



دراسة ثبات منحدر الحجر الرملي الموازي لطريق ابورشادة الجبلي بمنطقة غريان – شمال غرب ليبيا

*أبوالقاسم الأخضر¹ و امحمد أبودينة²

¹قسم الهندسة الجيولوجية، كلية الهندسة جادو، جامعة نالوت، ليبيا

²قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة جادو، جامعة نالوت، ليبيا.

الكلمات المفتاحية:

الحجر الرملي
المحتوى المائي
التماسك زاوية الاحتكاك
معامل الأمان

الملخص

يعد تقييم وتحليل ثبات المنحدرات الصخرية الأيلة للإهيار من الأمور التي تستوجب دراسات مبنية على أسس علمية لتحديد نوع الإهيار وكيفية حدوثه والعوامل المؤثرة فيه، فالكتل الصخرية التي تشكل المنحدرات غالبًا ما تحتوي على فواصل و انقطاعات صخرية فتشكل بذلك أنواع مختلفة من حالات الإهيار سواء كان انهيار مستوى أو أسيفيني أو دوراني، وتزداد أهمية دراسة الإهيارات الصخرية إذا كان وقوعها يؤدي لحدوث كوارث بشرية أو مادية ويعد الإهيار المستوي أحد تلك الإهيارات التي تحدث على المنحدرات الموازية للطرق الجبلية وقد رصدت هذه الدراسة حدوث حالات ضعف على منحدر حجر رملي موازي للطريق الجبلي ابورشادة بمنطقة غريان، ورصدت أيضاً عمليات انهيار لكتل من المنحدر وصلت بعضها للطريق؛ وبالدراسة المبدئية للمنحدر تبين وجود كتلة أيلة للإهيار مفصولة من كتلة المنحدر الأصلي، فكان الهدف الرئيسي لتقييم ودراسة ثبات المنحدر الموازي للطريق وتحليل استقراره باستخدام الدراسة الحقلية والمعملية واستخدام برنامج (RocPlane)، وأهم النتائج المتحصلة علمها حدوث تغير في قيم المحتوى المائي والتماسك وزاوية الاحتكاك مع كل تغير في كميات مياه تحت تأثير الإجهاد الرأسي وإجهاد القص المسلط من جهاز القص المباشر إذ تبين مع زيادة كمية المياه من 5mm إلى 25mm ثم 50mm انخفاض قيم التماسك الداخلي وقيم زاوية الاحتكاك، ومن النتائج حدوث تناقص في معامل الأمان كلما قل التماسك الداخلي، صاحبه تناقص في قوة المقاومة وارتفاع القوة الدافعة، ومن توصيات إزالة الجزء المفصول من الكتلة الأيلة للإهيار.

Stability Study Of Sandstone Slope Parallel To The Abu Rashada Mountain Road In Gharyan Area - NW Libya

*Aboalgasem Alakhdar ^a, Amhmed Abudiena ^b

^aGeological Engineering Department, Faculty of Engineering jadu, Nalut University, Libya

^bCivil Engineering Department, Faculty of Engineering jadu, Nalut University, Libya

Keywords:

Cohesion
Factor of Safety
Friction Angle
Sandstone
Water Content.

ABSTRACT

The evaluation and analysis of the slopes stability that are in danger of collapse is one of the things that require studies based on scientific grounds to determine the type of collapse and how it occurs and the factors affecting it, The rock masses that make up the slopes often contain cracks or joints or rock cutouts, Thus different types of collapses are formed, plane and Wedge Failure or rotational Failure, The Importance of studying rock falls increases if their occurrence leads to human or material damages, plane Failure is one of those collapses that occur on slopes parallel to mountain roads, In this study, weak spots were observed on a sandstone slope parallel to the Abu Rashada mountain road in Gharyan Area, It also observed the occurrence of rock fall of the slope, some of which reached the road, In the initial study of the slope, it was found that there is a collapsing mass separated from the mass of the original slope. The main objective was to evaluate and study the stability of the parallel slope of the road and analyze its stability using the field and laboratory study and the use of the (RocPlane) program, The most important

Corresponding author:

E-mail addresses: a.alakhdar@nu.edu.ly , (A.d Abudiena) am.jadu@yahoo.com

Article History : Received 01 April 2022 - Received in revised form 27 July 2022 - Accepted 03 October 2022

results were that there was a change in the water content, cohesion and friction angle values with each change in water quantities under the influence of vertical stress and shear stress applied from the direct shear device. It was found that with the increase in the amount of water from 5 mm to 25 mm 50 mm. The cohesion and the angle of friction decreased, and a decrease in the factor of safety occurred. One of the recommendations is to remove the separated part of the block that is collapsing.

1. المقدمة



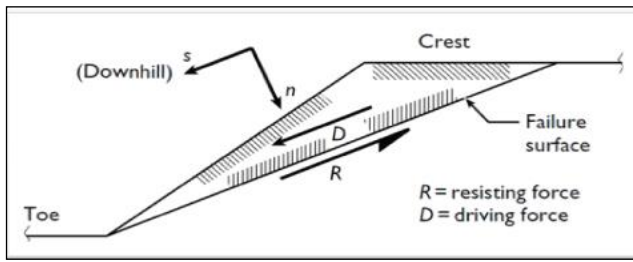
شكل 1: موقع منطقة حال الدراسة من الجبل الغربي .

