

## Assessment of the Slope Stability of Qasmin in Latakia

Ruba Salhab\* 

Dr. Kinan Raee\*\*

Dr. Mohamad Issa\*\*\*

(Received 16 / 11 / 2025. Accepted 3 / 2 / 2026)

### □ ABSTRACT □

This research aims to evaluate the stability of the slope of Qasmin in the Latakia Governorate, which are influenced by complex set of geological and human factors. The research methodology relied on an integrated engineering-geological study that included collecting field data and conducting laboratory analyses to determine the lithological, physical, and mechanical properties of the rock in the area. The factor of safety was determined using Taylor's stability charts, where the stability number ( $N_s$ ) was calculated based on the slope angle ( $\beta$ ), internal friction angle ( $\phi$ ), cohesion ( $C$ ), and unit weight ( $\gamma$ ). The results showed that the factor of safety is less than (1.5), indicating an unstable condition according to international codes for permanent slopes. This is attributed to several factors, the most significant of which is the tectonic activity, (the February earthquake 2023), In addition to the human activity represented by water leakage due to the presence of water tank in the area, the cracks that occurred in its base as a result of the earthquake have negatively affected the cohesion of the rocks, thereby reducing their shear strength. Moreover, the lithology of the rocks, their mechanical properties, and the slope angle have significantly contributed to the reduction of slope stability.

**Keywords:** Slope stability, Factor of Safety, Taylor's Charts.

**Copyright**




:Latakia University Journal (Formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

\* Postgraduate Student (Ph.D.), Department of Geology, Faculty of Science, Latakia University (formerly tishreen) , Lattakia, Syria. [ruba.salhab@latakia-univ.edu.sy](mailto:ruba.salhab@latakia-univ.edu.sy)

\*\* Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Latakia University (formerly tishreen), Latakia, Syria.

\*\*\* Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Latakia University (formerly tishreen) , Latakia , Syria.

## تقييم استقرار منحدر قسمين في اللاذقية

ربي سلهب\* 

د. كنان راعي\*\*

د. محمد عيسى\*\*\*

(تاريخ الإيداع 16 / 11 / 2025. قبل للنشر في 3 / 2 / 2026)

### □ ملخص □

يهدف البحث إلى تقييم استقرار منحدر قسمين في محافظة اللاذقية، الذي يتأثر بمجموعة معقدة من العوامل الجيولوجية والبشرية. اعتمدت منهجية البحث على دراسة جيولوجية هندسية متكاملة، شملت جمع البيانات الحقلية وإجراء التحاليل المخبرية لتحديد الخصائص الليثولوجية، الفيزيائية والميكانيكية للصخور في المنطقة. حُدد معامل الأمان باستخدام مخططات تايلور، حيث تم حساب قيمة رقم الاستقرار (Ns) بالاعتماد على زاوية ميل المنحدر ( $\beta$ ) وزاوية الاحتكاك الداخلي ( $\phi$ )، التماسك (C) والوزن الحجمي للتربة ( $\gamma$ ). أظهرت النتائج أن قيمة معامل الأمان أقل من (1.5)، مما يشير إلى حالة عدم استقرار للمنحدر حسب الكودات العالمية للمنحدرات الدائمة، ويعزى ذلك لعدة عوامل كان أبرزها النشاط التكتوني (زلازل شباط عام 2023)، بالإضافة إلى النشاط البشري المتمثل بتسرب للمياه من خلال وجود خزان مياه أرضي في المنطقة، وحدوث تشققات في أرضيته بفعل الزلازل، أثر ذلك سلباً على تماسك الصخور وبالتالي قلل من مقاومة القص، كما ساهمت ليثولوجية الصخور وخصائصها الميكانيكية وزاوية الانحدار بشكل كبير في تقليل ثبات المنحدر.

الكلمات المفتاحية: استقرار المنحدرات – معامل الأمان – مخططات تايلور.



حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب

الترخيص CC BY-NC-SA 04

\* طالبة (دكتوراه) قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.

