

دراسة تأثير إنشاء ردمية السدود الركامية بنواة غضارية على مراحل على قيم التشوهات الحاصلة فيها

هناء جورج أسد*¹ بسام جورج فركوح²

*1. طالبة ماجستير-قسم الهندسة المائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة دمشق.

hanaa.assad@outlook.com

² مدرس-دكتور في قسم الهندسة المائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة دمشق.

BassamGeorges@damascusuniversity.edu.sy

المُلخَص:

تُعتبر السدود الترابية من المنشآت المعقدة وتتهار بسبب العديد من المشاكل كالتسرب والهبوطات في جسم السدّ وأساساته، والزلازل والهزّات الأرضية، عدم توازن المنحدرات وغيرها. غالباً ما تُستخدم طريقة العناصر المحدودة (FEM) في تصميم السدود الترابية وتحليل الهبوطات المتوقعة والإجهادات الناتجة عن تغيّر القوى المؤثرة والشروط الحدية. أُجريت الدراسة على سدّ المزينة نظراً لأهميته السياحية واستخدامه للري وتربية الثروة السمكية، وذلك بعد ملاحظة العديد من المشاكل من خلال المشاهدات العينية (الفحوصات بالنظر)، والتي تجلت بالهبوط الواضح في القمة، بالإضافة إلى ظهور بعض الشقوق الطولية على قمة وجسم السد، وظهور نمو عشبي على الوجه الخلفي للسد باتجاه الكتف الأيمن وأيضاً داخل الشقوق الطولية على القمة. تم تقييم الهبوطات الحاصلة في السد خلال فترة الاستثمار تحليلياً باستخدام البيانات المسجلة للنقاط الجيوديزية، ورقمياً باستخدام البرنامج الفرعي SIGMA/W من منظومة Geostudio الذي يعتمد على طريقة العناصر المحدودة لنمذجة ومحاكاة الهبوطات الحاصلة في جسم السد وأساساته.

تم مقارنة الهبوط المقاس والمحسوب من خلال النقاط الجيوديزية مع الهبوط الحاصل عند تنفيذ 3,5,7,10 طبقات. تبين من خلال النتائج أن أكبر قيمة للتشوهات حدثت في قمة السد وأن زيادة عدد طبقات تُقلل من قيمة التشوهات. يمكن أن يكون للطبقات المشكلة للسد تأثير ضئيل على ضغط الماء المسامي، ولكن قد يكون لها تأثير كبير على تشوهات (هبوطات) السد. إن آلية مراقبة النقاط الجيوديزية تحتاج إلى التطوير من أجل الاكتشاف المبكر لأي خطر يهدد أمان السد.

كلمات مفتاحية: سدود ترابية -التشوهات في السدود الترابية - نقاط جيوديزية- نموذج عددي Geostudio باستخدام SIGMA/W -العناصر المحدودة- تشوهات مراحل البناء - بناء السدود على مراحل.

تاريخ الايداع: 2022/10/9

تاريخ القبول: 2023/10/10



حقوق النشر: جامعة دمشق -
سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق
النشر بموجب CC BY-NC-SA

Studying of the effect of a dams embankment with clay core by stages on the deformations valves

Hanaa George Assad*¹ Bassam Georges Farkouh²

*¹. Master's student in the Water Engineering Department - Faculty of Civil Engineering - Damascus University. hanaa.assad@outlook.com

². Lecturer - Doctor in the Department of Water Engineering - Faculty of Civil Engineering - Damascus University.

BassamGeorges@damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

Embankment dams are complex structures that may fail due to many problems such as seepage and deformations in the dam's body and its foundations, earthquakes, unbalanced slopes, etc. Finite Element Method (FEM) is often used in the design of earthen dams and the analysis of expected displacements, strains, and stresses of the structure caused by changeable loading or boundary conditions.

Al Muzayna Dam was selected due to its touristic importance and its use for irrigation and fisheries, after observing many problems through visual examinations. These problems include a clear drop at the crest, in addition to some longitudinal cracks on the crest and the body of the dam, and grass on the back face of the dam towards the right shoulder, and also within the longitudinal cracks on the crest.

The deformations were estimated during the operation period analytically using the recorded data of the geodesic points, and numerically using the SIGMA/W sub-program from the Geostudio software. The utilized software depends on the finite element method to model and simulate the deformations in the dam body and its foundations.

The calculated settlements of the geodesic points were compared with the settlements calculated for 3, 5, 7 and 10 soil layers considered in construction processes.

Results showed that the maximum displacement has taken place in the crest of the dam. In addition, increasing the embankment layers resulted in less deformation values. The construction layers have a limited effect on the stresses in the dam; however, that may cause a significant effect on the deformations of the dam.

Keywords: Embankment dams, deformation measurements, deformation analysis Simulation, Settlement, staged construction.

Received: 9 /10/2022

Accepted: 10/10/2023



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة:

ودقة متابعة تغيّر شدة الظاهرة المدروسة مع التأكيد على أهمية الفحوصات بالنظر، حيث يبين الخبراء من خلال التجربة أن حوالي (70%) من مشاكل السد يمكن الاستدلال عليها بالنظر [4].

قام لويس إينريك كوستا، من جامعة بيترا ماليزا - كلية الهندسة المدنية عام 2006م بدراسة سلوك سد أرانوس (اليونان) ومقارنة الهبوطات الحاصلة باستخدام النقاط الجيوديزية والهبوطات الناتجة عن النموذج العددي باستخدام برنامج Geostudio [5]. كما قام الباحثان فاطمة جعفري وفارزان سالمازي-كلية الهندسة الزراعية-إيران 2021 بدراسة الهبوط الحاصل عند تغيير عدد الطبقات المؤلفة لسد الأفيان، ومقارنة قيم الهبوط الحاصلة عند استخدام 15، 10، 7، 3 طبقة ووجدوا أن قيمة الهبوط تتناقص مع زيادة عدد الطبقات [6].

نشر الباحثان طنش والحمود عام 2001 بحثاً لتقييم الهبوطات في سد الكرامة المقام على مجرى نهر الأردن بعدة طرق بالاعتماد على الإجهاد الفعّال والإجهاد الكلي، حيث تم بناء السد على مراحل، وخُلصت الدراسة إلى أن قيمة الهبوطات المتوقعة أقل من الهبوطات المقاسة [7].