1.1- التتابع الطبقي وجيولوجية المنطقة: تتنوع الصخور الرسوبية على المنحدرات الموازية والمتاخمة للطريق الجبلي ابورشادة وأهما تكشفان تكوين أبو شيبية من الأسفل يعلوه تكوين أبوغيلان وتكوين ككله وتكوين سيدي وتكوين نالوت [7] ، أما عن جيولوجية المنطقة فهي جزء لا يتجزأ من التتابع الطبقي العام المكتشف ضمن سلسلة مرتفع نفوسة والتي تقع في الشمال الغربي للبيبا يفصلها من الناحية الشمالية عن البحر الأبيض المتوسط سهل الجفارة وتمتد السلسلة لتلتقي بالبحر في منطقة الخمس شرقاً ومن الناحية الجنوبية حوض غدامس وبدء العمر الجيولوجي للتتابع الطبقي مع بداية حقبة الحياة الأوسط (الترياسي السفلي) بتكوين كرش واستمر إلى بداية حقبة الحياة الحديث (الثلاثي) بتكوين زمام، وفي منطقة الدراسة (ابورشادة) ينتهي التتابع الطبقي بتكوين نالوت بعمر الكريستالي العلوي [8].

وأطلقت تسمية (Abosheba Group) على تكوين أبو شيبية: بواسطة (كريستي 1955) وأعيدت التسمية بواسطة (ديزو وآخرون 1963) الي التسمية الحالية تكوين أبو شيبية ويمتد عمر التكوين من الترياسي المتأخر الى العصر الجوراسي المبكر ويتكوّن من حجر رملي مع تداخلات من الطين والطفل تزداد في الجزء العلوي للتكوين [9] أمّا حقلياً فيتميز بحجم حبيباته الدقيقة، وبلونه الأحمر والأخضر كدليل على تأثير بيئة الترسيب بين التأكسد والاختزال، ويبلغ سمك التكوين ما بين 120م-160م ويعلو تكوين أبو شيبية تكوين أبوغيلان الجيري المتميز بكثرة الشقوق والتكهفات.

2.1- الانزلاقات الأرضية:- يصنف الانزلاق بأنه من أكثر الحركات سرعةً ويحدث عندما تكون الطبقات مائلة أو تكون الفواصل والشقوق موازية لسطح المنحدر، ويتميز الانزلاق عن غيره كون المواد المنزلة تكون ملاصقة للمنحدر سواءً كانت تراباً أو حطاماً أو صخوراً وتحدث الانزلاقات على طول المنحدر وليست مقصورة على منطقة محددة [10] وأهم أنواعه الانهيار الدوراني والمستوي والإسفيني (شكل 2).

تصنف المنحدرات الى طبيعية وهي التي تكونت بأسباب طبيعية وتوجد هذه المنحدرات في المناطق الجبلية، وأما المنحدرات المقطوعة بفعل الإنسان فتسمى منحدرات صناعية [1] ، إن ثبات المنحدرات سواء كانت طبيعية أم صناعية أمر بالغ الأهمية وبخاصة تلك المنحدرات الموازية والمتاخمة للطرق الجبلية، ويسعى مهندسو الطرق والجيوتقنيين الوصول لأفضل زاوية قطع عند شق المنحدرات لمد الطرق الجبلية لاعتبارات عدة ولعل أهمها أن فقدان المنحدرات لاستقرارها يؤدي الى حدوث عمليات انهيار تكون نتائجه كارثية في كثير من الأحيان، ومن تلك الكوارث فقدان الكثير من الممتلكات والعديد من الأرواح [2]، وتوجد عديد الأسباب لانهيار المنحدرات منها تأثير قوة الجاذبية وتأثير المياه والتي تسبب تآكل سطح المنحدر وجوانبه وبخاصة إذا كانت الصخور فتاتية أو صخور قابلة للذوبان تحت تأثير عمليات التجوية الكيميائية [3] ، وقد يكون تأثير المياه داخليا بسبب تسرب المياه داخليا بين الفواصل والشقوق التي تحوّلها صخور المنحدر فتعمل المياه على زيادة وزن الصخور المنحدر وبخاصة إذا كانت تلك الصخور ذات مسامية عالية فالمياه المتسربة داخليا تسهم في زيادة ضغوط القص وما سينجم عنها من تقليل القوة المقاومة وزيادة القوة الدافعة وبالتالي تقليل زاوية الاحتكاك الداخلي فتزداد بذلك احتمالية الإهيار [4]، ومن الأمور بالغة الأهمية هندسة المنحدر كارتفاع المنحدر وعرضه وزاوية واتجاه ميله ونوع الطبقات الصخرية المكونة للمنحدر [5] ، فإذا كان ميل الطبقات واتجاهها في اتجاه الطريق الجبلي فإن ذلك يعد مؤشراً على أن الإهيار سيصل الطريق بمجرد وجود تأثير لمحفزات الحركة فتنهار تلك الصخور لتصل الطريق الجبلي وبخاصة إذا لم يكن لتلك الطرق حواجز إسمنتية تحمي الطريق ومستخدميه [6] ، وتتمثل مشكلة البحث في بعض المنحدرات الموازية للطريق الجبلي ابورشادة المؤدي لمدينة غريان فهي تمثل حالة واقعية لمنحدرات مقطوعة من صخور الحجر الرملي (Sandstone) المتأثرة بعمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية، وقد رصدت الدراسة الحقلية عمليات سقوط صخري (Rock Fall) وانزلاقات (landslides) وصلت البعض من صخورها المنهارة للطريق على نطاق محلي ولوحظ أيضاً وجود تأثير واضح للمياه في عمليات التجوية والتعرية المائية وبناءً على ما ذكر فإن الهدف الرئيسي هو تقييم ودراسة ثبات المنحدر الموازي للطريق وتحليل استقراره باستخدام الدراسة الحقلية والمعملية واستخدام برنامج (RocPlane)؛ وتقع منطقة الدراسة شمال مدينة غريان على الحافة الشمالية للجبل وتعد من الطرق الرئيسية المؤدية لمنطقة تغسات بالمدينة (شكل 1).



