تأثير تغير الشدة الزلزالية على استقرار سد الدويسات

* د محمود تلج

(الإيداع: 1 نيسان 2025 ، القبول: 23 حزيران 2025)

الملخص:

في هذا البحث تم دراسة التحليل الستاتيكي والديناميكي لسد الدويسات وتقييم مدى أمان هذا السد تحت مختلف حالات التحميل. ولاسيما عند احتمال تعرضه لزلازل ذات شدات زلزالية عالية ودرسنا استقرار كل من وجهيه بمختلف حالات التحميل بطريقة سبنسر باستخدام برنامج (GEO–STUDIO) حيث استخدمنا البرنامج الفرعي slop/w لدراسة التوازن والاستقرار ومن ثم دراسة تغيرات الشدة الزلزالية وأثر ذلك على استقرار وعامل الأمان بالإضافة إلى إجراء مقارنة بين عوامل الأمان الكلية وعوامل الأمان الجزئية في حالة التحليل الستاتيكي وكذلك في حالة التحليل الديناميكي عند تغيرات الشدة الزلزالية وأثر ذلك على استقرار السد.

الكلمات المفتاحية: الشدة الزلزالية– عوامل الأمان الكلية –عوامل الأمان الجزئية

*الصفة العلمية: دكتوراه في الهندسة المدنية

The Change In Seismic Intensity Effects On The Stability Of The Dam Duwaisat

DR Mahmoud Toloj*

(Received: 1 April 2025, Accepted: 23 June 2025)

Abstract:

In this research static and dynamic analysis study of AL–Duwaisat Dam to assess the safety of this dam In cases on various loads . then study the effect of seismic intensity this is when it likely to be exposed to earthquakes high seismic intensity we studied the stability of both sides In cases various loads Spencer's method using program Geo–Studio where we used the subprogram Slope /w to study balance and stability from the study of seismic intensity changes this affected the stability and Safety Factor of the dam . In addition to making a comparison between safety factors And partial Safety factors in the case if static analysis as well as in the case of dynamic analysis . when seismic intensity changes this affected the stability of the dam .

Keyword :Seismic Intensity– Safety Factors –Partial Safety Factors

Scientific character :DR in civil engineering

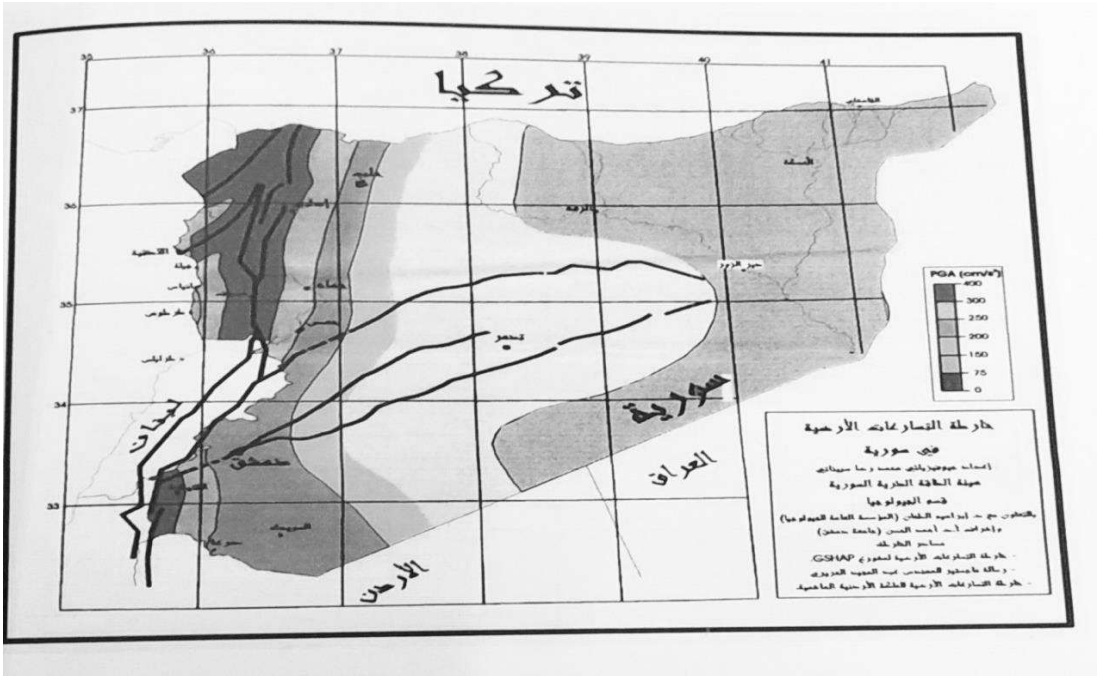
1–مقدمة:

تعد السدود الترابية من المنشآت الهندسية المهمة والمنتشرة بكثره في سوريا وهي تتعرض للضرر أثناء الزلازل في المناطق النشطة زلزاليا، والزلازل أو الهزة الأرضية هي ظاهرة طبيعية وهو اهتزاز أو سلسلة من الاهتزازات الارتجاجية المتتالية لسطح الأرض يحدث في وقت لا يتعدى ثوان معدودة، وتنتج عن حركه الصفائح في القشرة الأرضية ويسمى مركز الزلازل (البؤرة)وينتج عن ذلك ارتدادات تدعى أمواج زلزالية ، وهذا يعود إلى تكسر الصخور وإزاحتها بسبب تراكم إجهادات داخليه للأرض نتيجة المؤثرات الجيولوجية، ينجم عنه تحرك الصفائح الأرضية، ويستخدم العلماء مفهوم شده الزلازل أو قوة الزلازل للتعبير عن حجم الزلازل وهو مصطلح لقياس الطاقة التي تنتج عن الزلازل وهناك نوعين من المقاييس الزلزالية:

1–مقياس شده الزلزال تعرف شدة الزلزال بمقدار الأضرار الناتجة ويعتبر مقياس ميركالي المعدل وهو تقيم شدة الزلزال التي يحدث بها وتتراوح قيمته بين iixx .

2–مقياس سعه الزلزال (مقياس ريختر) وهو مقياس مفتوح تحدد قيمته اعتمادا على اللوغاريتم العشري للسعه العظمى للهزه المقاسة لجزء بالألف من المليمتر على بعد 100 Km من المركز السطحي للزلزال .

وقد تعرضت جنوب تركيا في 6 شباط عام 2023 لهزة زلزالية قدرت شدتها على مقياس ريختر 7.8 تلتها هزات ارتداديه بلغت شدتها 7.5 على مقياس ريختر وامتد أثره على الشمال السوري ويعتبر من أقوى الزلازل في تاريخ سوريا وتركيا .



ويبين **الشكل رقم (1): توزع مناطق الشدات الزلزالية في سوريا**[1]

مخاطر ما بعد الزلازل على السدود:[4]

لم تمض أيام قليلة على زلزال 6شباط حتى انتشرت مقاطع تظهر شقوقا وتصدعات في سدود السورية والتركية تحديداً في ميدانكي التابعة لمنطقة عفرين (ريف حلب) ، انتشرت مقاطع تظهر تصدعاً وشقوقاً طولية وعرضية في الجزء العلوي لسد ميدانكي جراء الزلزال المدمر، مما يعني تهديد المدينة ومعظم القرى المحيطة بها في حال انهيار السد الركامي الذي يبلغ حجم التخزين الإجمالي له 190 مليون متر مكعب .

.شمال كهرمان مرعش مركز الزلزال ملاطية في تركيا أفادت وسائل الإعلام عن الكشف على تشققات خطيرة في سد.

الشكل رقم (2) :يبين شقوق طولية وعرضية في سد ميدانكي

2-أهمية البحث:

تعد السدود من المنشآت الهامة لما لها من أهمية كبيرة في الاقتصاد وتطور المجتمعات لذلك يجب أن تكون آمنة في مختلف الظروف الطارئة، وتتجلى أهمية البحث في التأكد من استقرار السدود الموجودة في سوريا وذلك عند احتمال تعرضها لزلازل ذات شدات زلزالية عالية، وأثر ذلك على استقرار تلك السدود في حالات التحميل المختلفة ، بالإضافة إلى إجراء مقارنة بين عوامل الأمان الكلية وعوامل الأمان الجزئية ،ولهذه الغاية تم اختيار سد الدويسات والذي يقع شمال غرب محافظة إدلب ويبعد 3كم عن قرية دركوش وهو قريب من الحدود السورية التركية .