[ruba.salhab@latakia-univ.edu.sy](mailto:ruba.salhab@latakia-univ.edu.sy)

\*\* أستاذ مساعد، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.

\*\*\* أستاذ، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.

**مقدمة:**

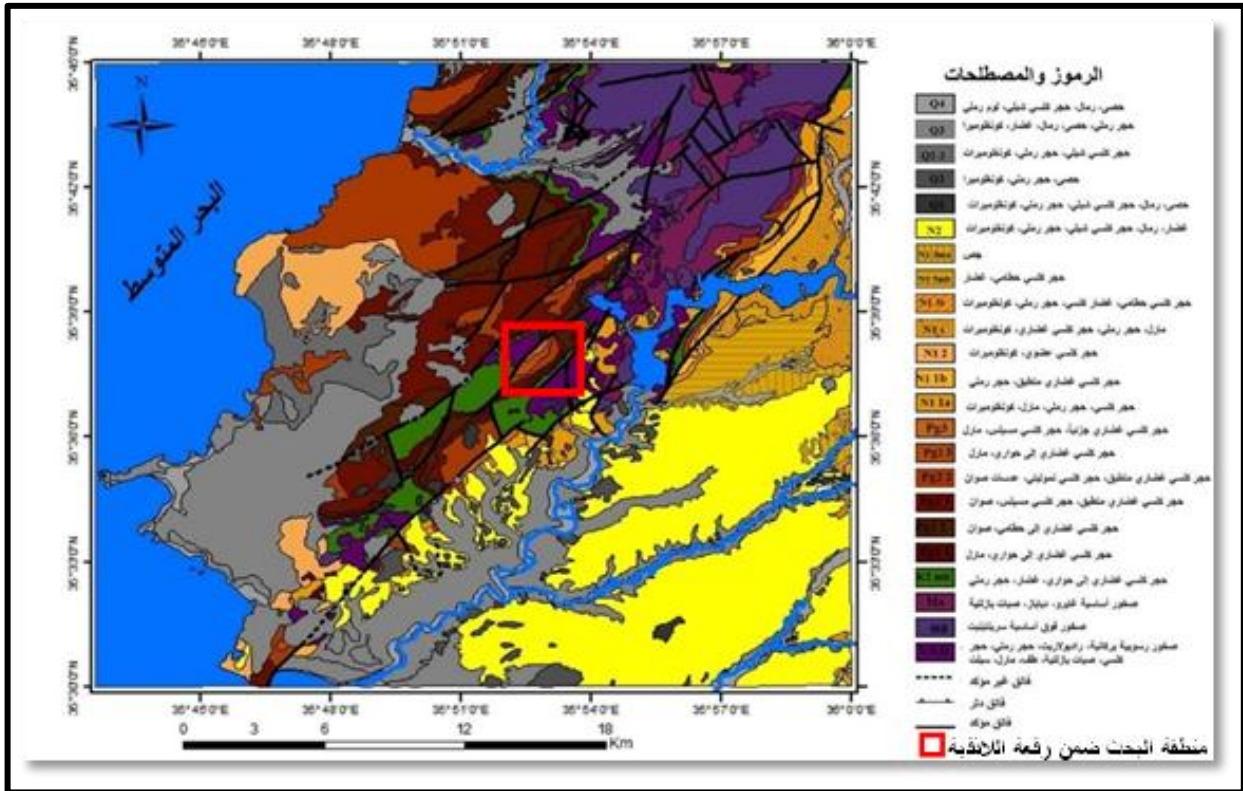
يعدّ استقرار المنحدرات من المواضيع المهمة في الجيولوجيا الهندسية، لذلك فإن الدراسة المبكرة لها تساهم بالتنبؤ بصورة جيدة في حالات عدم الاستقرار. حيث يكون المنحدر مستقراً عند تحقق التوازن بين القوى المولدة للحركة والقوى الكابحة لها، وهذا ما يسمى بمعامل الأمان [1]. يؤدي اختلال هذا التوازن إلى فقدان المنحدرات لتوازنها، مما يشكل تهديداً للمنشآت والبنية التحتية والحياة البشرية، ويتعلق ذلك بمجموعة من العوامل، من أهمها: درجة الانحدار، العمليات التكتونية، التجوية، النشاط البشري، المياه، وليثولوجية المنحدر [2]. حيث يقل أمان المنحدر كلما زادت فيه زاوية الانحدار [3]، وتتأثر خواص التماسك الداخلي للصخور سلباً بزيادة المحتوى المائي [4]، إضافة لكون زيادته في التربة تؤثر بشكل واضح في معامل الأمان [5].