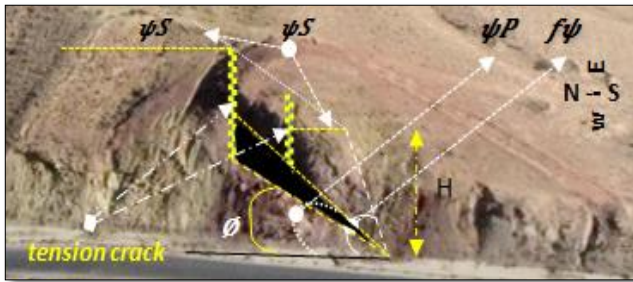
شكل 4: اتجاه القوة المقاومة والدافعة. (after Pariseau, 2011).

2. المواد وطرق العمل

أُنجز البحث في ثلاث مراحل تمثلت الأولى في الدراسة الميدانية واهتمت المرحلة الثانية بالدراسة المعملية واقتصرت المرحلة الثالثة على دراسة ثبات مواضع الضعف باستخدام برنامج (RocPlane. software 2.0).

1.2- الدراسة الميدانية

من خلال الملاحظة والمشاهدة المباشرة والتقييم الحقلية للمنحدر تبين أن حالة الدراسة تمثل مشهداً حقيقياً لحالة انهيار مستوي (انزلاق مستوي) موازي تقريباً لجزء من الطريق الجبلي ابورشادة، وتنطبق عليه شروط حدوث الانهيار المستوي الواردة في الفقرة 2.1 لاحظ الشكل (5)

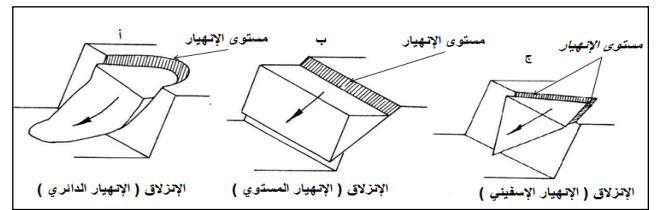


شكل 5: المنحدر يمثل حالة مثالية لحدوث انهيار مستوي.

أسهمت الدراسة الميدانية في تجميع بيانات ومعلومات عن هندسة المنحدر ورصد حالات السقوط الصخري ونوع التجوية وعمليات التعرية المؤثرة، والتنبؤ بما يحتمل وقوعه مستقبلاً بناءً على المعطيات والشواهد الحقلية، وتبلغ مساحة المنطقة المدروسة 342 م² تقريباً ويمتد القطع الصخري الموازي للطريق في موقع الدراسة 122 متراً بين الإحداثيات (11.20°11'32" N - 28.69°00'13" E) والإحداثيات (15.08°11'32" N - 27.73°00'13" E)، وبلغ عرض الطريق 12 متراً بحارة واحدة باتجاهين للطرق ويفتقر الطريق لوجود أرصفة أو حواجز تفصل الطريق المقطوع لأجل مد الطريق الجبلي عن المنحدر المقطوع وأهم البيانات التي تم تسجيلها أدرجت بالجدول رقم (1).

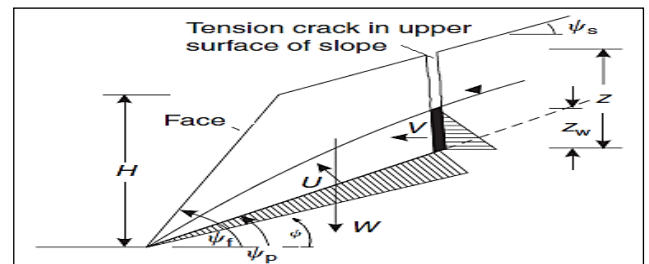
جدول 1: بيانات هندسة المنحدر والدراسة الحقلية لموقع الدراسة

البيانات المسجلة	الرمز		
نوع الصخر المكون للمنحدر	Type of rock	-	sedimentary
اسم الصخر	Name of the rock	-	Sandstone
اسم التكوين	Name of the formation	-	Abo shaybah
ارتفاع المنحدر	Slope Height	H	14 m
زاوية مستوي الانهيار	Failure Plane Angle	ψp	25°
زاوية ميل المنحدر الطبيعي	Upper Face Angle	ψS	25°
زاوية ميل المنحدر المقطوع	Slope face angle	ψf	45°



شكل 2: أنواع الانزلاقات الأرضية (after Wong and li, 2013)