3-طرائق البحث ومواده:

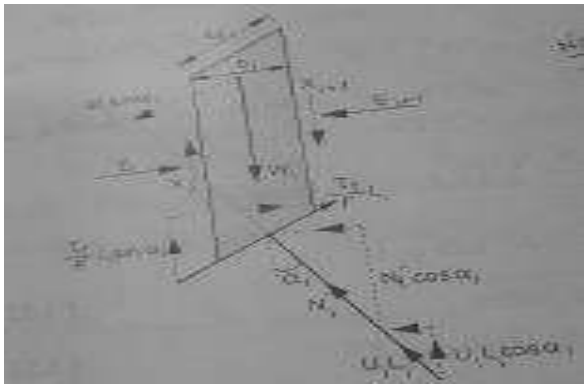
تم الاعتماد على برنامج Geo-Studio والذي يعد الرنامج الأشهر في دراسة توازن المنحدرات الترابية وهو يتألف من عدة برامج فرعية استخدمنا منها:

Seep/w : برنامج يستخدم نظرية العناصر المحدودة لدراسة الرشح والضغوط المسامية المتشكلة في مختلف أنواع الترب سواء في حالة الجريان المستقر أو غير المستقر.

Slope/w: برنامج دراسة توازن المنحدرات وفق نظرية التوازن الحدي ويقوم بحساب عوامل للمنحدرات الترابية ولقد استخدمنا طريقة سبنسر.

طريقة سبنسر: [9]

ظهرت طريقة سبنسر عام 1967، والتي تقوم بإدخال القوى الداخلية الشاقولية بين اللشرائح ، يتم حساب عامل الأمان من معادلة توازن العزوم ومعادلة توازن مساقط القوى على المحور الأفقي، و تقوم هذه الطريقة بإدخال كافة القوى الداخلية الأفقية والشاقولية وتفترض هذه الطريقة أن هذه القوى ترتبط مع بعضها وفق تابع توضحه العلاقة. $X=\lambda E.F(X)$ [10]،[12]



X: المركبة الشاقولية للقوى الداخلية

E: المركبة الأفقية للقوى الداخلية

F(X):تابع القوى الداخلية المستخدم

λ : نسبة من التابع المستخدم

1– : معادلة توازن العزوم

$$F_m = \frac{\sum(\acute{C}.\beta.R) + (N - u.\beta).R.tan\acute{\phi}}{\sum w.x - \sum N.f + \sum k.w.e \pm \sum D.d \pm \sum A.a}$$

2– :معادلة توازن القوى:

$$F_f = \frac{\sum(\acute{C}.\beta.\cos\alpha + (N - u.\beta).tan\phi.\acute{cos}\alpha)}{\sum N.sin\alpha + \sum k.w - \sum D.cos\omega \pm \sum A}$$

ويبين الجدول رقم (1): بارامترات المعادلات

μ : ضغط الماء المسامي	K;معامل الزلزال	W; وزن الشريحة
N; القوى الناظمية	C; التماسك	R; ذراع مقاومة القص
D; القوى الخارجية المطبقة	e; ذراع القوى الزلزالية	f;ذراع القوى الناظمية
زاوية الاحتكاك الداخلي لتربة جسم السدϕ	a; ذراع القوى الجانبية	d; ذراع القوى الخارجية المطبقة
القوى الجانبية المؤثرة مثل قوى ضغط الماء و القوى الناتجة عن تشقق A قمة السفح		β عرض قاعدة الشريحة
x: ذراع قوة الوزن الذاتي حول مركز سطح الانزلاق	a; زاوية ميل المماس لقاعده الشريحة من الأفق	
F_f عامل الأمان المحسوب من توازن القوى	F_m عامل الأمان المحسوب من توازن العزوم	
f; ذراع القوى الناظمية في قاعدة الشريحة حول مركز سطح الانزلاق		
w; زاوية ميل المنحني التحميل الخارجيD عن الأفق باتجاه دوران عقارب الساعة اعتبارا من المحور الموجب		

في الدراسات الجيوتكنيكية نعتمد على نوعين من عوامل الأمان [3]