قدّم العديد من الباحثين طرائق متعددة لحساب معامل الأمان للمنحدرات، ومن بينها طريقة مخططات تايلور وهي إحدى طرق التوازن الحدي (Limit Equilibrium Method). تم تقديم المفهوم الأساسي لهذه المخططات من قبل العالم "تايلور" عام (1937)، بالاعتماد على الربط بين رقم الاستقرار (Ns) الذي يمثل النسبة بين التماسك وحاصل ضرب ارتفاع المنحدر بالوزن الحجمي للتربة، مع زاوية ميل المنحدر لإعطاء قيم معامل الأمان، طُوّرت هذه المنحنيات في عام (1970) من قبل العالم "سينغ" وذلك بتقديم رسومات بيانية تُظهر منحنيات لعوامل أمان متساوية لمختلف أنواع المنحدرات [6].

**الخصائص الجيومورفولوجية، الجيولوجية والتكتونية لمنطقة الدراسة:**

يقع المنحدر المدروس (  $35^{\circ} 53' 59.55'' E$   $35^{\circ} 38' 32.51'' N$  ) في قرية قسمين بمحافظة اللاذقية إلى الغرب من بحيرة سد مشقيتا (16 تشرين سابقاً)، الشكل (1). تتميز المنطقة بوجود عدة منحدرات بميول متغيرة، أبرزها المنحدر المدروس الذي يتميز بميل كبير يصل إلى ( $45^{\circ}$ ) وارتفاع 26 م تقريباً. تتكشف في منطقة البحث تشكيلات جيولوجية تمتد في أعمارها من الكريتاسي إلى الرباعي. تعدّ التكتونات الكريتاسية محدودة الانتشار ضمن المنطقة، وتقتصر على الرسوبيات العائدة لعمر الماستريخت الأعلى (تتمثل بالغضار الطري يحتوي في قاعدته أحياناً على كونغولوميرا خشنة)، أما توضعات الباليوجين فهي تتألف من كلس حواري غضاري جزئياً، رقيق إلى متوسط التطبيق وأحياناً غير واضح، تتخلله مستويات مارلية هشة ومفتتة. بينما تتمثل توضعات النيوجين بتتابعات سميكة من الغضار الكلسي ذو اللون الرمادي الفاتح إلى الرمادي القاتم أو المزرق وخاصة في الأجزاء العميقة من الرسوبيات، وتأخذ الأجزاء السطحية ألواناً تتراوح بين الرمادي الفاتح والبيج المصفر، وتتألف التوضعات الرباعية من (حصى، رمال، كونغولوميرات غير متماسكة، وغضار).

تقع منطقة البحث على أطراف الصفيحة العربية بالقرب من حوض البحر المتوسط، يمر في المنطقة فالق اللاذقية - كلس الإقليمي الذي يمتد شمال شرق - جنوب غرب، مشكلاً حداً تكتونياً بين منخفض نهر الكبير الشمالي وكتلة البسيط، وتميل الطبقات عموماً نحو الغرب [7].



الشكل (1): خارطة جيولوجية لرقعة اللاذقية بمقياس 1/50000 متضمنة منطقة البحث، [7] (معدل من قبل الباحث) .

## أهمية البحث وأهدافه:

### أهمية البحث

يمثل هذا البحث دراسة حالة تطبيقية لمنحدر طبيعي (منحدر قسمين) يتعرض لمخاطر انهيارات أرضية ناجمة عن عوامل جيولوجية وبشرية، وخاصةً بعد زلزال شباط عام 2023، تمثلت هذه العوامل بظهور تشققات في الخزان المائي الأرضي الموجود في المنطقة، أدت إلى تسرب للمياه عبر المنحدر، إضافة إلى الخصائص الليثولوجية لصخور المنحدر التي أثرت سلباً على تماسك تلك الصخور.