نشر ليفينت تاسي من جامعة الفرات، إيلازيغ، تركيا، عام 2012 بحثاً بعنوان "قياس تشوه السد باستخدام نظام (GPS)". تناول البحث مراقبة وتحليل التشوه في قمة سد ألتونكايا الناجم عن ضغط الماء الهيدروستاتيكي ووزن السد باستخدام مجموعة من نقاط (GPS) ثابتة ومتغيرة، وإجراء أربع قياسات على مدار عامين وحساب الفروقات بينها. توصلت الدراسة إلى أن هناك علاقة مباشرة بين منسوب الماء في بحيرة السد والتشوهات وأن معظم التشوهات حصلت في منتصف القمة [8].

نشرت الباحثة سمر عودة من جامعة البعث عام 2015 مقالة حول المشاكل التي تواجهها السدود الترابية، والظواهر التي يتعرض لها السد في مختلف مراحل الإنشاء والإملاء والاستثمار، وأهم مسببات هذه الظواهر وكيفية معالجتها،

تُعرّف السدود الترابية بأنها حواجز تُقام على المجرى المائي لحجز كميات كبيرة من المياه للاستخدامات المختلفة، وهي منشآت هامة للتحكم بالفيضانات والإمداد بالمياه وتوليد الطاقة الكهربائية وتحقيق منافع اقتصادية [1].

تتهار السدود الترابية مثل بقية المنشآت سواء بسبب خطأ في التصميم أو عيوب الإنشاء، ويمكن إدراج الأسباب التي تؤدي إلى انهيار السد الترابي تحت: الانهيار الهيدروليكي والانهيار بسبب التسرب والانهيار الإنشائي.

تعدّ قمة السد المكان الأول الذي يمكن فيه ملاحظة المشاكل، وأهم الظواهر المتعلقة بقمة السد هي الشقوق الطولية بسبب جفاف التربة. تتطوّر هذه الشقوق نتيجة لعدم معالجتها وتتحول إلى منطقة لدخول المياه السطحية ونمو الأعشاب فيها، والشقوق العرضية والتشوهات في القمة كأن تكون غير مستوية أو تحوي حفر ومناطق منخفضة. يجب مراقبة الشقوق بشكل دوري وتسجيل طولها وعرضها وعمقها وترعجها أو أي سمات فيزيائية أخرى ومعالجتها لمنع التسرب الناجم عن الجريان السطحي [2].

جعلت التطورات الأخيرة التي تحققت في مجال التصميم والبناء عملية تشييد السدود الترابية أكثر أماناً واقتصاداً.

لتجنب انهيار السدود الترابية لا بدّ من إعداد برنامج تشغيل وصيانة ومراقبة سلوك عمل المنشأة واتباع برنامج دوري للقياس والمراقبة. ومن هنا تأتي أهمية الفحوصات بالنظر (المشاهدات العينية) للكشف المبكر عن احتمال حدوث أي مشكلة تهدد أمان السد قد تُسبب أضراراً مادية وبشرية كبيرة قد تكون كارثية [3].

يتضمن البرنامج مراقبة الانتقالات والرشوحات حيث يتم اختيار نوع أجهزة القياس والمراقبة، وكذلك أماكن توضعها وعدد نقاط القياس وتكرار القياسات المنفذة، بحيث يمكن بسهولة وانتظام

دراسة تأثير إنشاء ردمية السدود الركامية بنواة غضارية.....

ومراقبة السدود والمراقبات اللازمة للتأكد من جودة عمل السد حسب المعطيات التصميمية له. تم حساب الإجهادات الشاقولية والأفقية لسد ركامي بنواة غضارية ومقارنة النتائج مع القيم التصميمية [1].

قام باسل سيوزرلاند عام 2009 بنشر مقالة بعنوان "دراسة التشوه في السدود الناتج عن ضغط الماء: حالة دراسية لسد تميل ببارك على نهر كزلرماك في تركيا". تمت دراسة العلاقة بين منسوب التخزين ومقدار التشوه لنقاط المراقبة، ودرس العلاقة بين منسوب التخزين وذلك باستخدام بيانات النقاط الجيوديزية لجسم السد ونقاط الارتكاز المحيطة به لمعرفة ما اذا كان منسوب التخزين مسؤولاً عن التشوهات الأفقية والعمودية خلال فترة الملاء الأولى. لوحظ وجود تشوه أكبر في النقاط المتوسطة من جسم السد بالإضافة إلى وجود علاقة خطية بين هبوط السد ومستوى الخزان، وقد تم تحديد درجة الارتباط بين التغير في المنسوب والتشوه الهيكلي الملحوظ في السد [9].

هدف البحث:

إيجاد طريقة لفهم سلوك السدود الردمية خلال مرحلة الإنشاء والاستثمار، ومتابعة حالتها الفنية بدءاً من التصميم وحتى انتهاء فترة الاستثمار، واختيار سد المزينة كحالة دراسية نتيجة ملاحظة بعض الظواهر السلبية على الوجه الأمامي والقمة، وكونه سداً ركامياً بنواة غضارية، وهو النمط الأكثر استخداماً في سورية.

طرائق البحث:

تم اختيار سد المزينة كحالة دراسية بالاعتماد على بياناته المتوفرة بين عامي 2003-2017 سد المزينة:

يقع سد المزينة شرق قرية المزينة - أعلى سهل البقيعة في محافظة حمص على بعد حوالي (20) كم من مدينة تللكخ،

أسد، فركوح

في هذه الدراسة، تم دراسة التشوهات الحاصلة في السدود خلال فترة البناء والاستثمار بالأخذ بعين الاعتبار بناء السد على مراحل، وبيان تأثير الطبقات المؤلفة للسدود على التشوهات والضغوط. تم اختيار سد المزينة كحالة دراسية باعتبار أن فترة البناء استمرت بين عامي 1998-2003، والتي تُعتبر فترة طويلة نسبياً، بالإضافة إلى تسجيل عدة مشاكل فيه من خلال المشاهدة العينية تجلّت بظهور بعض الشقوق الطولية على قمة وجسم السد، وظهور نمو عشبي على الوجه الخلفي للسد وأيضاً داخل الشقوق الطولية على القمة. وباستخدام بيانات النقاط الجيوديزية والبرنامج الفرعي SIGMA/W من منظومة Geostudio قمنا بوضع فرضية للطبقات التي يمكن أن يكون السد مؤلفاً منها، وحساب الهبوط أثناء فترة التنفيذ، ومقارنتها مع الهبوط التصميمي من أجل اكتشاف أي ضرر يمكن أن يؤدي إلى فشل المنشأة.