1–عامل الأمان الإجمالي من أجل تحقيق أمان التربة الحاملة واستقرار منشأة الأساس

2–عوامل أمان جزئية وهذه العوامل هدفها تصعيد الحمولات أو تخفيض إنقاص خصائص مقاومة المادة وهي أساس التصميم في الكود الحديث التصميم الجيوتكنيكي على الحال الحدي وفق الكود الأوربي

في الدراسات الجوتكنيكية يجب التميز بين الحال الحدي الأقصى والذي يعرف بأنه الحال المصحوب بانهيار أو بشكل من أشكال الفشل الإنشائي والذي يهدد المنشأ أو القاطنين وبين الحال الحدي لصلاحية الخدمة وتجاوزها يلغي متطلبات الخدمية (وظيفية وجمالية) فقط

عوامل الأمان الجزئية أساس التصميم في الكود الأوربي ويوجد ثلاث حالات . A,B,C

الحالة الأولى(A): يعالج فقط مسائل الغمر (مسائل استقرار الأساسات)

الحالة الثانية (B): عندما يكون الانهيار محكوم بالمقارنة الإنشائية (أوتاد –جدران استنادية)

الحالة الثالثة (A): المسائل المتعلقة بالانزلاق والانهيار في التربة (استقرار منحدرات ودراسة تحمل التربة تحت الأساسات)

وللحصول على الحال الحدي الصلاحية يجب أن تكون قيمه العامل الجزئي يساوي الواحد

ويبين الجدول رقم (2): عوامل الأمان الجزئية لحالات الحدية القصوى [11]

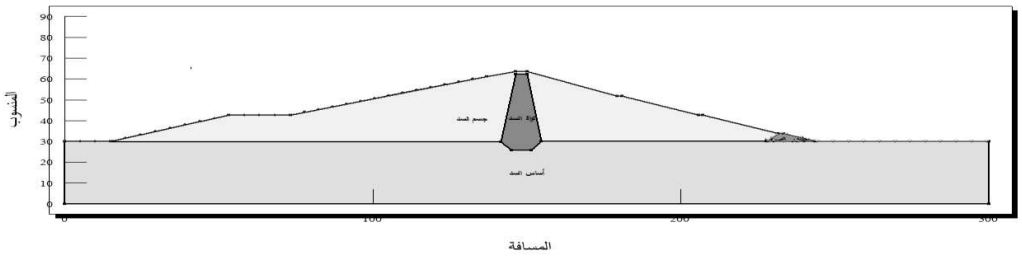
شكل الأفعال	أفعال دائمة		أفعال متغيرة	خصائص التربة			
العوامل الجزئية	γ_G		γ_Q	γ_Φ	$\gamma_{\acute{C}}$	γ_{Cu}	γ_{qu}
الحال	غير ملائمة	ملائمة	غير ملائمة	$\tan\Phi$	$\acute{C}$	C_n	qu
A	1.00	0.95	1.50	1.1	1.3	1.2	1.2
B	1.55	1.00	1.50	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.00	1.00	1.30	1.25	1.6	1.4	1.4

ونشير أن القسم الأيمن من الجدول والذي يتعلق بالأفعال الدائمة والمتغيرة يخص أساس التصميم في القسم الإنشائي للعناصر الإنشائية.

المسألة المدروسة:

سد الدويسات: هو سد ترابي مع نواة غضارية وموشور صرف وميل الوجه الأمامي 1:3 وميل الوجه الخلفي 1:2.5 وارتفاع السد 33.4m وهو يستخدم لدرء الفيضانات وارواء سهول الدويسات وجوارها.

وتتألف قاعدة السد والبحيرة من توضعات غضارية حصوية كلسية، تحتها مارن متفسخ إلى درجه الغضار مع حصويات كلسية وتحتها توضعات مارن مارلي متماسك.



يبين الشكل رقم (3): الترب المكونة للسد وأساسه

ويبين الجدول رقم (3): خواص الترب المكونة للسد وأساسه [2]

	الوزن الحجمي الرطب t/m^3	التماسك Kg/cm^2	زاوية الاحتكاك ϕ	معامل النفاذية Cm/sec
النواه الغضارية	1.89	0.6	12	$7.25*10^{-7}$
جوانب السد(غضار سلتي)	1.94	0.4	25	$2*10^{-6}$
الأساس الصخري	1.78	0.73	20	$1.04*10^{-4}$
موشور الصرف	1.8	0	38	2

لقد تمت نمذجة السد لمحاكاة السلوك الستاتيكي والديناميكي باستخدام حزمة البرامج الحاسوبية(Geo–Studio) في تحليل استقرار جوانب السد ، وتم الاعتماد على البرامج الفرعيةSLOPE/W،Seep/W، في حين أن البرنامج الفرعي SLOPE/W والذي يعتمد عده طرق في تحليل وحساب عامل امان واستقرار المنحدرات، نذكر منها :(Bishop، Janbu، Method Ordinary).