تأتي أهمية البحث من خلال تحديد أهم العوامل المؤثرة على توازن المنحدر، وذلك بتطبيق منهجية متكاملة تجمع بين الدراسة والتحريات الحقلية وكافة الأعمال والتحليل المخبرية.

### أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تقييم توازن منحدر قسمين من خلال حساب معامل الأمان للمنحدر وفق الظروف الراهنة باستخدام مخططات تايلور (الطريقة الأكثر شيوعاً) في تحليل استقرار المنحدرات.

## طرائق البحث ومواده:

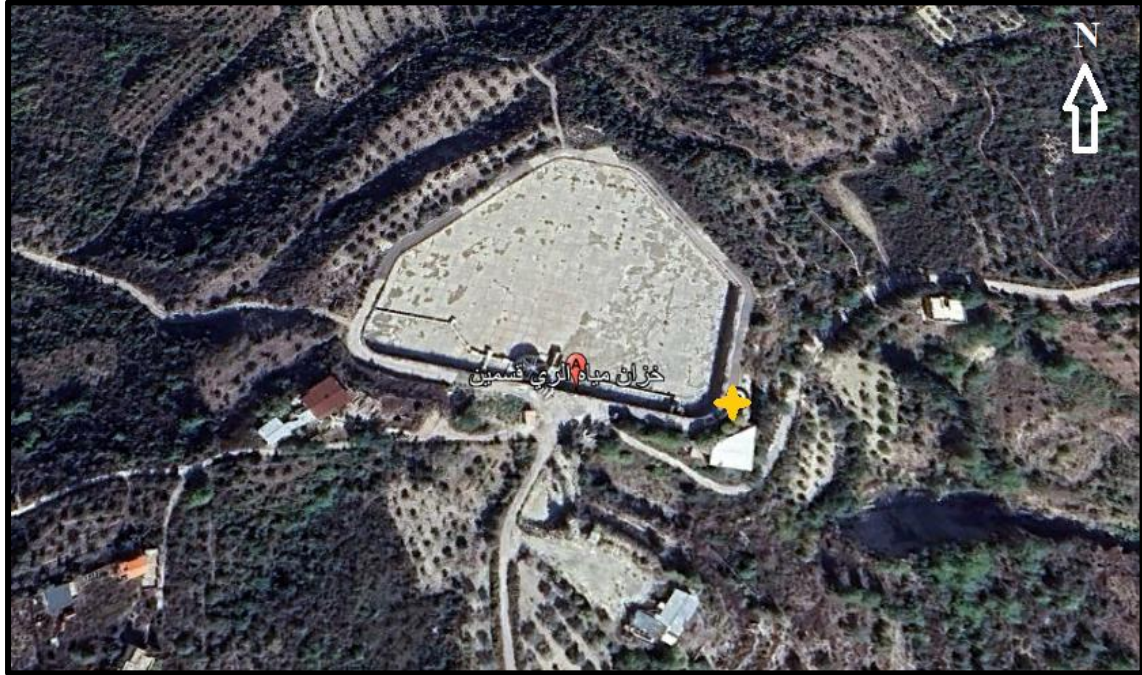
لتحقيق أهداف البحث تم اعتماد منهجية متكاملة، تجمع بين التحليل النظري والعمل الحقلية والمخبرية وفق

أربع مراحل:

- ❖ مرحلة تمهيدية: شملت جمع ومراجعة وتحليل المعلومات والمعطيات المتوفرة عن منطقة البحث (خرائط - مخططات - دراسات سابقة).
- ❖ مرحلة حقلية: تضمنت القيام بأربع جولات حقلية، تم من خلالها توصيف المنطقة جيولوجياً، وقياس اتجاه وميل الطبقات، مع تسجيل ورصد الظواهر الجيولوجية من تشققات وغيرها، إضافة إلى قطف العينات من أجل الأعمال المخبرية.
- ❖ مرحلة الأعمال المخبرية: تم إجراء العديد من التجارب الفيزيائية (الرطوبة، الوزن النوعي، الكثافة) والميكانيكية (مقاومة القص، الضغط البسيط أحادي المحور، وإجهاد الكسر) في مخبر الجيوتكنيك في كلية الهندسة المدنية في جامعة اللاذقية ومخابر مديرية الموارد المائية في اللاذقية.
- ❖ مرحلة التحليل والاستنتاج: من خلال مخططات تايلور لحساب معامل الأمان للمنحدر.

### النتائج والمناقشة:

يعد وجود خزان ماء أرضي في قمة المنحدر المدروس، الشكل (2) (بحجم تخزيني يبلغ 37000 م<sup>3</sup>) من أبرز المشاهدات الحقلية، خاصة مع وجود فواصل وتشققات واضحة في جدرانه وأرضيته وفي الطريق المحيط به، الشكل (3). كما لوحظت تشققات كبيرة في جدران وأساسات منزل يقع أسفل المنحدر، الشكل (4). مع العلم أن كل هذه المظاهر لم تكن موجودة قبل زلزال شباط 2023، مما يشير إلى أن الحدث التكتوني الأخير كان المحفز الرئيس لحدوث حالة عدم الاستقرار تلك.



الشكل (2): صورة جوية تظهر موقع الخزان بالنسبة للمنحدر، موضحاً عليها موقع البئر باللون الأصفر



الشكل (3): فواصل وتشققات في جدران وأرضية الخزان وفي الطريق المحيط به



الشكل (4): التشققات المعمارية في منزل أسفل المنحدر

أُخِذَت عشر عينات لبابية من أعماق مختلفة، من البئر المحفورة من قِبل فريق مديرية الموارد المائية في اللاذقية بطريقة الحفر الدوراني اللبائي، تظهر في الشكل (5).



الشكل (5): صورة البئر المدروسة أثناء عملية الحفر،

احداثياتها  $35^{\circ} 38' 32.14'' N$   $35^{\circ} 54' 1.86'' E$

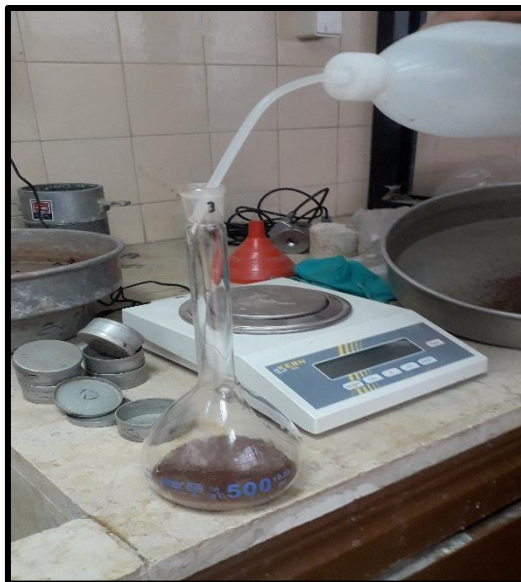
( E )

وكانت الليثولوجيا ممثلةً بست وحدات من الأعلى إلى الأسفل على النحو الآتي، الشكل (6):