ويعد الانهيار المستوي مشهداً نادراً نسبياً في المنحدرات الصخرية لأنه يحدث إن اجتمعت جميع الظروف الهندسية المطلوبة لحدوث هذا الانهيار وعادةً ما تكون أسطح الانهيار المستوي في المنحدرات ذات قوة منخفضة نسبياً مقارنة بالمواد التي تعلوها [11] ويحدث الانهيار المستوي عندما تنزلق كتلة صخرية في منحدر لأسفل على طول سطح انهيار مستوي نسبياً وعادةً ما تكون أسطح الانهيار مستويات تطبق أو صدوع أو فواصل ، ويظهر المرجح [12] أهم شروط حدوث الانزلاق المستوي أولاً- أن تكون الزاوية المحصورة بين مستوى الانهيار ووجه المنحدر مساوياً أو (في حدود $20 \pm$ درجة تقريباً) ثانياً- يجب أن تكون زاوية ميل المنحدر أكبر من زاوية الانهيار المستوي ($\psi p < \psi f$) شكل (3) ثالثاً- يجب أن تكون قيمة زاوية انحدار المستوى المنزلق أكبر من زاوية احتكاك هذا المستوى ($\phi < \psi p$). لاحظ شكل (3) رابعاً- يجب أن ينتهي الطرف العلوي للسطح المنزلق مع مستوى فاصل أو ينتهي في مستوى صدع. خامساً- يجب أن تكون الحدود الجانبية للكتلة المنزلقة واضحة وتتيح مقاومة ضئيلة للكتلة المفصولة من الكتلة الأصل.



شكل 3: زوايا الانهيار. (after Wyllie, and Mah 2004)

3.1- هندسة المنحدر:- ويحدث الانهيار في المنحدرات الصخرية عادة بشكل مفاجئ مع سرعة الحركة، إن الهدف الأساسي عند قطع المنحدرات هو الحفاظ معامل أمانها [13] ، والذي يرتبط بالانحدار وارتفاع المنحدر واتجاه مستويات الضعف واتجاه ميل الطبقات وضغوط المياه في الفواصل والشقوق وقد تصبح المنحدرات غير مستقرة بسبب تأثيرات العوامل الجوية أو عوامل التعرية أو التجوية. ويلزم للحفاظ على استقرار أي منحدر والحيلولة دون إنبهاره الوصول الى عامل أمان محدد ويتم حساب معامل الأمان (FS) بدراسة العلاقة بين القوة المقاومة (R) والقوة الدافعة (D) [14] شكل (4).

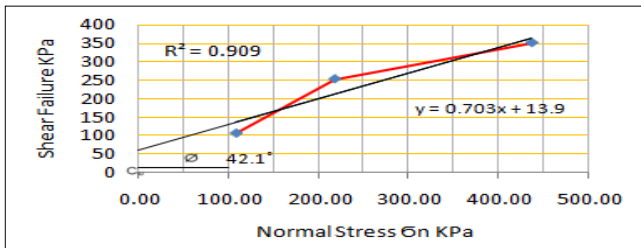
$$FS = \frac{\text{Resisting Force} \times x}{\text{Driving Force} \cdot l}$$

من 2 [16]، وتعد النتائج الواردة بالجدول (Direct shear test -DST) البيانات المهمة التي يعتمد عليها في تقييم ثبات المنحدر وأحد متطلبات برنامج (RocPlane) وبواسطة نموذج معد مسبقاً على صفحة الإكسيل (Excel) تم إدخال البيانات ليتم رسم وكتابة العلاقة بين الإجهاد الرأسي (Normal Stress) وإجهاد القص (Shear Stress)

جدول 2: البيانات المتحصّل عليها من الدراسة المعملية.

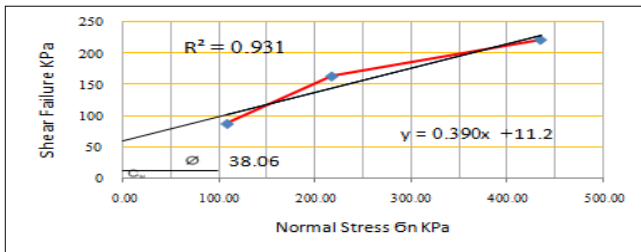
50mm	25mm	5mm	water quantity
12.5%	7%	3%	water content (%)
6.5	11.2	13.9	Cohesion
37.1°	38.06°	42.1°	Friction Angle
2.7 g/cm ³	2.5 g/cm ³	2.2 g/cm ³	Rock Unit Weight

ويسجل نموذج الإكسل قيم التماسك ومنها يتم استخراج قيم زوايا الاحتكاك مع كل عملية إدخال إذ تمت دراسة عينات صخرية للحجر الرملي الفتاتي في الحالة الطبيعية دون إضافة أي كمية للمياه ومنها تم استخراج نسب التشبع الداخلي والتي بلغت (3%) وقيمة زاوية الاحتكاك والتي سجلت قيمة (42.1°) والتماسك الداخلي (13.9)، شكل (7)



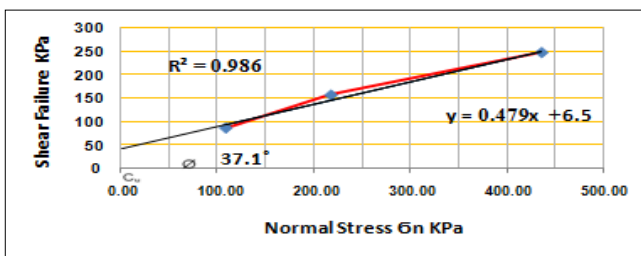
شكل 7: العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص لعينة طبيعية 5mm