وتعتمد نظرية التوازن الحدي في حساب عامل الأمان الأصغري على أن قوى القص المتولدة في كتله التربة يجب أن تكون أقل من مقاومة التربة على القص، على كامل طول سطح الانزلاق [5] . من أجل تحليل الإجهاد الفعال نحدد قوة القص وفق المعادلة التالية:

$$s = \acute{C} + (\sigma_n - u)tan\phi$$

حيث: S– قوة القص. C` التماسك الفعال. ϕ زاوية الاحتكاك الداخلية الفعالة. σ_n الإجهادات الناظمية. U ضغط الماء المسامي

حساب عامل الأمان بالحالة الستاتيكية: تم استخدام البرنامج الفرعي SLOPE/W واخترنا طريقة سبنسر، واعتمدنا معيار الانهيار مور–كولومب، وتم الحصول على عامل الأمان تحت تأثير حمولات الاستثمار (وزن السد +حمولة الماء) وذلك في حالات التحميل المختلفة، (الوجه الأمامي–الوجه الخلفي –التفريغ السريع)،وتم إيجاد عامل الأمان وفق الكود الأوروبي والذي يعتمد على عوامل الأمان الجزئية، حيث تم الاعتماد على عوامل أمان جزئية. FC=1.4,Fϕ= 1.25

حساب عامل الأمان بالحالة الديناميكية ثم استخدام البرنامج الفرعيSLOPE/W واخترنا طريقة سبنسر، واعتمدنا معيار مور–كولومب، وتم نمذجة السد تحت تأثير حمولات الاستثمار بالإضافة إلى لقوة زلزالية أفقيه ذات تسارع 0.3g ، ونشير إلى أننا أهملنا المركبة الشاقولية للقوة الزلزالية نظراً إلى كبر الصلابة في الاتجاه الشاقولي للمنشاة ،وتم إيجاد عامل الأمان وفق الكود الأوربي .

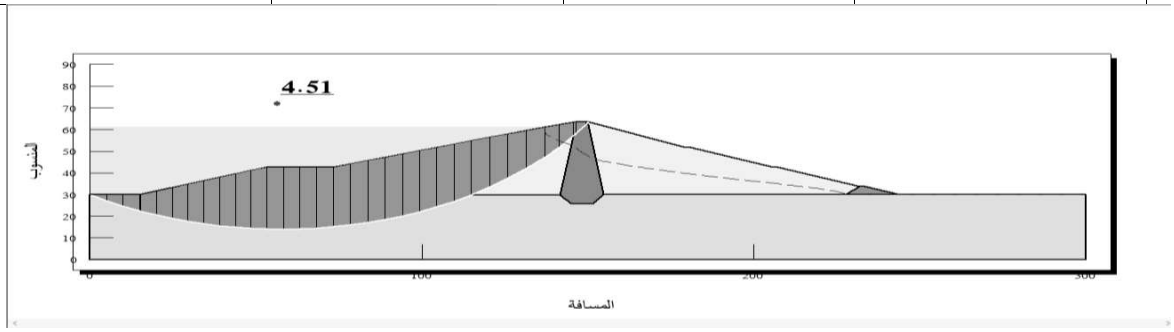
4– النتائج والمناقشة

نبين بالجدول رقم (4): قيم عوامل الأمان الأصغرية بالحالة الستاتيكية حسب المرجع رقم [7]