- ✓ الوحدة الأولى (1-7) م: طبقة من الرمل الغضاري الحصى.
  - ✓ الوحدة الثانية (8-12) م: طبقة من المارل الغضاري بلون فاتح.
  - ✓ الوحدة الثالثة (13-18) م: طبقة من الغضار مع حصى ناعمة، ورمل بلون رمادي غامق.
  - ✓ الوحدة الرابعة (19-24) م: طبقة من الغضار الكلسي المشقق بلون سكري مع أكاسيد حديد وتزداد هذه الشقوق مع ازدياد العمق.
  - ✓ الوحدة الخامسة (25-27) م: طبقة من الغضار مع حصى ناعمة، مع وجود سويات مارلية كلسية رقيقة بسماكة لا تتجاوز 10 سم.
  - ✓ الوحدة السادسة (28-29) م: طبقة من الغضار الرمادي المزرق العجيني لم يتم اختراق كامل هذه الطبقة.
- أُجريت على العينات المأخوذة التجارب المخبرية الآتية: الرطوبة، الكثافة الطبيعية والجافة، الوزن النوعي، مقاومة القص، والضغط أحادي المحور، والشكل (7) يظهر صور بعض هذه التجارب. ثم حُسبت المسامية، عامل الفراغ المسامي ودرجة التشبع، وجمعت النتائج في الجدول (1)، حيث تميّزت هذه العينات بمسامية عالية نسبياً، ومقاومة ضعيفة إلى متوسطة وفق نتائج تجربة الضغط أحادي المحور، كما لوحظ أنّ المقاومة انخفضت بمعدل الثلث تقريباً عند اشباعها بالماء من خلال تجربة الكسر في حالتها الجافة والتي أُجريت على العينات الأكثر قساوة وعددها ثلاث موضحة في الجدول (2).

العمق.	الليتولوجيا	الوصف	أرقام العينة	السمك	الوحدات الليتولوجية
-1.0 -2.0 -3.0 -4.0 -5.0 -6.0 -7.0		رمل غضاري حصوي	1 2	7 m	الوحدة الأولى
-8.0 -9.0 -10.0 -11.0 -12.0		مارل غضاري	3	5 m	الوحدة الثانية
-13.0 -14.0 -15.0 -16.0 -17.0 -18.0		غضار مع حصى ناعمة ورمل	4 5	6 m	الوحدة الثالثة
-19.0 -20.0 -21.0 -22.0 -23.0 -24.0		مارل كلصي مشقق مع أكاسيد حديد وتزداد الشقوق مع العمق	6 7	6 m	الوحدة الرابعة
-25.0 -26.0 -27.0		غضار مع حصى ناعمة و سويات كلسية رقيقة	8 9	3 m	الوحدة الخامسة
-28.0 -29.0		غضار رمادي مزرقي عجيني	10	2m	الوحدة السادسة

الشكل (6): عمود ليتولوجي لبئر السبر وأعماق أخذ العينات منها.



الشكل (5): صور لبعض التجارب المخبرية.

الجدول (1): نتائج التجارب المخبرية.

رقم العينة	العمق [m]	محتوى الرطوبة w [%]	الكثافة [g/cm <sup>3</sup> ]	الوزن الحجمي الطبيعي γ [KN/m <sup>3</sup> ]	الكثافة الجافة □ d [g/cm <sup>3</sup> ]	الوزن النوعي Gs	المسامية n [%]	عامل المسامية e [-]	درجة التشبع S	الضغط أحادي المحور UCS [KN/m <sup>2</sup> ]	زاوية الاحتكاك φ [°]	التماسك C [KN/m <sup>2</sup> ]
1	5	26.10	1.77	17.36	1.40	2.40	41	0.69	0.89	92.6	-	-
2	6.5	23.20	1.78	17.46	1.44	2.40	40	0.66	0.84	-	33.6	13
3	10.5	20.50	1.98	19.42	1.64	2.39	31	0.46	0.99	140.6	17	11
4	13	25.42	1.85	18.15	1.47	2.39	42	0.72	0.87	122.5	-	-
5	14.5	27.41	1.72	16.87	1.35	2.60	48	0.92	0.75	-	23.5	10
6	18.5	11.36	2.22	21.77	1.96	2.60	24	0.31	0.90	236.98	12	6
7	20.5	11.13	2.24	21.97	2.01	2.61	22	0.28	0.8	235	-	-
8	24.5	11.90	2.12	21.68	1.89	2.67	29	0.40	0.77	-	20.05	14.71
9	25.5	11.78	2.08	20.40	1.86	2.60	28	0.38	0.78	165	-	-
10	28	19.50	1.96	19.22	1.64	2.71	39	0.64	0.82	372.3	-	-

الجدول (2): نتائج تجربة إجهاد الكسر.

