [5] ، [9] ، [10] معياراً واضحاً لتحديد درجة أمان الشبكة الجيوديزية ، ويعبر عنه بالمعادلة المصفوفية التالية :

$$\pi = I - A. (A^T . P. A)^{-1} . A^T . P \quad (1)$$

حيث :

π - مصفوفة مربعة من الدرجة n, n (عدد القياسات) قيم قطرها الرئيسي تعبر عن درجة الأمان الداخلي للقيم المقاسة.

I - مصفوفة واحدة بأبعاد n, n .

P - مصفوفة الوزن للقيم المقاسة.

A - مصفوفة الشكل للشبكة الارتفاعية المقترحة .

وللتحقق من أمان الشبكة الارتفاعية ، تمت دراستها في الحالات التالية :

1- الحالة الأولى: تجري القياسات ضمن دورة واحدة وبتجاه واحد (الذهاب)

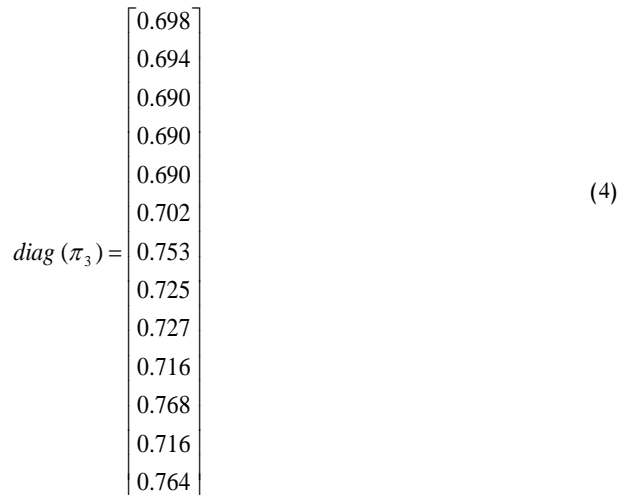
2- الحالة الثانية: تتم زيادة عدد القياسات (العناصر الوحيدة الممكن تغييرها) ، بحيث تجري القياسات مرتين

(ذهاب وعودة) كما هو موصى به دوماً .

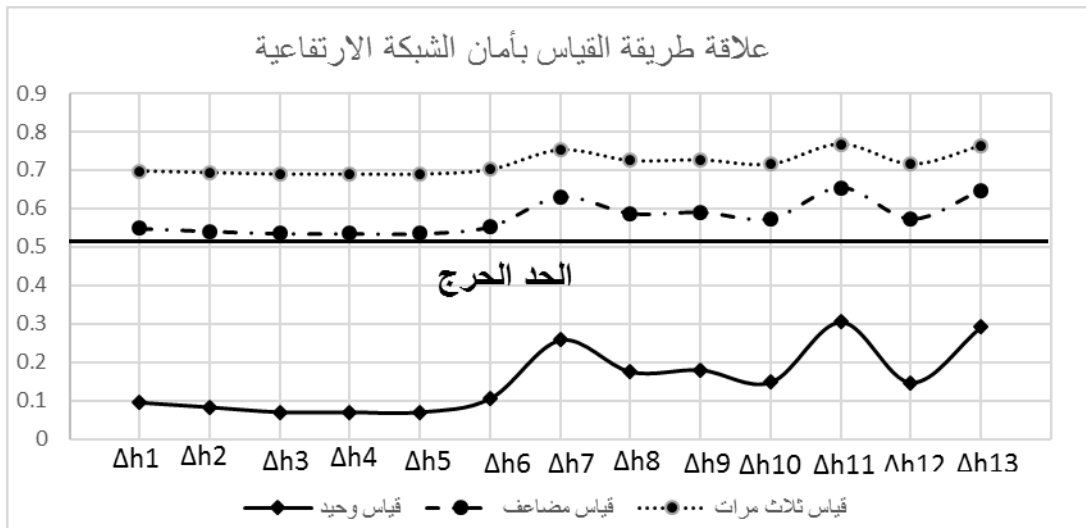
3- الحالة الثالثة: تم إجراء القياسات ضمن ثلاث دورات قياس.