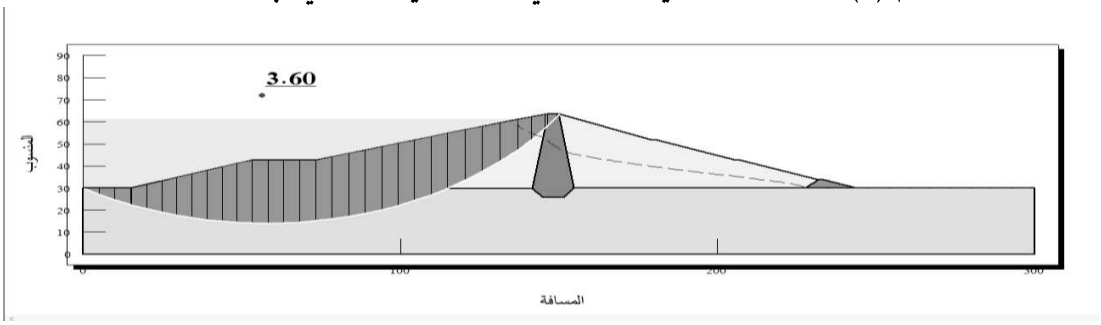
الحالة الستاتيكية	عامل الأمان محسوب بطريقه سبنسر	عامل الأمان حسب الكود الأوروبي	عوامل الأمان [7]
الوجه الأمامي	4.51	3.6	1.3–1.5
الوجه الخلفي	1.9	1.52	1.5
التفريغ السريع الوجه الامامي	2.52	2.01	1.2–1.3
تفريغ سريع وجه خلقي	1.72	1.42	

نبين بالجدول رقم (5): قيم عوامل الأمان ا بالحالة الديناميكية حسب المرجع رقم [7]

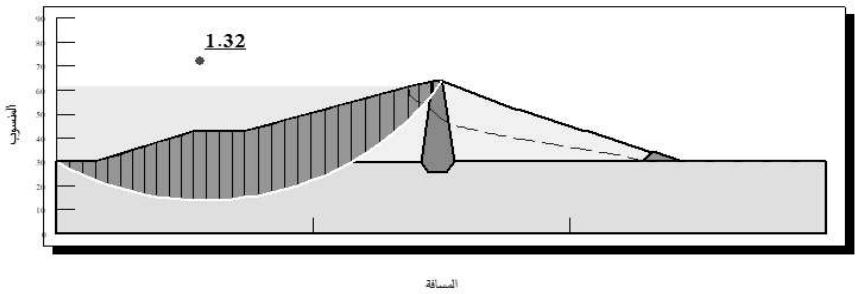
الحالة الديناميكية	عامل الأمان بطريقة سبنسر	عامل الأمان حسب الكود الأوربي	عوامل الأمان حسب المرجع [7]
الوجه الأمامي	1.32	1.05	1.2
الوجه الخلفي	1.1	0.88	1.2



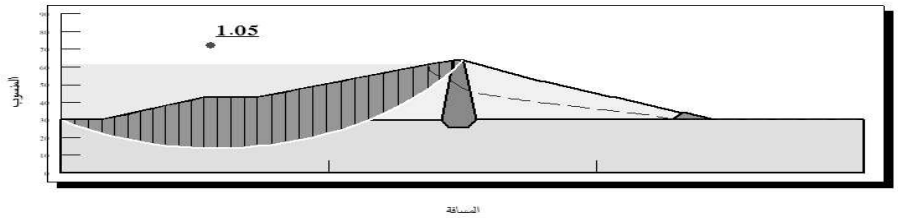
الشكل رقم (4): عامل الأمان بطريقة سبنسر في حالة التخزين الأعظمي وبالحالة الستاتيكية



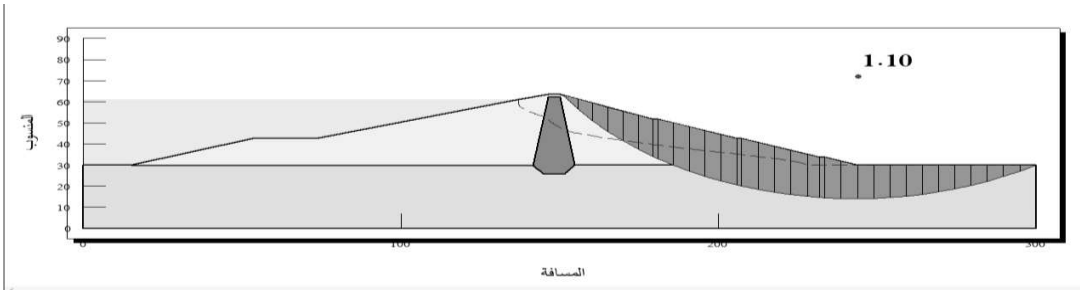
الشكل رقم (5) عامل الأمان بطريقة الكود الأوربي في حالة التخزين الأعظمي وبالحالة الستاتيكية