وبمجرد إضافة كمية مياه بمقدار 25% تبين حدوث تغير في قيم التشبع الداخلي إذ بلغت نسبته (7%) وقيم زاوية الاحتكاك والتماسك الداخلي لاحظ شكل (8)



شكل 8: العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص في كمية مياه 25 mm

وتوضح العلاقة الموضحة في الشكل (9) العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص في كمية مياه 50 mm بنسبة تشبع للعينة بلغت 12.5%



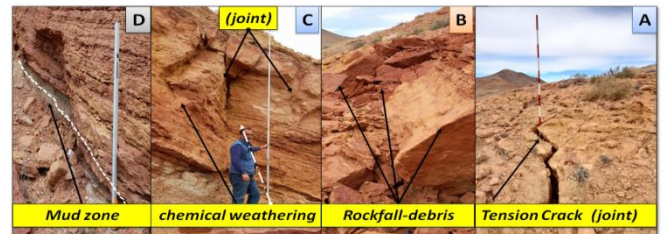
شكل 9: العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص في كمية مياه 50 mm

15 m	-	Bench Width	عرض المنحدر
بلدوزر	-	shovel	طريقة قطع المنحدر
joint	-	Tension Crack	نوع الانقطاعات الجيولوجية
85°	-	Friction Angle	زاوية توتر الفواصل والشقوق
3m	Z	Depth of the joints	عمق الفواصل
rainfall	w	Effect of Water	الماء المؤثر في المنحدر
Chemical And mechanical water erosion	-	weathering Affective	التجوية المؤثرة
	-	Affective erosion	التعرية المؤثرة
5 m	-	Distance From Crust (Specify location)	بعد الفواصل عن وجه المنحدر
Rock fall	-	mass movement	الانهيارات الأرضية المرصودة

تبين ومن الدراسة الميدانية أيضاً وجود تأثير لعملية التجوية الكيميائية والتي تحدث نتيجة اتحاد الأكسجين مع العناصر الداخلة في التركيب الصخري في وجود قدر كافي من الماء وتزداد في الصخور التي تحوي مركبات الحديد كالصخور الرسوبية المحتوية على عناصر الحديد والالومنيوم والنحاس والمغنيسيوم والمنجنيز [15]، وتظهر العناصر بعد تأكسدها بالون الأحمر والبني الدراسة شكل (C-6) في بعض الأحيان قد يحل الأكسجين محل الكبريت في كبريتيد الحديد مع وجود الماء مكونا معدن الليمونيت وملاحظ تأثير العملية بموقع الدراسة في نطاق ضيق ومصاحبة لعملية التأكسد.

ومن مظاهر التجوية المرصودة بالمنطقة التجوية الميكانيكية وأبرز ملامحها الشقوق والفواصل وتؤثر الفواصل في صخور المنحدر بشكل واضح لاحظ شكل (A-C-6) وأدى وجود الفواصل وتقاطعها في ثلاث اتجاهات تكون مستويات انهيار ساهمت في حدوث عمليات سقوط صخري في جانب واحد من المنحدر، ولكن الفاصل الأكثر تأثيراً والذي يفصل كتلة من المنحدر عن الكتلة الأصل يوضحه شكل (A-6) فهذا الفاصل يمتد لمسافة تصل إلى 9 أمتار ويبعد عن وجه المنحدر 7 أمتار ويمثل الفاصل نهاية الطرف العلوي للسطح المنزلق ويمتد الفاصل لأسفل ليصل لمستوى الانهيار وهو يمثل نطاق طين (شكل D-6).

إن عدم وجود أثر لرسوبيات أو حطام صخري أو تربة بالفواصل وعلى سطح المنحدر العلوي يعد دليلاً على تأثير التعرية المائية والمتمثلة في الهطول المطري، ويجب التنويه هنا بأن الهطول المطري يمثل العامل الأبرز كمحفز لحدوث الانهيار بالموقع.



شكل 6: العوامل الطبيعية المؤثرة في المنحدر

2.2- الدراسة المعملية

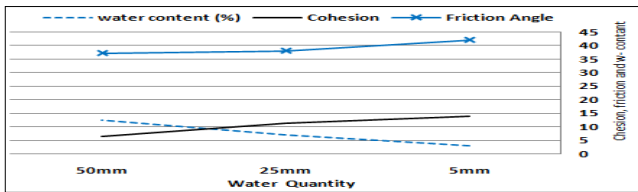
أجريت الاختبارات في معمل التربة والصخور بكلية الهندسة جادو وأُعيدت على الدراسة المعملية في إجراء إختبارت لعينات مقلقة من المنحدر وذلك بغية حساب نسبة التشبع المائي للمحتوى المائي الطبيعي 5mm وعند إضافة كمية مياه 25mm، 50mm، ومنها تم تحديد قيم زوايا الاحتكاك Friction Angle (φ) وقيم التماسك Cohesion (C) بواسطة جهاز

الدافعة وازدياد الكثافة، وتبين من الدراسة الميدانية أيضاً أن اتجاه ميل الطبقات جنوب 75° غرب بزاوية ميل تصل 45° وأن الإنهيار المحتمل سيصل الطريق وبخاصة أن الطريق تفتقر لوجود حواجز أو خنادق تستقبل المواد المنهارة وبالقياسات الحقلية ومتابعة بعض المنحدرات الموازية للطريق تبين أن صخور الحجر الرملي قطعت بزاوية تصل 75° عند بداية القطع لمد الطريق، وتغيرت تلك الزاوية بفعل التجوية والتعرية إلى 45°.