وهو مقام على نهر المزينة مع قناة تزويد من نهر راويل. الهدف الأساسي من بنائه هو تأمين مياه الري لمساحة قدرها /2032/ هكتار في سهل البقيعة، إضافة إلى أهميته السياحية وتربية الثروة السمكية. السد ركامي مؤلف من نواة غضارية مركزية وفلاتر رملية ومواسير من البلاست مع إكساء حجري للوجهين الأمامي والخلفي.

يبلغ حجم التخزين الطبيعي للبحيرة: /19.2/ مليون م³ وحجم التخزين الأعظمي: /23/ مليون م³، حجم التخزين الميت: /1.2/ مليون م³، حجم التخزين المفيد: /18/ مليون م³ ومساحة سطح البحيرة عند المنسوب الطبيعي: /93/ هكتار [10].



الشكل(1): صور للشقوق في القمة والنمو العشبي على الوجه الهوائي في سد المزينة

تم الحصول على بيانات نقاط المراقبة الجيوديزية للسد على شكل جداول ورقية، وتم تحويلها من قبلنا لجدول إلكتروني من أجل سهولة التمثيل للفترة الممتدة بين عامي 2003 - 2017م [10].

نلاحظ من التمثيل البياني في الأسفل (شكل 2، 3، 4، 5، 6) أن أكبر قيمة للهبوط الحاصل خلال مرحلة الاستثمار الأولي (بين عامي 2003-2005) كانت 9.8 سم عند النقطة sp110 في القمة وأكبر قيمة للهبوط خلال مرحلة الاستثمار طويل الأمد (بين عامي 2006-2017) كانت 9.3 سم عند النقطة sp128 في المصطبة الثانية.

الطريقة التحليلية والبيانات الحقلية:

الطريقة المستخدمة لقياس التشوه في سد المزينة هي أخذ قراءات نقاط المراقبة الجيوديزية بالاعتماد على مجموعة من الروبورات.

يتألف نظام المراقبة من 50 نقطة مراقبة جيوديزية موزعة بالشكل الآتي:

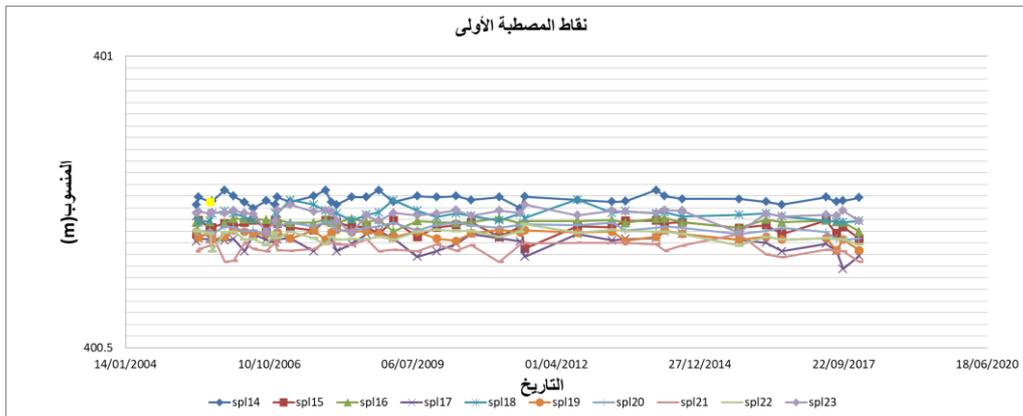
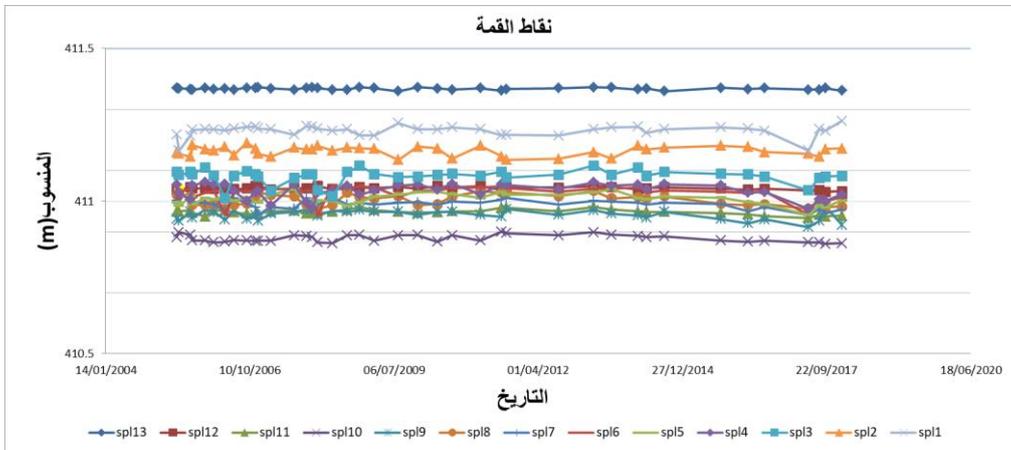
13 نقطة جيوديزية على قمة السد