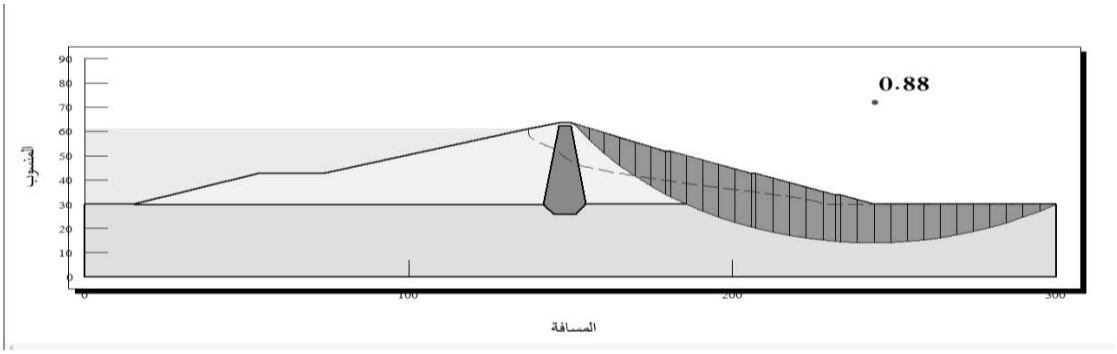
الشكل رقم (6) : عامل الأمان بطريقة سبنسر عند التخزين الأعظمي وبالحالة الديناميكية وبتسارع 0.3g



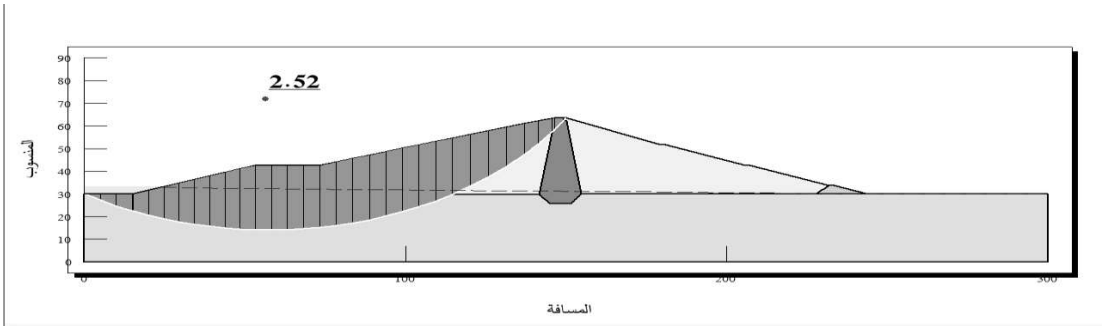
الشكل رقم (7): عامل الأمان بطريقة الكود الأوربي عند التخزين الأعظمي وبالحالة الديناميكية وبتسارع 0.3g



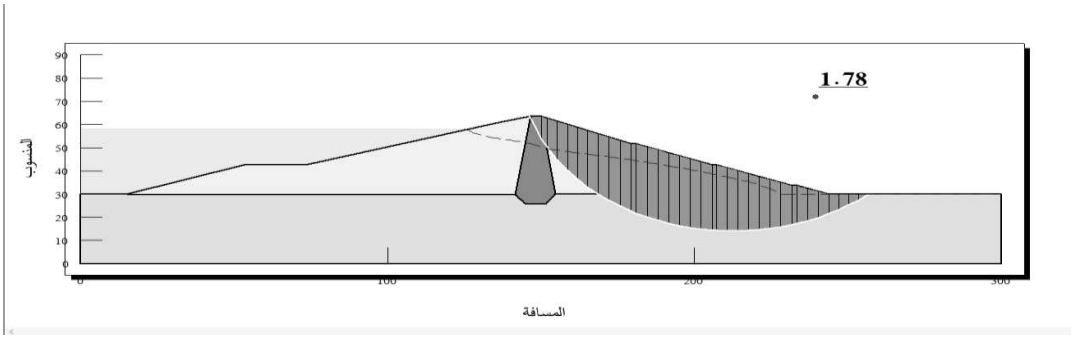
الشكل رقم (8): عامل الأمان عند التخزين الأعظمي بطريقة سبنسر وبالحالة الديناميكية وبتسارع 0.3g