وتظهر على الجانب الشمالي للمنحدر كتل وحطام صخري مفصول من الكتلة الصخرية الأصلية شكل (B-6) وتستقر أسفل وبجانب المنحدر لأن زاوية توتر الفواصل بلغت متوسط 85° فإن السلوك التي اتخذته عند حركتها هو السقوط الصخري، وبعض هذه الكتل الصخرية تمثل مصدر قلق كونها ستتخذ سلوك الدرجات والقفز في حال وجود محفز لتصل الطريق الرئيسي وبذلك تعد مصدر خطر للطريق ومستخدميه.

2.3- النتائج لمنحدر من الدراسة العملية

بتتبع بيانات الجدول رقم(2) نلاحظ التغير في قيم المحتوى المائي وقيم التماسك وزاوية الاحتكاك مع كل تغير في كميات مياه تحت تأثير الإجهاد الرأسي وإجهاد القص المسلط من جهاز (DST) إذ تبين أن مع زيادة كمية المياه إلى 25mm انخفضت قيم التماسك (Cohesion) الداخلي وقيم زاوية الاحتكاك وكان مقدار التغير بسيط إذا ما قورن بكمية مياه 5mm والتي سجلت قيم التماسك 13.9 إلى 11.2 عند إضافة كمية المياه 25 mm واستمر الانخفاض بشكل ملحوظ ليسجل قيمة 6.5 في كمية مياه 50mm ويعزى التغير في كلا الحالتين إلى المحتوى المائي إذ كانت العينة في الحالة الأولى شبة جافة بنسبة بلغت (3%) وبمجرد إضافة كمية مياه 25mm ارتفع المحتوى المائي بقيمة بلغت 7% ليسجل أعلى ارتفاع في كمية المياه 50mm بنسبة بلغت 12.5%، ويجب الأخذ في الاعتبار أن مسامية الحجر الرملي الفتاتي ساهمت في عدم الاحتفاظ بنسب عالية من المياه كمحتوى مائي ولكن ساهمت ولو بشكل نسبي في زيادة الكثافة (Rock Unit Weight Friction) مع كل تغير في كمية المياه لكل g/cm^3 جدول 3 ومن الشكل 10 نلاحظ العلاقة العكسية بين كمية المياه وزاوية الاحتكاك (Angle Friction) فكلما زادت كمية المياه انخفضت قيم زوايا الاحتكاك ليتبين بشكل واضح تأثير المياه مع عدم إهمال تأثير الإجهاد الرأسي وإجهاد القص وبوجه عام يمكن القول أن هناك تغير نسبي في قيم التماسك وزوايا الاحتكاك والكثافة، ويعزى ذلك لتنوع الصخر ذو المسامية العالية.



شكل 10: العلاقة بين التغير في كمية المياه والتماسك وزوايا الاحتكاك

3.3- النتائج لمنحدر من تطبيق برنامج RocPlane

تعد دراسة ثبات المنحدر بواسطة برنامج RocPlane محاكاة لواقع المنحدر والكتلة الصخرية المفصلة الأيلة للإنهيار من حيث هندسة المنحدر والبيانات العملية والظروف الخارجية المؤثرة ويوضح الجدول رقم 4 أهم

3.2- برنامج RocPlane

أسهمت الدراسة المكتبية بشكل فاعل في إتمام الدراسة وأهم ما اعتمد عليه في هذه المرحلة استخدام البرنامج الهندسي لتحليل ثبات المنحدر موضع الدراسة، ويعد البرنامج أداة برمجية تفاعلية سهلة الاستخدام يعطي تحليلاً ثنائي وثلاثي الأبعاد فيسهل في تقييم ثبات الكتل الصخرية في المنحدرات ويسمح البرنامج للمستخدمين بتقدير سعة الدعم المطلوبة لتحقيق عامل أمان محدد [17] ويعطي البرنامج أيضاً تحليلات حتمية (DETERMINISTIC) وتحليلات (PROBABILISTIC) ويسمح البرنامج للمستخدمين بتحديد التوزيعات الإحصائية للمتغيرات المدخلة، ومن أهم المدخلات التي يعتمد عليها البرنامج تأثيرات القوى الخارجية منها ضغط الماء والمعامل الزلزالي والذي يمثله القيمة (0.04) بمنطقة الدراسة [18]، ويعتمد البرنامج على بيانات هندسة المنحدر المتحصل عليها من الدراسة الميدانية جدول (1) وبيانات الدراسة العملية جدول (2) ويوضح الجدول (3) مدخلات البرنامج (RocPlane software)

جدول 3: البيانات المدخلة لبرنامج RocPlane

50mm	25mm	5mm	water quantity
12.5%	7%	3%	water content (%)
45°	45°	45°	Slope face angle
14m	14m	14m	Slope Height
2.7 g/cm ³	2.5g/cm ³	2.2 g/cm ³	Rock Unit Weight
25°	25°	25°	Failure Plane Angle
25°	25°	25°	Upper Face Angle
14m	14m	14m	Bench Width
0.04	0.04	0.04	Seismic Coefficient
85°	85°	85°	Friction Angle
7m	7m	7m	Distance From Crust (Specify location)
6.5	11.2	13.9	Cohesion
37.1°	38.06°	42.1°	Friction Angle
2.7 g/cm ³	2.5g/cm ³	2.2g/cm ³	Rock Unit Weight
37.1°	38.06°	42.1°	Friction Angle
2.7 g/cm ³	2.5g/cm ³	2.2 g/cm ³	Rock Unit Weight