1- الحالة الأولى : بلغ عدد القياسات ($n=13$) ، وبالتالي حصلنا على مؤشرات الأمان (الموثوقية الداخلية)

للقياسات كما يلي:



ويبين الشكل (7) أدناه العلاقة بين طريقة القياس والأمان الداخلي للشبكة الارتفاعية ، مما سبق نجد أنه من الأفضل اختيار الحل المبين في الحاة الثانية كونه يحقق الأمان المطلوب ولا يتطلب إجراء أكثر من دورتي قياس.



الشكل (7) علاقة طريقة القياس بأمان الشبكة الارتفاعية

مما سبق نجد أنه يجب اختيار الحل الثاني المحقق لشروطي الأمان والاقتصادية عند تصميم الشبكات الجيوديزية، وعلى هذا الأساس سيتم إجراء القياسات .

4 - طرق القياس والمعالجة العددية للقياسات المنفذة:

أنجزت القياسات باستخدام جهاز نيفو الكتروني عالي الدقة نوع (Topcon DL-102C) ، ضمن دورتي قياس ، أما معالجة القياسات وتقييم دقة الارتفاعات والتغيرات الارتفاعية المحسوبة ، وتم استخدام الطريقة البارامترية في معالجة القياسات وتقييم دقة الارتفاعات والتغيرات الارتفاعية . هذا تطلب برمجة العلاقات الأساسية ضمن بيئة البرنامج (math cad 15) ، ويوضح الجدول (2) التالي مخطط المعالجة العددية للقياسات المنفذة [4] ، [6] :

الجدول (2) مخطط المعالجة العددية للقياسات المنفذة

$R = A^T P A$	- المصفوفة الناظرية
$Q = R^{-1}$	- مقلوب الوزن
$H = -QA^T P L$	- الارتفاعات المعدلة
$V = A T + L$	- قيم التصحيحات
$\mu = \sqrt{\frac{V^T P V}{n-k}}$	- الخطأ المتوسط التربيع لواحدة الوزن
$K_H = \mu^2 Q$	- مصفوفة التباينات
$m_{H_i} = \sqrt{\text{diag}(K_H)}$	- الخطأ المتوسط التربيع للارتفاع المعدل
$m_{\Delta H} = \sqrt{m_{H_i}^2 + m_{H_i}^2}$	- الخطأ المتوسط التربيع للتغير الارتقاعي المحسوب

5- إنجاز المراقبة الهندسية الارتقاعية الدورية للسد :

نستعرض في بحثنا التالي دورات القياس المنفذة في الفترة الزمنية بي 22-7-2003 و 18-10-2004 وهي

التالية :

1-5 - دورة القياس المرجعية (الأولى) :

تم تنفيذ القياسات بتاريخ 22-7-2003 ، وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (3) التالي :

الجدول (3) نتائج القياسات الحقلية في الدورة الابتدائية

No	مسافة كلية m	فرق ارتفاع m	مسافة كلية نهائية m	فرق ارتفاع النهائي m
R3				
N1	68.445	1.989	68.445	1.989
N2	59.665	-0.279	59.665	-0.279
N3	49.970	0.017	49.970	0.017
N4	50.560	-0.103	50.560	-0.103
N5	49.880	-0.025	49.880	-0.025
R4	17.490	-0.598	76.210	0.344
N8	52.850	-1.246	183.680	-11.821
N7	49.620	-0.105	49.620	-0.105
N6	51.105	-0.076	51.105	-0.076
R3	10.645	1.537	106.215	10.073
N6	14.200	-2.530		
N9	50.355	-0.874	103.710	-8.649
N10	50.030	-0.294	50.030	-0.294
N8	14.450	2.505	93.860	9.124