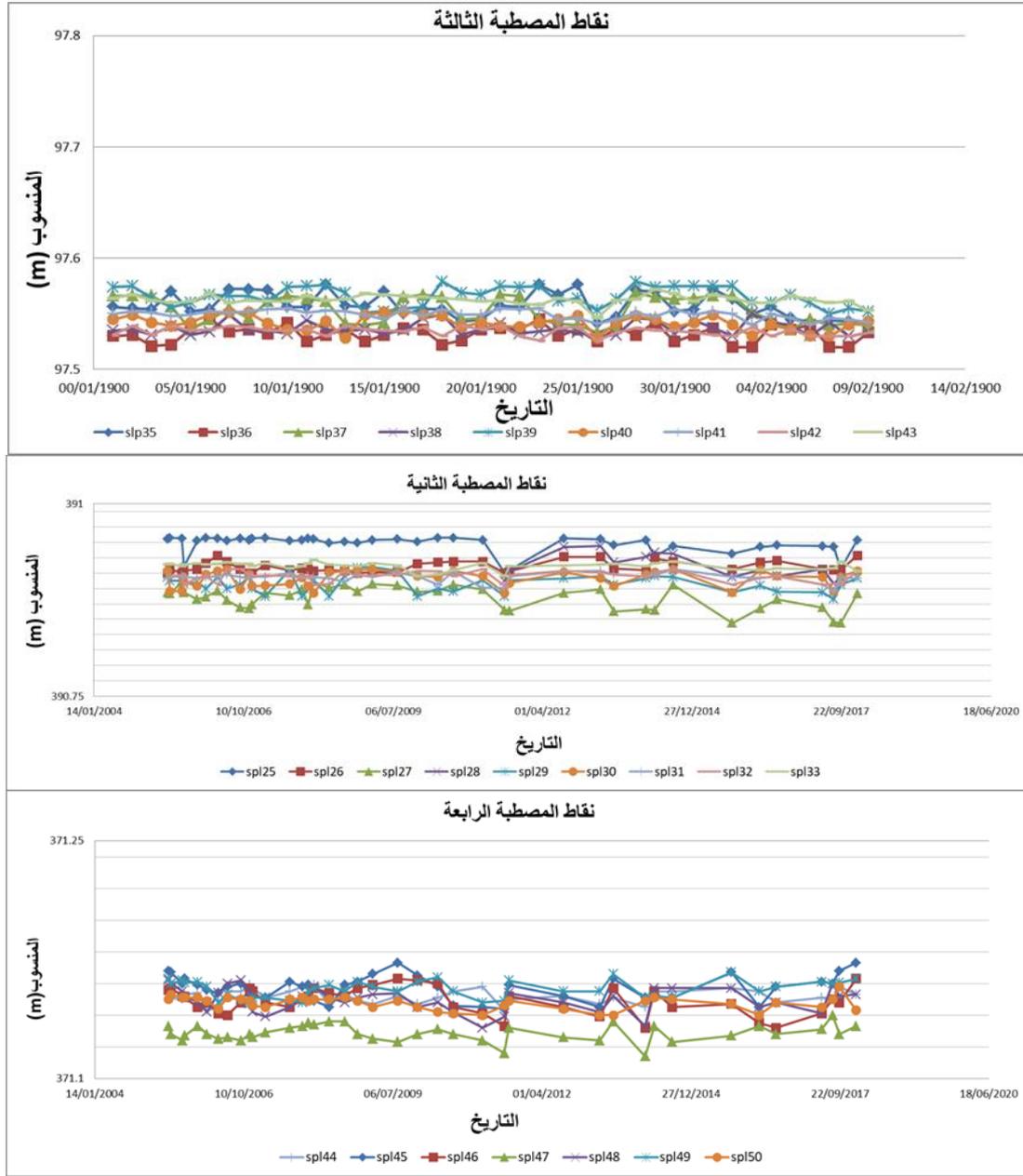
11 نقطة جيوديزية على المصطبة الأولى للسد

10 نقاط جيوديزية على المصطبة الثانية للسد

9 نقاط جيوديزية على المصطبة الثالثة للسد

7 نقاط جيوديزية على المصطبة الرابعة للسد





الأشكال (2، 3، 4، 5، 6): تمثيل بياني لبيانات نقاط المراقبة الجيوديزية بين عامي 2003-2017

علماً أن الهبوط التصميمي المسموح به والمحدد من قبل الشركة الدارسة (أجروكومبليكت) هو 110 سم (77سم خلال فترة التنفيذ و 33 سم خلال فترة الاستثمار).

ستتم مقارنة قيم الهبوطات التي حصلنا عليها تحليلياً مع قيمة الهبوط التصميمي ثم سنقارن قيمة الهبوط الحاصل عند 3,5,7,10,15 طبقة الذي سنحصل عليه من النمذجة العديدة.

النمذجة العديدة:

وتستخدم لنمذجة مجموعة واسعة من مشاكل الإجهادات ولمحاكاة الهبوطات والتشوهات في جسم السد وأساساته أثناء فترة التنفيذ والاستثمار. يختلف البرنامج عن البرامج الأخرى

الأداة المستخدمة لمحاكاة الهبوط في السد هو برنامج GeoStudio. يعتبر التطبيق الفرعي منه SIGMA/W من البرامج الهامة التي تعتمد على طريقة العناصر المحدودة

دراسة تأثير إنشاء ردمية السدود الركامية بنواة غضارية.....

كونه يعتمد على الأحمال المتزايدة في الحساب وأنه بالإمكان تطبيق الأحمال بشكل متزايد (تراكمي) [11].

تم بناء النموذج وفق المراحل التالية:

- اختيار المقطع العرضي: تم اختيار مقطع عرضي نموذجي في منتصف القمة (بأبعاد 8م عند القمة و279.25م عند القاعدة وارتفاع 66م ويبلغ عرض قمة النواة المركزية 3م وعرض قاعدتها 35م وارتفاعها 64.8م).

- إدخال خصائص التربة لمختلف المواد المستخدمة في بناء السد: يبين الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمختلف أجزاء السد.

- تحديد الشروط الحدية:

الجدول(1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمختلف أجزاء السد

أقسام السد	معامل يونغ (Kpa)	الوزن الحجمي الطبيعي (KN/m)	معامل بواسون	التماسك (kpa)
1 النواة الغضارية	28.000	19.13	0.45	62.78
2 الفلتر الرملي الغضاري	50.000	16.67	0.35	36.29
3 الفلتر الرملي الحصى	70.000	17.67	0.25	16.02
4 البالاست	95.000	24.03	0.2	0.099
5 الأساسات من البالاست	100.000	23.0	0.2	9.81

صياغة العناصر المحدودة:

يتمثل المفهوم الأساسي لطريقة العناصر المحدودة في تقسيم منطقة المشكلة إلى قطاعات فرعية (عناصر محدودة) متصلة مع بعضها بنقاط مشتركة (عقد) وقيمة المتغير المجهول محددة تقريباً داخل كل عنصر. يكون الحل التقريبي لكل عنصر معبراً عنه بالمعادلة التالية: [12]

حيث {D} هو المتجه الممثل للتشوهات في كل عقدة (غير معروف)، {F} هو متجه القوى المؤثرة في كل عقدة و{K} هي مصفوفة الخواص الفيزيائية للتربة (U, E).

