Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences
Vol. 6, No. 5, December 2021, Special Issue for Forth Conference on Engineering Science and Technology (CEST-2021)
مجلة الجامعة الأسمرية: العلوم الأساسية والتطبيقية
المجلد 6 ،العدد 5، ديسمبر 2021، عدد خاص بالمؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية (CEST-2021)

دراسة ثبات المنحدرات الموازية لطريق الميشار بمنطقة بئر الغنم شمالي غرب ليبيا

أبوالقاسم عبد الفتاح الأخضر

قسم الهندسة الجيولوجية، كلية هندسة النفط والغاز، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

الملخص

تسهم عمليات قطع المنحدرات لمد الطرق وتوسعتها في حدوث انهيارات للصخور المكونة للمنحدرات، مؤثرةً بذلك على مستخدمي الطرق؛ وعلى ما ذكر تمت دراسة المنحدرات المقطوعة الموازية لطريق الميشار في منطقة بئر الغنم، متقصياً واقعها ومبرزاً العوامل التي أثرت في مكوناتها، فكان الهدف الرئيس تقييم ثبات المنحدرات المقطوعة وتتبع العوامل المؤثرة لحدوث الانهيار ومحاكاة نوع الانهيارات محتملة الحدوث، ولتحقيق الأهداف تم الاستعانة بالدراسة الميدانية ودراسة الخصائص الميكانيكية لأسطح للفواصل والشقوق في والحقل وللعينات الصخرية في المعمل واستخدم أيضاً برنامج (RocPlane v.2.0) لتحليل استقرار مستوى الانزلاق للمنحدرات الصخرية الآيلة للانهيار؛ وأهم النتائج الحقلية تمثلت في وجود مواضع ضعف ستُسببُ في حال إهمالها كوارث تلحق بالطريق ومستخدميه، وتبين أيضاً وجود انقطاعات صخرية بالمنحدرات كان سببها حدوث عمليات إذابة لصخور الجبس في مناطق وجود أنظمة الفواصل الرأسيةS1,S3، وبلغت قيم نظام الفواصل 230 cm بتصنيف متباعدة للغاية، وارتفاع قيمة المتانـــة للكتل الصخرية(RQD) بنسبة % 78.5 بتصنيف جيد، وتبين أن معامل الأمان يتناقص بعلاقة عكسية مع التشبع المائي فكلما زاد التشبع تناقص معامل الأمان وبخاصة في كمية مياه 25 ملم، وأهم توصيات الدراسة بضرورة إزالة الكتل الصخرية والحطام الصخري الذي يملأ الانقطاعات الناتجة عن إذابة صخور الجبس.

*البريد الإلكتروني للباحث: a.alakhdar@zu.edu.ly

الكلمات الدالة:
ثبـات المنحدرات.
طريـق الميشـار.
الانقطاعات الصخرية.
الانهيارات الأرضيـة.
صخـور الجبـس.

1. المقدمة

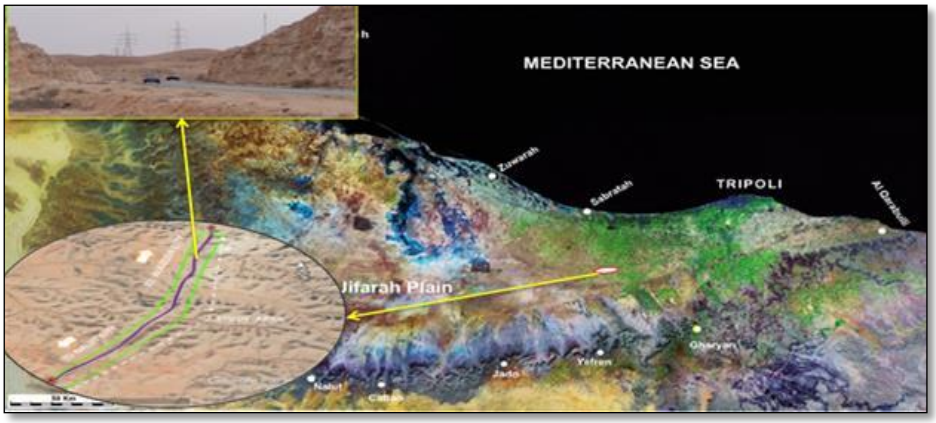
تعد حركة الكتل الصخرية على اختلاف أحجامها مصدر خطر لمستخدمي الطرق ولذلك تعتبر دراسة وتقييم ***(ثبات المنحدرات)*** وتخفيف مخاطر موادها المنهارة من أهم التحديات التي تواجه مهندسي الطرق والجيوتقنيين خوفاً من أن تلحق تلك الانهيارات ضرراً بالطريق ومستخدميه، ويشير مصطلح المنحدر في هذه الدراسة لأي صخور تميل عن المستوي الأفقي بمقدار 25، وتوجد عديد الأسباب تؤدي لإضعاف المنحدرات منها تعود لسوء تنفيذ مشاريع قطع المنحدرات وأخرى تعود لعدم اختيار زاوية القطع الأنسب للمنحدر slope [1]، ومنها عدم إجراء دراسات وافية عن طبيعة الصخور واتجاه حركة المياه عبر