وبنتيجة المعالجة وفقاً للآليات المطروحة في الجدول (2) وباستخدام البرنامج المصمم لذلك حصلنا على قيم

الارتفاعات والأخطاء المتوسطة التربيع للارتفاعات كما يظهر في الجدول (4) التالي :

الجدول (4) نتائج الحسابات النهائية للارتفاعات وأخطاءها المتوسطة التربيع

i	H _i m	m _{H_i} mm
R3	201.731	
N1	203.719	3.03
N2	203.439	3.95
N3	203.456	4.02
N4	203.352	4.45
N5	203.325	4.81
N6	191.660	5.03
N7	191.737	3.67
N8	191.842	4.25
N9	183.012	5.37
N10	182.718	4.91
R4	203.667	

2-5 - دورة القياس المنفذة بتاريخ 2003-8-24 :

باستخدام النيفو المشار إليه سابقاً تم تنفيذ القياسات ، ويبين الجدول (5) نتائج القياسات في هذه الدورة :

الجدول (5) نتائج قياس الشبكة الارتفاعية 2003-8-24

المحطة	مسافة كلية m	فرق ارتفاع m	مسافة كلية بين المراصد m	فرق الارتفاع النهائي m
R3				
N1	68.445	2.018	68.445	2.018
N2	59.665	-0.288	59.665	-0.288
N3	49.970	0.017	49.970	0.017
N4	50.560	-0.103	50.560	-0.103
N5	49.880	-0.023	49.880	-0.023
1	58.720	0.942		
R4	17.490	-0.644	76.210	0.298
1	73.375	-0.764		
2	24.185	-2.640		
3	22.730	-2.152		
4	40.54	-5.191		
N8	52.850	-1.034	183.680	-11.781
N7	49.620	-0.093	49.620	-0.093
N6	51.105	-0.087	51.105	-0.087
R3	10.645	1.623	106.215	10.528
N9	50.355	-0.841	103.710	-8.145
N10	50.030	-0.298	50.030	-0.298
N8	14.450	2.418	93.860	9.116

وبنتيجة المعالجة وفقاً للآليات المطروحة في الجدول (2) وباستخدام البرنامج المصمم لذلك حصلنا على قيم

الارتفاعات والأخطاء المتوسطة التربيع للارتفاعات كما يظهر في الجدول (6) التالي :

الجدول (6) نتائج الحسابات النهائية للارتفاعات وأخطاءها المتوسطة التربيع

i	H _i m	mH _i mm
R3	201.731	
N1	203.721	2.02
N2	203.44	2.95
N3	203.456	3.04
N4	203.353	3.32
N5	203.336	3.67
N6	191.665	4.11
N7	191.777	2.65
N8	191.812	2.64
N9	183.009	3.34
N10	182.698	4.91
R4	203.637	

2-5 - دورة القياس المنفذة بتاريخ 24-8-2003 :

وبنتيجة المعالجة لنتائج القياسات الحقلية، نعرض قيم الارتفاعات والأخطاء المتوسطة التربيع للارتفاعات كما يظهر في الجدول (7) التالي:

الجدول (7) نتائج الحسابات النهائية للارتفاعات وأخطاءها المتوسطة التربيع

i	H _i m	mH _i mm
R3	201.731	
N1	203.74	3.22
N2	203.446	1.88
N3	203.459	2.66
N4	203.351	3.02
N5	203.324	4.01
N6	191.688	4.15
N7	191.754	1.95
N8	191.818	2.44
N9	182.925	3.62
N10	182.652	3.89
R4	203.616	

يبين الجدول (8) قيم الارتفاعات المعدلة لنقاط المراقبة الرئيسية على السد خلال الدورات المختلفة محسوبة بالمتري، خلال جميع دورات القياس المختلفة ، وخلال الفترات الزمنية الموافقة :