يتطلب حل مشكلة التشوهات وتحديد قيمها تعديلاً متتاليًا وتحديد حجم شبكة العناصر المحدودة حتى يتم تحقيق درجة

أسد، فركوح

وهي خلال فترة الاستثمار: الانتقال معدوم على المحور X

على جوانب السد - الانتقال معدوم على المحورين X, Y في

قاعدة السد، وخلال فترة التنفيذ من أجل دراسة الاجهادات

الداخلية (insitu stress): الانتقال معدوم على المحورين x, y

في قاعدة السد (fixed x, y) - الانتقال معدوم على المحور x

في قاعدة السد على الوجهين (fixed x) ومن أجل دراسة

التشوهات في الطبقات (Load deformation): الانتقال معدوم

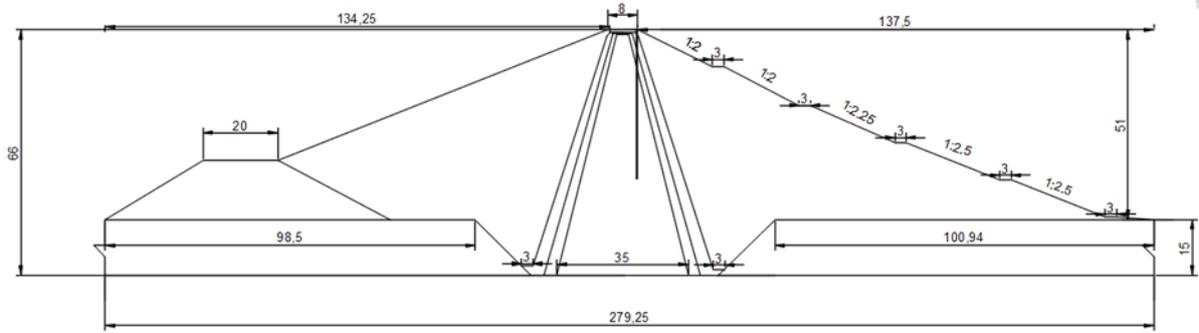
على المحورين x, y عند قاعدة السد وجوانبه (fixed x, y).

ليصبح البرنامج جاهزاً لإجراء الحسابات اللازمة قمنا بتوليد

شبكة العناصر المحدودة.

التقارب المطلوبة للتشوه D. في جميع الطرق التكرارية يبدأ الحل باستخدام التخمين الأولي للقيم غير المعروفة ويتم الحصول على الحل بتكرار حل نظام المعادلات تباعاً من خلال علاقات التكرار لتحديث القيم القديمة حتى يتقارب الحل بشكل كافٍ مع القيم الحقيقية ضمن المجال المسموح المحدد للخطأ.

ومن ضمن النتائج (مخرجات النمذجة) قيم الإجهاد {K} الشاقولية الحاصلة في كل طبقة والحاصلة نتيجة للضغط الهيدروستاتيكي والاجهادات الداخلية والحاصلة بسبب توضع الطبقات المؤلفة للسد فوق بعضها



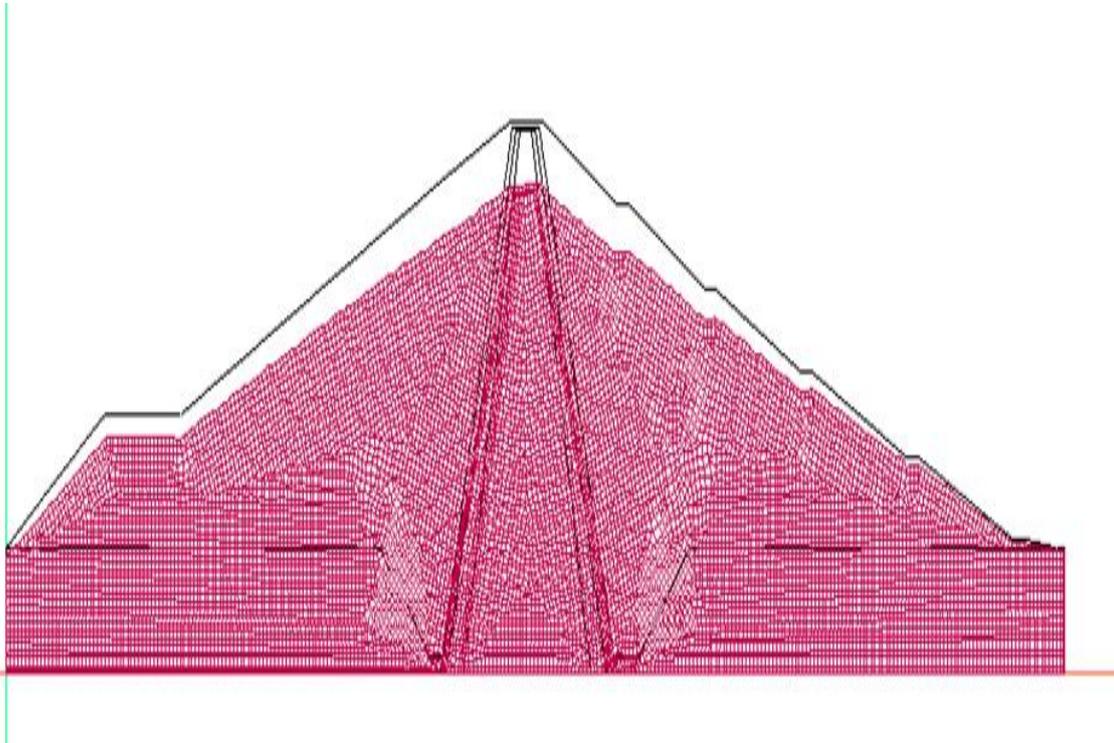
شكل (7): مقطع عرضي نمونجي في منتصف القمة