الشكل رقم (9): عامل الأمان عند التخزين الأعظمي بطريقة الكود الأوربي وبالحالة الديناميكية وبتسارع 0.3g



الشكل رقم (10) :عامل الأمان الأصغري في حالة التفريغ السريع للوجه الأمامي



الشكل رقم (11) : عامل الأمان الأصغري بحالة التفريغ السريع للوجه الخلفي

نبين بالجدول رقم (5): أثر تغير الشدة الزلزالية على عوامل الأمان

الشدة الزلزالية	الوجه الأمامي		الوجه الخلفي	
	طريقة سبنسر	الكود الأوربي	طريقة سبنسر	الكود الأوربي
0.2g	1.72	1.38	1.23	0.98
0.25g	1.49	1.2	1.12	0.96
0.3g	1.32	1.05	1.1	0.88
0.35g	1.18	0.94	1.01	0.81

حيث g هو تسارع الجاذبية الأرضية.

5- الاستنتاجات والتوصيات

- أظهرت نتائج تحليل اسقرار الوجه الأمامي والخلفي بالحالة الستاتيكية لسد الدويسات أنه مستقر في مختلف حالات التحميل وذلك بطريقتي سبنسر والكود الأوربي.
- تبين من نتائج التحليل بالحالة الديناميكية استقرار الوجه الأمامي والخلفي لسد الدويسات بطريقة سبنسر بينما هو غير مستقر بطريقة الكود الأوربي .
- تزيد عوامل الأمان الكلية على عوامل الأمان الجزئية بحوالي 25%وبالتالي تعطي عوامل الأمان الجزئية قيم أكثر احترازية لعوامل الأمان.
- إن زيادة الشدة الزلزالية للزلازل بمقدار حوالي5% تنخفض عوامل الأمان الكلية المحسوبة وفق طريقة سبنسر بمقدار حوالي (13-16%).
- إن زيادة الشدة الزلزالية للزلازل بمقدار حوالي 5% تنخفض عوامل الأمان الجزئية(طريقة الكود الأوربي) بمقدار حوالي (8-10%).

6-المراجع

1-سالم ، دعبد الرزاق ،عيسى، دعبد الرحمن : البيتون المسلح(4)، جامعة البعث2012-2011

2-وثائق دراسة سد الدويسات – مديرية الري العامة الحوض العاصي

3-سراج الدين ، د خلدون : ميكانيك التربة، جامعة حلب2009

4-https// raseaf22 .net sky news 23/2/2023

5-STABILITY MODELING WITH SLOPE 2007 VERSION ENGINEERHNG METHODOLGY THIRD EDITION .MARCH2008 GEO SLOPE INTERNATIONAL LTD

6-SEE MADE MODELING WITH SEE P/W2007 VERSION ENGINEERHNG METHODOLGY THIRD EDITION.UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA MARCH 2008 -317

7-STATE OF COLORADO DEPARTMENT ,FNUTURE RESOURCES,RULES AND REGULATIONS FOR DAM SAFTY AND DAM CONSTRUCTION , COLORADO 2007,76

8-JANA KRAHN –STABİLITY MADEING SLOP/W BOOK A COMPUTER PROGRAM CANDDA MAY 2004 'WWW,GEO-SLOP,COM'

9-SPENCR E(1967)'AMETHOD OF ANALYSIS OF THE STABILITY OF EMBANK MENTS ASSUMING PARALLEL INTERLICE FORCES GEOTECHINCAL 17(1);11-26

10–FARKOUH,B,MANSOUR,H SLOPE SABITITY UNDER RAPID Drawdown Conditions Ghadir AL –Bustan Dam ,Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of MASTER Department of water ENGINEERHNG Faculty of Civil Engineering Damascus

11–EC7–(202) geotechnical design to eourcode7–EN Springer ,GB

12–Maheshwari B.K. prajapati ، s SLOPE SABITITY Evaluation by Different Limit Equilibrium Methods Indian Institute of Technology Rooke Bombay 2016.INDOROCK201641.P.23