جدول (8) الارتفاع المعدل لنقاط المراقبة الرئيسية على السد خلال الدورات المختلفة محسوبة بالمتري

i	22/07/2003	24/08/2003	18/10/2004	20/07/2006	25/07/2007	23/08/2009
R3	201.731	201.731	201.731	201.731	201.731	201.731
N1	203.719	203.721	203.74	203.737	203.736	203.739
N2	203.439	203.44	203.446	203.444	203.445	203.446
N3	203.456	203.456	203.459	203.46	203.458	203.457
N4	203.352	203.353	203.351	203.354	203.353	203.353
N5	203.325	203.336	203.324	203.326	203.327	203.325

N6	191.66	191.665	191.688	191.686	191.685	191.684
N7	191.737	191.777	191.754	191.754	191.753	191.752
N8	191.842	191.812	191.818	191.82	191.818	191.82
N9	183.012	183.009	182.925	182.926	182.925	182.928
N10	182.718	182.698	182.652	182.653	182.651	182.654
R4	203.667	203.637	203.616	203.619	203.616	203.614

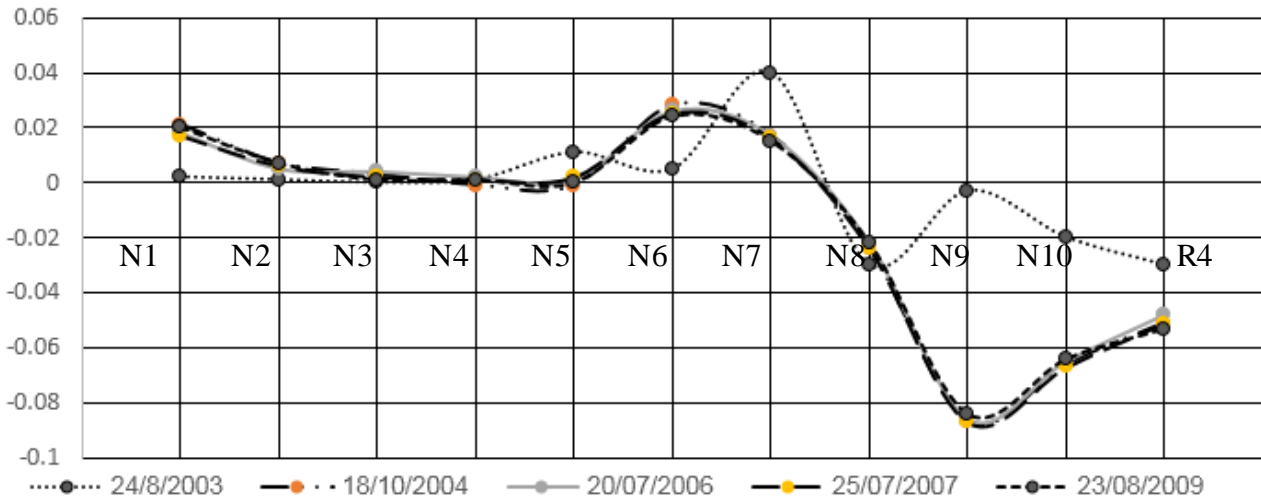
ويبين الجدول (9) قيم الانزياحات الشاقولية لنقاط المراقبة على السد والخطأ المتوسط التربيع المرتكب في كل منها، خلال جميع دورات القياس المختلفة ، وخلال الفترات الزمنية الموافقة :

الجدول (9) قيم التغيرات الارتفاعية على نقاط السد منسوبة إلى دورة القياس الابتدائية 2003-7-22

pn	24/08/2003	18/10/2004	20/07/2006	25/07/2007	23/08/2009
	m	m	m	m	m
N1	0.002	0.021	0.018	0.017	0.02
N2	0.001	0.007	0.005	0.006	0.007
N3	0	0.003	0.004	0.002	0.001
N4	0.001	-0.001	0.002	0.001	0.001
N5	0.011	-0.001	0.001	0.002	0
N6	0.005	0.028	0.026	0.025	0.024
N7	0.04	0.017	0.017	0.016	0.015
N8	-0.03	-0.024	-0.022	-0.024	-0.022
N9	-0.003	-0.087	-0.086	-0.087	-0.084
N10	-0.02	-0.066	-0.065	-0.067	-0.064
R4	-0.03	-0.051	-0.048	-0.051	-0.053