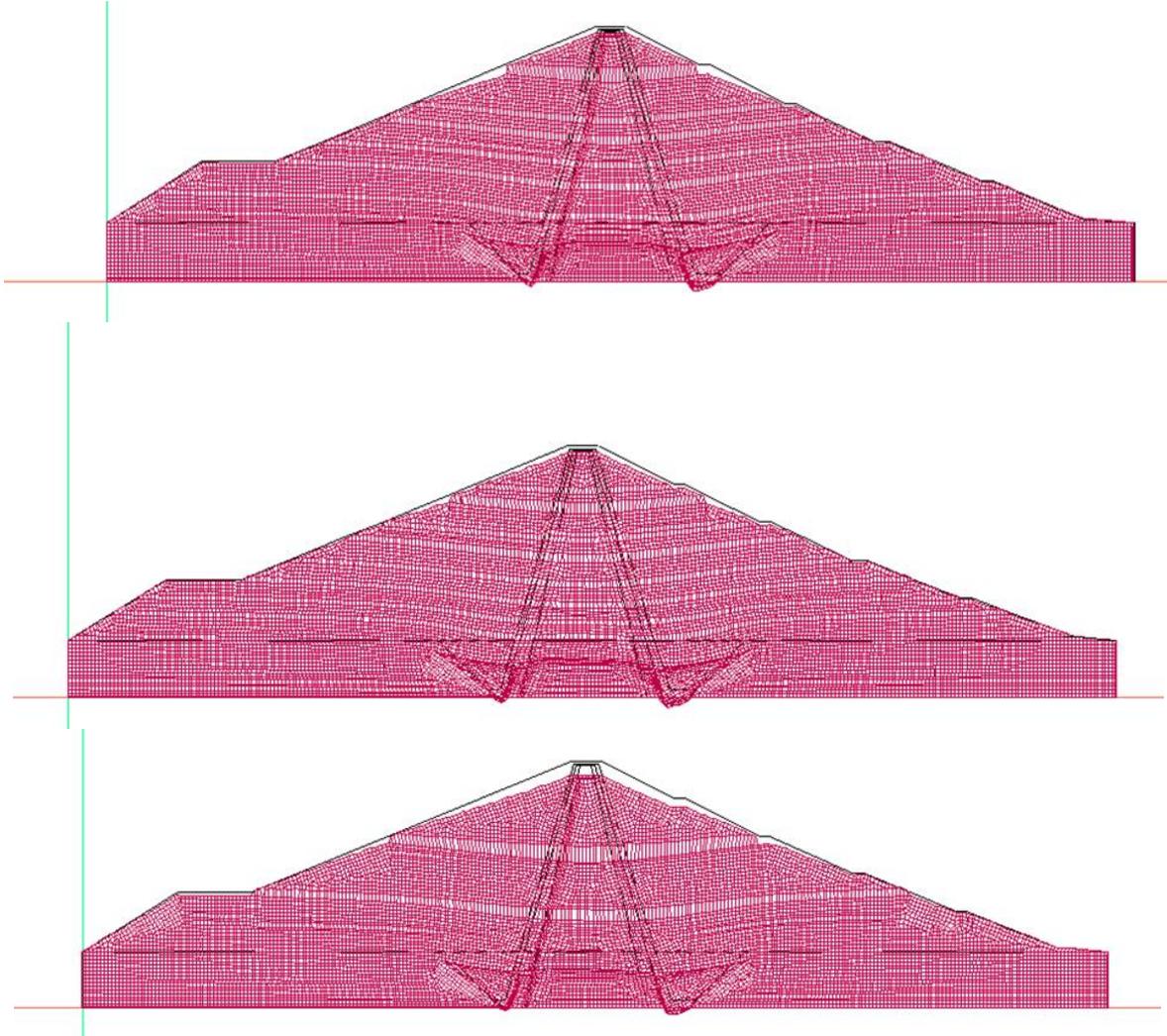
النتائج:

يوضح الشكل (15) خطوط تساوي الضغط من أجل طبقة واحدة والشكل (16) من أجل 5 طبقات والشكل (17) من أجل 10 طبقات. نلاحظ أن الضغوط تزداد من القمة باتجاه قاعدة السد، وعند نفس المنسوب تكون الضغوط في النواة أكبر من بقية أقسام السد الأخرى.

توضح الأشكال (11،12،13،14) التشوهات الحاصلة عند تنفيذ 10،7،3،1 طبقات على الترتيب. نلاحظ من الشكل (13) أن أكبر قيمة للتشوهات حصلت عند تنفيذ طبقة واحدة.

كما يوضح الجدول (2) قيم الهبوطات الحاصلة من أجل كل حالة من الحالات المدروسة.