3.3. النتائج والمناقشة

1.3- النتائج لمنحدر من الدراسة الميدانية

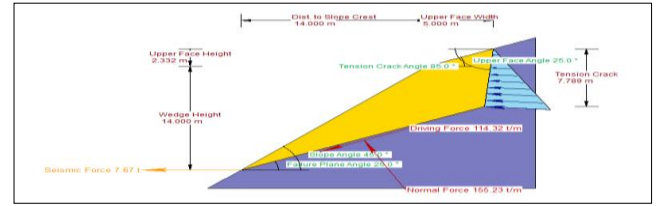
تتأثر صخور الحجر الرملي في موقع الدراسة بتأثير عوامل التجوية وبخاصة الكيميائية وأهم صور تأثرها وجود اللون الأحمر والبني ويعد وجود هذا النوع من التجوية دليل على التأثير الفعال لعملية الأكسدة والتي تسهم بدورها في إضعاف المكشف الصخري، فالتجوية الكيميائية تعمل على تغيير التركيب الداخلي للعناصر المكونة للصخر ومن مظاهر التجوية أيضاً وجود الفواصل التي ساهمت في انفصال الكتل الصخرية إلى أحجام بلغ حجم بعضها $1m^3$ وأدى وجود الفواصل أيضاً إلى المساهمة في فصل جزء من الكتلة الأصل ليصبح الجزء المنفصل أياً للإنهيار شكل (A-6) إذ يتعمق الفاصل الرئيسي داخلياً ليصل مستوى الإنهيار والذي يسهم بدوره في وصول المياه الناتجة عن الهطول المطري إلى نطاق الطين والذي سيؤدي بدوره في زيادة اتساع الفواصل نتيجة الحركة التي ستحدث عليه وبالتالي سيكون عامل محفز للإنهيار وسيسهل في تقليل قوة التماسك ما أثبت في الدراسة العملية ويساعد وجود المسام بالحجر الرملي غير التماسك في إحداث تسرب للكتلة المنفصلة وبالتالي تسهم زيادة الوزن وزيادة القوة

يعد المنحدر المدروس في حالة ثبات نسبي لأنه لم يصل لنقطة الإنهيار والذي يمثله الرقم 1 فأقل قيمة لمعامل الأمان 2.07، وما تجدر الإشارة إليه في هذه الدراسة أن الإنهيار يعتمد على التشبع الداخلي للكتلة المفصولة ومقدار ما يصل من تلك المياه لمستوى الإنهيار، و لا يشترط أن يكون الهطول المطري بكميات كبيرة ليحدث الإنهيار فقد يكون الهطول المطري بكميات قليلة ولساعات طويلة أكثر تأثيراً ويتيح حدوث تشبع داخلي مع الزمن وبالتالي يقل التماسك الداخلي وزوايا الإحتكاك وتزداد القوة الدافعة وتتناقص القوة المقاومة وتوصي الدراسة بضرورة إزالة الجزء المفصول من الكتلة الآيلة للإنهيار أو التخفيف من الكتلة المفصولة، ويجب دراسة استقرار الكتل الصخرية الصغيرة من المنحدر والتي تمثل خطراً على الطريق ومستخدميه، وتؤكد الدراسة على ضرورة وضع لوحات تنبيهية تحمل اسم (صخور آيلة للإنهيار- ممنوع الوقوف).

4. قائمة المراجع

- [1]- Wang, X., Xiao, Y., Shi, W., Ren, J., Liang, F., Lu, J., ... & Yu, X. 2022. Forensic analysis and numerical simulation of a catastrophic landslide of dissolved and fractured rock slope subject to underground mining. *Landslides*, 19(5), 1045-1067..
- [2]- Deline, P., Gruber, S., Delaloye, R., Fischer, L., Geertsema, M., Giardino, M., Schoeneich, P. 2015. Ice loss and slope stability in high-mountain regions. In *Snow and ice-related hazards, risks, and disasters* (pp. 521-561). Academic Press
- [3]- Miscevic, P. Cvitanovic, N. S., & Vlastelica, G. 2020. Degradation processes in civil engineering slopes in soft rocks. In *Soft Rock Mechanics and Engineering* (pp. 335-371). Springer, Cham.
- [4]- Hencher, S. R. 2010. Preferential flow paths through soil and rock and their association with landslides. *Hydrological processes*, 24(12), 1610-1630..
- [5]- Christiansen, M. B, Davidson-Arnott, R. 2004. Rates of landward sand transport over the fore dune at Skallingen, Denmark and the role of dune ramps. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 104(1), 31-43.
- [6]- Guan, Z., Wang, L., & Bae, J. 2022. Advances in 4D printing of liquid crystalline elastomers: materials, techniques, and applications. *Materials Horizons*
- [7]- Alfandi, E. 2012. Early Mesozoic Stratigraphy Sedimentology and structure of the Gharian area, North Western Libya, Unpublished PhD thesis, Plymouth University, pp.1-344
- [8]- Oun, K., Hlal, O. 2020. Short Notes And Field Guidebook to The Gharian-Taghmah Area, At The First Scientific Conference For The College Of Oil And Gas Engineering, March 18-20-2021, Pp 1-65
- [9]- Alakhdar, A., 2019, Stability study of Abu Shaiba formation parallel to the mountain road Al Hamra in the Qawasim area (NW Libya)., *International Science and Technology Journal.*, **Volume17, PP 1-17.**
- [10]- Wong, L.N.Y. and Li, H.Q. 2013. Numerical study on coalescence of two pre-existing coplanar flaws in rock. *International Journal of Solids and Structures*, 50(22-23), pp. 3685-3706
- [11]- Yokoyama, O. 2020. Evolution of uphill-facing scarps by flexural toppling of slate with high-angle faults. *Geomorphology*, 352, 106977.
- [12]- Wyllie, D. C., Mah, C. 2004. *Rock slope engineering*. CRC Press, pp. 129-132.
- [13]- Pariseau, W. G. 2011. *Design analysis in rock mechanics*. CRC Press, pp. 21-24.
- [14]- Cundall, P., Damjanac, B. 2016. Considerations on slope stability in a jointed rock mass. In *50th*