يمكن الآن وبشكل تخطيطي تمثيل الجدول السابق الممثل للهبوطات في دورات القياس المختلفة كما يلي ومبين على الشكل (8):

الانزياحات الشاقولية خلال فترات الرصد المتتابة



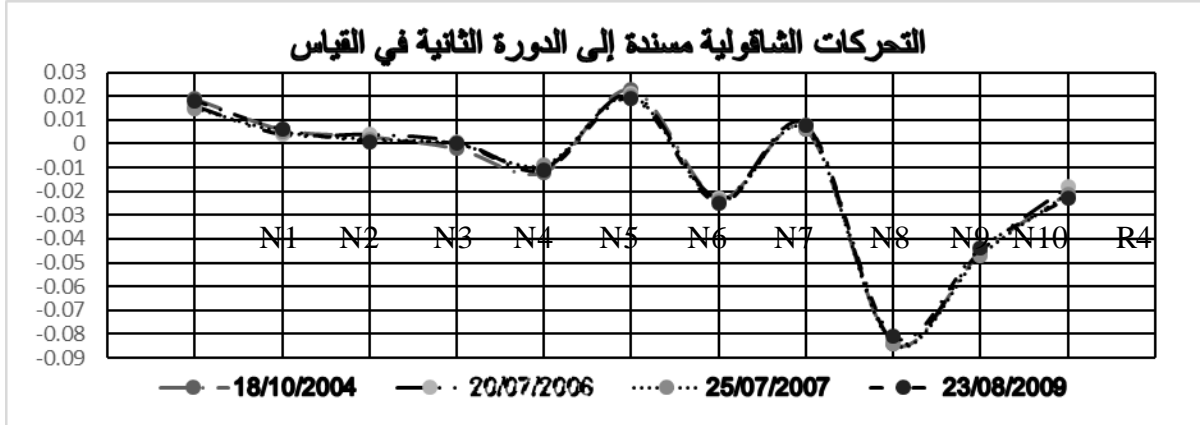
الشكل (8) الانزياحات الشاقولية خلال فترات الرصد المتتابة (الواحدات بالمتر)

نلاحظ من المخطط السابق (8) أن دورة القياس الأولى كشفت عدم استقرار التربة في الكتف الشرقي للسد ، والناتج عن تسرب مياه ينبوعان منبتقان من كتف السد الشرقي ، مما استدعى المعالجة الهيدروليكية والجيوتكنيكية ، حيث لوحظ استقرار الهبوطات في تربة كتف السد خلال مراحل الرصد اللاحقة .
يبين الجدول التالي (10) ، التغيرات الارتقاعية (بالمتر) بعد مرحلة إصلاح سبب الهبوط الكبير في نقطتي المراقبة الارتقاعية،

الجدول (10) قيم التغيرات الارتقاعية على نقاط السد منسوبة إلى دورة القياس الثانية (اعتبرت مرجعية) 2003-8-24

i	18/10/2004	20/07/2006	25/07/2007	23/08/2009
N1	0.019	0.016	0.015	0.018
N2	0.006	0.004	0.005	0.006
N3	0.003	0.004	0.002	0.001
N4	-0.002	0.001	0	0
N5	-0.012	-0.01	-0.009	-0.011
N6	0.023	0.021	0.02	0.019
N7	-0.023	-0.023	-0.024	-0.025
N8	0.006	0.008	0.006	0.008
N9	-0.084	-0.083	-0.084	-0.081
N10	-0.046	-0.045	-0.047	-0.044
R4	-0.021	-0.018	-0.021	-0.023