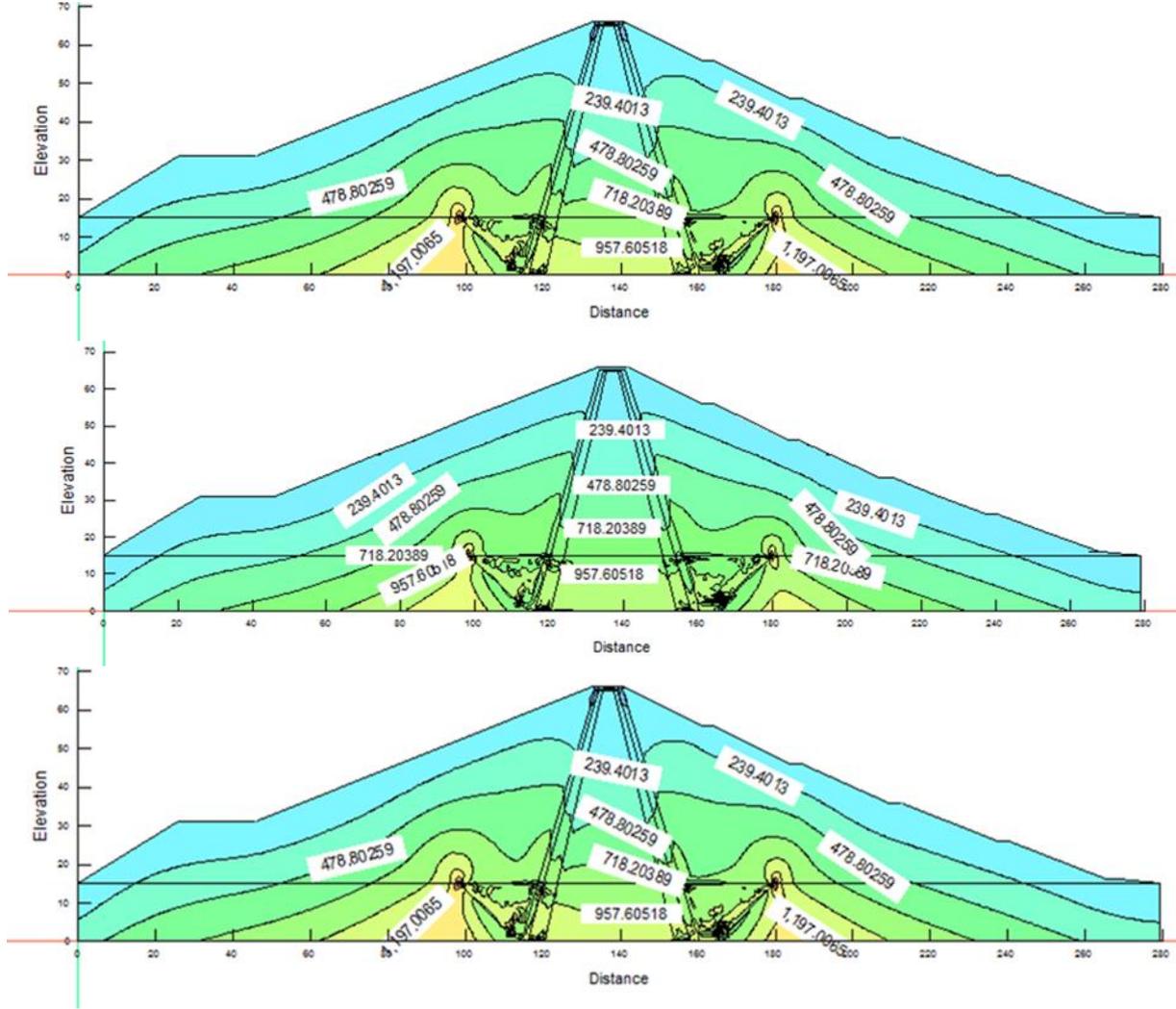




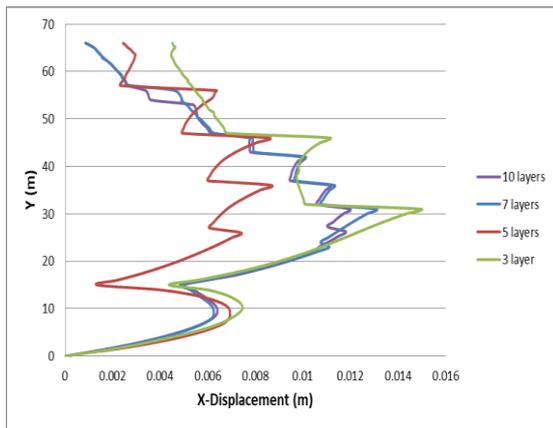
الأشكال(11،12،13،14): التشوهات الحاصلة عند تنفيذ 1،3،7،10 طبقات على الترتيب

الجدول(2): قيم الهبوطات لكل حالة من الحالات المدروسة

الحالة المدروسة	قيمة الهبوطات (m)
السد مؤلف من طبقة واحدة	1.9
السد مؤلف من 3 طبقات	0.9
السد مؤلف من 5 طبقات	0.47
السد مؤلف من 7 طبقات	0.42
السد مؤلف من 10 طبقات	0.42



الأشكال(15،16،17): خطوط تساوي الضغط من أجل طبقة واحدة ومن أجل 10 طبقات على الترتيب



يُظهر الشكلان (18،19) تمثيلاً بيانياً للهبوطات الحاصلة على المحورين X, Y من أجل الحالات المدروسة، حيث تم أخذ مقطع عند محور السد (خط شاقولي من منتصف القمة) لتمثيلها.

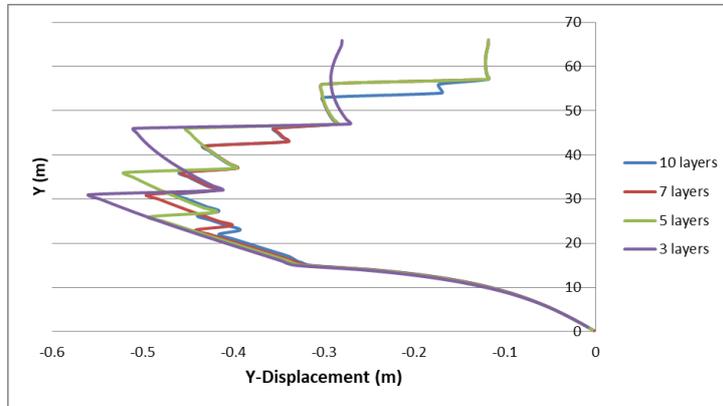
أما الشكل (20) يظهر قوى القص المأخوذة عند محور السد من أجل الحالات المدروسة وكما هو واضح أن قوى القص تكون بقيمتها الأعظمية عند المنسوب 22 م وأن عدد الطبقات المؤلفة للسد يؤثر بشكل طفيف عليها.

الشكل(18): تمثيلاً بيانياً للهبوطات الحاصلة على المحور X من أجل الحالات المدروسة

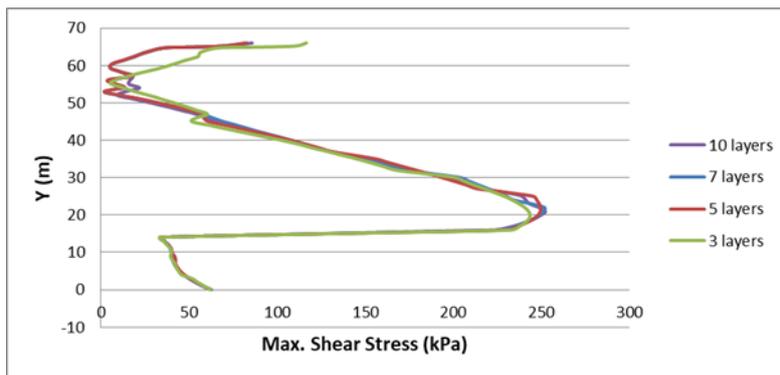
دراسة تأثير إنشاء ردمية السدود الركامية بنواة غضارية.....
بالمقارنة بين الأشكال (11،12،13،14) والأشكال
(16،15،17) نلاحظ أن عدد الطبقات المؤلفة للسد يؤثر

أسد، فركوح

على التشوهات وقيم الهبوطات لكنه لا يؤثر على الضغوط.