إجهاد الكسر [Kg/cm <sup>2</sup> ]		محتوى الرطوبة W[%]	عمق العينة [m]
الحالة المشبعة	الحالة الجافة		
40.38	59.33	11.67	19
42.97	67.35	11.15	23.5
46.72	68.02	10.62	26.5

ساهمت التشققات في أرضية الخزان بحدوث تسرب مائي إلى طبقات المنحدر ذات الطبيعة الغضارية والمارلية، والتي تتميز بأنها حساسة جداً للرطوبة، مما أدى إلى فقدان تماسك هذه الصخور، وهذا ما تؤكدته القيم المنخفضة للتماسك، الجدول (1).

إن مقاومة القص للتربة تعطى بالعلاقة الآتية (معادلة مور كولومب):

$$T = \sigma * \tan \phi + C$$

حيث أن:

T: مقاومة القص.

σ: مقاومة الانضغاط.

C: التماسك.

φ: زاوية الاحتكاك الداخلي.

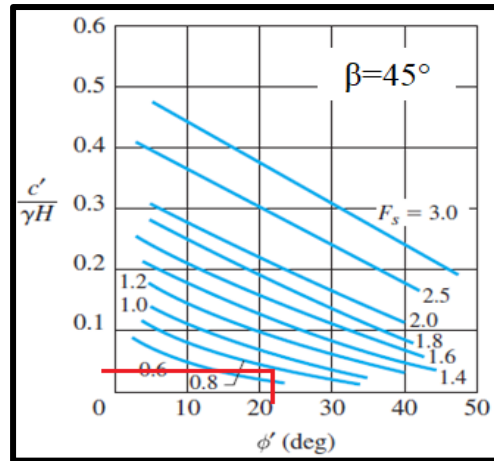
تم اعتماداً على هذه المعادلة حساب قيمة التماسك والاحتكاك الداخلي بعد إجراء تجربة مقاومة القص و (وضعت قيمها في الجدول 1)، ثم حُسبت القيمة المكافئة لكل منها وللوزن الحجمي (γ) (الذي سيدخل بحساب رقم الاستقرار) لكل

وحدة ليثولوجية، وذلك بسبب وجود اختلاف بنوعية الطبقات ووجود تناوبات بين هذه الطبقات المختلفة، الجدول (3).  
(مع العلم أن عدد العينات هو خمس عينات حسب عدد الوحدات الليثولوجية وللتشابه الكبير في الطبيعة الليثولوجية  
لعينات كل وحدة والتي تم على أساسها تسمية الوحدات). مع الأخذ بعين الاعتبار أن الانزلاق يحدث على الطبقة  
الغضارية الموجودة في أسفل المنحدر (التي وصل إليها الحفر) حيث سيتم حساب معامل الأمان حتى بداية حدود هذه الطبقة.

الجدول (3): القيم المكافئة للتماسك والوزن الحجمي وزاوية الاحتكاك

$C_{eq} = \frac{(C1 * H1) + (C2 * H2) + (C3 * H3) + (C4 * H4) + (C5 * H5)}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5} = \frac{286.13}{27} = 10.59$
$\gamma_{eq} = \frac{(\gamma1 * H1) + (\gamma2 * H2) + (\gamma3 * H3) + (\gamma4 * H4) + (\gamma5 * H5)}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5} = \frac{517.47}{27} = 19.16$
$\phi_{eq} = \frac{(\phi1 * H1) + (\phi2 * H2) + (\phi3 * H3) + (\phi4 * H4) + (\phi5 * H5)}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5} = \frac{559.75}{27} = 20.73$

تم اعتماد مخططات تايلور لتحليل استقرار المنحدرات وهي عبارة عن مخططات جاهزة ناتجة عن نمذجة  
عددية لعدد كبير من المنحدرات يمثل كل منها زاوية ميل محددة، ويتم من خلالها تقدير معامل الأمان مباشرة [6]، كما  
في الشكل (8).