مخرجات البرنامج مع الأخذ بالاعتبار أن قيم التماسك ناتجة عن محاكاة للصخر المكون للمنحدر في كميات مياه تم افتراضها بناءً على كميات الهطول المطري الحقيقية التي هطلت على منطقة الدراسة.

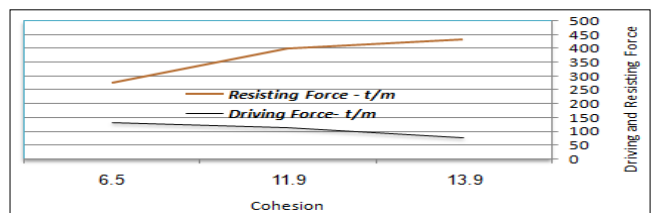


شكل 11: محاكاة للمنحدر والكتلة المفصولة من الكتلة الأم في بعدين. من الجدول (2) نلاحظ مقدار تغير معامل الأمان بتغير التماسك الداخلي فعندما كان التماسك الداخلي 13.9 الناجم عن التغير في كمية المياه بلغ معامل الأمان 4.946 وذلك يعد مؤشراً يصف ثبات المنحدر على اعتبار أن معامل الأمان المعتمد من برنامج RocPlane يساوي 1، وسبب ذلك الثبات أن القوة المقاومة تتفوق بقيمة قدرها 434.96 t/m لتفوق القوة الدافعة التي بلغ مقدارها 112.924 t/m، وبتغير قيمة التماسك الداخلي الى 11.2 تناقصت القوة المقاومة للإنهيار لتسجل قيمة 402.4 t/m وتزامن مع انخفاضها ارتفاع قيمة القوة الدافعة بقيمة مقدارها 114.3 t/m، ومن الشكل 12 نلاحظ حدوث تغير واضح في قيم القوة المقاومة لتسجل أقصى انخفاض لها بقيمة بلغت 278.07 t/m عند قيمة تماسك 6.5 واستمر انخفاض قيمة القوة الدافعة بقيمة 134.3 t/m، وتزامن مع حدوث التغير تحت تأثير التغير في كمية المياه والتماسك الداخلي نقصان في قوة القص Shear Strength لاحظ الجدول 4

جدول 4: مخرجات برنامج RocPlane

50mm	25mm	5mm	water quantity
6.5	11.2	13.9	Cohesion
193.9 t/m	155.22 t/m	170.45 t/m	Normal Force
134.3 t/m	114.3 t/m	87.943 t/m	Driving Force
278.07 t/m	402.4 t/m	434.96 t/m	Resisting Force
2.07	3.52082	4.946	Factor of Safety
278.07 t/m ²	402.4 t/m ²	434.9 t/m ²	Shear Strength
235.2 t/m	191.652 t/m	191.6 t/m	Wedge Weight
87.1 m ³ /m	87.11 m ³ /m	87.1 m ³ /m	Wedge Volume

السبب الرئيسي لحدوث ذلك التغير التأثير الفعال لكمية المياه التي ساهمت في تقليل التماسك الداخلي وتناقص زاوية الاحتكاك، وهذا بدوره يعتبر مؤشر خطر يصف قرب حدوث الإنهيار وفقدان المنحدر لاتزانها، ويمكن ملاحظة الازدياد في قوة الوزن (Normal Force) مع التغير في المحتوى المائي وذلك نتاج طبيعي لزيادة وزن المادة المكونة للمنحدر نتيجة التغير في الكثافة والتي تزداد مع زيادة كتلة المادة.



شكل 12: العلاقة بين التماسك الداخلي والقوة المقاومة والقوة الدافعة

4. الخاتمة

- US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium.*
OnePetro.
- [15]-umari, N., & Mohan, C. 2021. Basics of clay minerals and their characteristic properties. *Clay Clay Miner*, 24, 1-29.
- [16]-TolouKian, A. R., Sadeghi, J., & Zakeri, J. A. .2018.Large-scale direct shear tests on sand-contaminated ballast. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering*, 171(5), 451-461.
- [17]-User's Guide for Rocplane software. Rocscience Inc,2001.
<https://www.rocscience.com/downloads/rocplane/RocPlaneReference.pdf> pp. 1-70
- [18]-The Libyan Center for Remote Sensing and Space Sciences - Operations Department, Gharyan Seismology Office.