الشكل(19): تمثيلاً بيانياً للهبوطات الحاصلة على المحور Y من أجل الحالات المدروسة



الشكل(20): يظهر قوى القص المأخوذة عند محور السد من أجل الحالات المدروسة

الجدول(3): قيم الهبوطات لكل حالة من الحالات المدروسة بالمقارنة مع القيم المسموحة

المرحلة	عدد الطبقات	قيمة الهبوط (سم)	القيم المسموحة (سم)	ضمن القيم المسموحة؟
التنفيذ	1	190	110	نعم
	3	90		
	5	47		
	7	42		
	10	42		
الاستثمار	-	9.8	33	نعم

مناقشة النتائج:

2- نلاحظ أن الفرق كبير بين قيم الهبوط المسجلة (المقاسة) والقيم التصميمية، يمكن أن يكون مرة واحدة في الشهر ومرة كل ثلاثة أشهر، وهي الحدود الدنيا لمدة تكرار القياسات حيث يوصي الدليل بتكرار القياسات شهرياً [13].
3- على أي حال كانت النتائج التي تم الحصول عليها قريبة بشكل معقول، ويمكن أن تكون هذه النتيجة بسبب

1- بالمقارنة بين القيم المسموحة ونتائج الدراسة وباعتبار أنه لا يمكن تنفيذ السد على طبقة واحدة، وبالتالي نجد أن الهبوطات خلال فترة التنفيذ والاستثمار ضمن القيم المسموحة.

دراسة تأثير إنشاء ردمية السدود الركامية بنواة غضارية.....

التبسيط والتحسينات الضرورية التي تم افتراضها أثناء عملية تشكيل العناصر المنتهية (التحليل باستخدام FEM)، إضافة إلى كيفية جمع المواد، وكيفية أخذ عينات منها وقياسها في النهاية في المختبر، وحجم وعدد العينات التي تم جمعها، وهل تم تجفيف العينة بالفرن ونخلها قبل إجراء الاختبار؟ هل تمت إزالة الجسيمات الكبيرة بحيث يمكن قص العينة في جهاز القياس؟ يمكن أن تؤدي بعض هذه التقنيات المختبرية الشائعة إلى خصائص غير واقعية. ربما تكون كمية البيانات التي تم جمعها في المختبر أكثر مما هو مطلوب بالفعل في النموذج.

التوصيات:

- يجب مراقبة الشقوق الطولية الموجودة على القمة وقياس طولها وعرضها وعمقها مع الزمن تأكيداً على ضرورة الفحوصات بالنظر (المشاهدات العينية) لاكتشاف أي مشكلة يمكن أن تتهدد أمان المنشأة، وخصوصاً أنه تم ملاحظة المشاكل في سد المزينة عن طريقها.

- يجب تنظيف الشقوق من الأعشاب ومن ثم ملؤها بمادة البيتومين لكي لا تزداد مع الزمن وبالتالي يزداد نمو الأعشاب فيها وتتعمق جذورها مؤدية إلى شروخ في القمة وجسم السد.

- يجب مراقبة النمو العشبي على الوجه الأمامي للسد وإزالة الشجيرات عنه لمنع تشكل حفر تصبح لاحقاً جحوراً للحيوانات تؤدي مع مرور الوقت إلى تشكل أنفاق في جسم وأساسات السد.

- ضرورة وجود مهندس مختص يقوم بالإضافة إلى أخذ القراءات لنقاط المراقبة بتحليل البيانات، وبالتالي اكتشاف

أسد، فركوح

الخلل المحتمل مباشرة، وبذلك نضمن عدم تجاوز الهبوطات للقيم المسموحة حتى انتهاء العمر التصميمي للسد.

- ضرورة التدقيق بين الأعمال المنفذة والأعمال الموضوعية في الدراسة، وخصوصاً فيما يتعلق بأجهزة القياس والمراقبة، حيث أنها تؤثر على عملية مراقبة السد لاحقاً.

- ضرورة الالتزام بالأعمال المطروحة بالدراسة والتدقيق والتوثيق بين الدراسة والتنفيذ من أجل تلافي المشاكل اللاحقة الحاصلة أثناء استثمار المنشآت.

- ضرورة قياس وتوثيق الهبوطات خلال فترة التنفيذ من أجل الاستفادة عند تقييم حالة السدود.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595)

المراجع:

- 1- عودة، سمر. أهم المشاكل التي تتعرض لها السدود الترابية وكيفية مراقبتها (2015)، مجلة جامعة البعث، مج: 37. عدد: 8. ص-ص: 149-178. حمص: سورية. مجلة جامعة البعث.
 - 2- معروف، خولة. (2017) تقييم الهبوط والتسرب في سد تل حوش. ماجستير. الري والصرف. كلية الهندسة المدنية. جامعة البعث. حمص: سورية. ص: 164.
 - 3- حديد، شعبان، وليوس، الياس. (2010). استثمار وصيانة المنشآت المائية. حمص: سورية. جامعة البعث. ص: 430.
 - 4- علي، مرتضى. (2010). أهم الظواهر السلبية للسدود الترابية من خلال المشاهدات العينية. ندوة حول السدود، اللاذقية.
- References:**
- 5- Mohammed, Thamer Ahmed. B. B. K. Huat, A. A. Aziz, H. Omar, S. Maail. Seepage through homogenous and non-homogenous earth dams: Comparison between observation and simulation. ResearchGate. 11, August, 2017. <https://www.researchgate.net/publication/245586680>
 - 6- Jafari, Fatemeh. Salmasi, Farzin. (2021). Effect of Embankment Soil Layers on Stress-Strain Characteristics. Iranica Journal of Energy & Environment 5 (4): 369-375. Tabriz: Iran. University of Tabriz.
 - 7- Al-Homoud, A.S. Tanash, N. (2001). Monitoring and analysis of settlement and stability of an embankment dam constructed on staged on soft ground. Bull Eng Geol Env (2001) 59: 259–284. Springer-Verla Taşçi, Levent.
 - 8- Dam Deformation measurements with GPS. Geodezija ir Kartografija. 03, Aug, 2012. https://doi.org/10.3846/1392_1541.2008.34.116-121.
 - 9- Basel, Switzerland. (2008). Verifying Pressure of Water on Dams, a Case Study Temel Bayrak. Sensors 2008, 8, 5376-5385. Trabzon: Turkey. Karadeniz Technical University.
 - 10- بيانات قسم المعلوماتية في مديرية الموارد المائية بحمص.
 - 11- GEO-SLOPE International, Ltd. (2018 Edition). Stress-Deformation Modeling with SIGMA/W. Canada GEO-SLOPE International, Ltd. 209.
 - 12- Bakenaz. A. Zeidan, M. Shahien, M. Elshemy. (2018). Seepage and slope stability analysis of earth dams. ResearchGate. 11, August, 2018. <https://www.researchgate.net/publication/326045577>.
 - 13- الدليل الإرشادي لمراقبات السدود الترابية و الركامية -الشركة العامة للدراسات المائية حمص /2004-مديرية الموارد المائية في حمص.