الشكل (8): مخطط تايلور لحساب رقم الاستقرار عند الزاوية 45 للمنحدر

في حالة المنحدر المدروس فقد كانت زاوية الميل المقاسة  $\beta = 45^\circ$  (وهي مطابقة للمخطط المرجعي الموجود  
في الشكل 8 المعتمد في دراستنا)، والذي يعطي قيمة معامل الأمان من خلال التقاطع ما بين قيمة زاوية الاحتكاك  
الداخلي ( $\phi$ ) وقيمة رقم الاستقرار ( $N_s = \frac{C}{\gamma * H}$ ).  
وفق الحسابات التي تمت في الجدول (3)، وعند زاوية احتكاك قيمتها  $\phi = 20.7^\circ$ ، تكون قيمة رقم الاستقرار  
 $N_s = \frac{C}{\gamma * H} = \frac{10.59}{19.16 * 26} = 0.021$ ، وبالتقاطع بينهما تكون قيمة معامل الأمان:  $F_s = 0.8$  /  
أي أن المنحدر في حالة عدم استقرار، لأن قيمة معامل الأمان أقل من (1.5)، وذلك حسب الكودات العالمية  
(ASSHTO, FHWA, CFEM) للمنحدرات الدائمة [8، 9، 10].

## الاستنتاجات والتوصيات:

- أكدت نتائج التحليل باستخدام مخططات تايلور أن المنحدر غير مستقر ( $F_s=0.8$ ) وهو معرض للانزلاق، ويعزى ذلك إلى تضافر ثلاثة عوامل رئيسية، وهي:
- ✚ الطبيعة الليثولوجية لصخور المنحدر وزاوية ميله.
  - ✚ الحدث التكتوني المتمثل بزلزال شباط عام (2023).
  - ✚ النشاط البشري (التسرب المائي من أرضية الخزان بسبب التشققات الحاصلة فيها).

## التوصيات:

- ✘ إصلاح التشققات في أرضية الخزان وجدرانه ووضعها بالخدمة من جديد.
- ✘ تنفيذ شبكات تصريف للمياه في قمة وأسفل المنحدر لتقليل الضغط المسامي.
- ✘ بناء جدران استنادية لتدعيم وتثبيت المنحدر.
- ✘ تطبيق المنهجية المتبعة في البحث على منحدرات أخرى ذات ظروف مشابهة وقد تكون عرضة لنفس المخاطر.

## References:

- [1] Z . Ramoftoh. K. Thabet, S. Al Jassar, and M. Mashkour, *Engineering Geology and Sit Investigation*, Directorate of Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, Mosul (in Arabic),1989.
- [2] M. Issa, *Engineering Geology*, Tishreen University Publications, Latakia (in Arabic), 2014.
- [3] L. Wu, P. Cheng, J. Zhou, Sh. Li, Analytical solution of rainfall infiltration for vegetated slope in unsaturated soils considering hydro-mechanical effects, *CATENA*. VOL **217**, (2022)
- [4] A. A. Alakhdar, A. Abudiena Stability Study Of Sandstone Slope Parallel To The Abu Rashada Mountain Road In Gharyan Area - NW Libya, *SEBHA UNIVERSITY JOURNAL OF PURE & APPLIED SCIENCES* . vol .**21** No. 4, (2022).
- [5] Z. Liang, Y. Liang, Study on the influence of soil moisture and plant roots on slope stability of dump, *EDP Sciences. E3S Web of Conferences*, Vol **260**, 01015 (2021)
- [6] B. M. Das, principals of geotechnical engineering ,7<sup>th</sup>, *cengage learning* , USA, 2010
- [7] J . Ajeman, A. Khaton, *Explanatory Note of Sheet Latakia NI 36–XVI–E–B*, G. E. G. M. R. Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Damascus ,1999
- [8] Canadian Geotechnical Society (CGS). *Canadian Foundation Engineering Manual*, 4th Ed. Canadian Geotechnical Society, Ottawa, Canada, 2006.
- [9] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, 4th Ed., U.S. Customary Units. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C, 2012.
- [10] FHWA. *Earth Retaining Structures*. U.S. Department of Transportation. Federal