ويبين الشكل (9) مدى استقرار نقاط السد ارتفاعياً بالعلاقة مع الزمن بعد إصلاح المشكلة في جانب السد، وهذا ما يؤكد مدى نجاعة الحل العلمي والعملية المنفذ:



الشكل (9) مدى استقرار نقاط السد ارتفاعياً بالعلاقة مع الزمن بعد إجراء الترميم المطلوب (الوحدات بالمتر)

الاستنتاجات والتوصيات :

- كانت قيم الهبوطات لجميع نقاط المراقبة المزروعة على مختلف مصاطب السد ضمن الحدود المسموحة ما عدا نقطتي المراقبة (9 و 10) . وبالإستقصاء عن المسبب تبين وجود نبع بالقرب منهما، يقوم بتصريف المياه القادمة من جهة سفح قربة الجميلية . وبعد إنجاز الإصلاح الهيدرولوجي والجيوتكنيكي اللازم استقرت الهبوطات كما تؤكد النتائج العددية والتخطيطية المنجزة على الشبكة الارتفاعية المخططة والمنفذة فعلياً.
- تؤكد على دورية إجراء القياسات الدورية الارتفاعية للسد وعند الحالات الطارئة (بعد الهزة الأرضية مباشرة، بعد موجة فيضان، بعد التفريغ والتحميل لبحيرة السد...) .
- ضرورة إجراء القياسات الارتفاعية مرتين على الأقل ذهاباً وإياباً ولا يسمح بإنقاص عدد القياسات عن ذلك .
- تؤكد على صيانة نقاط الشبكة الأساسية ونقاط المراقبة وتغطيتها باستمرار لحمايتها من العوامل الجوية .
- يمكن اعتماد خطة وطريقة القياس والأجهزة المستخدمة في المنشآت المماثلة وبكفاءة عالية .

المراجع :

1. ديب ، فايز ، 2007 ، الجيوديزيا 3 ، منشورات جامعة تشرين
2. فحصة، إياد ، 1998 ، الجيوديزيا 2 ، منشورات جامعة تشرين
3. الرمضان، عبد الرزاق ، 2004 ، الأعمال المساحية في المنشآت الخطية، جامعة حلب
- 4- Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, Fourth Edition. C. D. Ghilani and P. R. Wolf © 2006 John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-69728-2 37.
5. Alireza A. S. , 2007 – Strategy For Designing Geodetic Network With High Reliability and Geometrical Strength, Journal of Surveying Engineering, Vol. 127, No. 3
6. Joseph L. Awange, Erik W. Grafarend. , Solving Algebraic Computational Problems in Geodesy and Geoinformatics. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005., ISBN 3-540-23425-X Springer Berlin Heidelberg New York
- 7- Solving Algebraic Computational Problems in Geodesy and Geoinformatics. Joseph L. Awange and Erik W. Grafarend ISBN 3-540-23425-X Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
- 8- Михаелов . Д . Н . , и др , 2001 – Геодезические Измерения при Измерении Деформаций Крупных Инженерных Сооружений , Недра, М.

(ميخايلوف.د.ن،2001- القياسات الجيوديزية عند حساب تشوهات المنشآت الهندسية الضخمة نيدر.موسكو)

9- Grafarend . E . , 1974 – Optimization of Geodetic Network ,” Can. Sur. “;28,N5.

10- Бывшев. В. А. ,1985- Обэффективности оценки внутренних деформаций Сетей специального назначения . МИИГАиК ,М .

(بيفشيف . ف . آ ، 1985- دراسة فعالية تعديل التشوهات الداخلية للشبكات ذات الاستخدامات الخاصة)

11- НГУЕН ВЪЕТ ХА, 2010 , РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛОТИН ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВО ВЬЕТНАМЕ.

(نومين فيت خا ، 2010 دراسة طريقة لتحديد التشوهات في السدود الكهرومائية باستخدام نتائج القياسات

الجيوديزية بالأقمار الصناعية في فيتنام)