ISSN: 2706-9524 (Print) ISSN: 2706-9532 (Online)

مجاري تصريف المياه ، ومن الأسباب عدم متابعة المنحدرات بعد عملية القطع فغالباً ما تتعرض المنحدرات بشكل يومي للانهيارولكن قد لا يتم الاهتمام بتلك الظاهرة ما لم تؤثر على الطريق ومستخدميه [2]، وتعد الطرق الجبلية بالجبل الغربي ومنطقة الدراسة طرقاً رئيسية لحركة المركبات الآلية ومن تلك الطرق الحيوية الطريق الرابط بين مدينتي نالوت والعزيزية؛ فخلال السنوات الأخيرة حدثت تغيرات شملت توسعة بعض أجزاءها فالطريق لاتكاد تخلو من حركة المركبات الآلية طيلة 24 ساعة، وبدأ العمل على توسعة الطريق سنة 2012م مما نتج عنه قطع المنحدرات في منطقة بئر الغنم في الموقع المعروف لدى السكان المحليين (طريق الميشار) وقد لوحظ أثناء الزيارات حدوث انهيارات على المنحدرات الجاري قطعها في مناطق (الانقطاعات الصخرية)، ويشير مصطلح الانقطاعات الصخرية في هذه الدراسة الى مواضع التي تعرضت لإذابة صخورها وامتلأت بمواد صخرية وحطام تختلف عن الصخور الأصلية المكونة للمنحدرات، بل لوحظ أيضاً وجود انهيار للطريق الذي تم إنشاءها سنة 2013م، ومن العوامل التي تقلل من قوة القص لكتلة الصخور الخصائص والعوامل الطبيعة لتلك الصخور ومنها المسامية وزيادة الحمل المسلط نتيجة التشبع الداخلي بالمياه وتأثير عوامل التعرية وعمليات التجوية [3]، وتتركز مشكلة الدراسة في الانهيارات المرصودة والمحتملة ومواضع الضعف للمنحدرات الموازية لطريق الميشار ، إذ نتج عن توسعة مسار الطريق قطع منحدرات شكل(1) وتكشفت بعد عملية القطع مناطق ضعف على المنحدرات وأسفل الطريق المستحدث؛ وإن الاستمرار في إنشاء المشروع وعدم فهم العلاقة بين المنحدرات ومكوناتها وهندسة تلك المنحدرات وعدم وضع حلول لمواضع الضعف وبخاصة سيؤدي إلى حدوث انهيارات ستلحق ضرراً بالطريق ومستخدميه.

إن الهدف الرئيس هو تقييم استقرارية المنحدرات تقييماً حقلياً ومعملياً، ووصف ودراسة العوامل التي تساهم في إضعاف قوة تماسك المنحدرات ومكوناتها، ومن الأهداف أيضًا دراسة نظام الفواصل وتوضيح ملامح ومدى تأثيرها في صخور تلك المنحدرات، وأخيرا وضع حلول لتفادي مشاكل مستقبلية قد تحدث لمواضع الضعف وتكمن أهميتها: كونها تسلط الضوء على ظاهرة (الانهيارات الأرضية) على المنحدرات الموازية والمتاخمة لمحاور الطريق الحيوية وما سينجم عن تلك الانهيارات من أضرار تلحق بالطريق ومستخدميه ويشير مصطلح الانهيارات الأرضية في هذه الدراسة لحركة السقوط، والانزلاق والهبوط والانسياب للحطام والصخور والتربة؛ وتتعامل الدراسة الحالية تحديداً مع المنحدرات الموازية لطريق الميشار والتي تقع جنوب غرب قرية بئر الغنم شكل(2)، وتبعد منطقة الدراسة عن العاصمة طرابلس 100 كم تقريباً، ويرجع تاريخ إنشائها لسنة 1975م وتمت صيانتها مرتين الأولى سنة 1982م [4] والثانية سنة 2010م [4].

شكل 1 جزء من المنحدرات المقطوعة لغرض توسعة مسار الطريق القديم



شكل 2 موقع منطقة الدراسة-L-BA-M-21

وجيولوجياً منطقة الدراسة جزء لا يتجزأ من التتابع الطبقي العام المتكشف ضمن مرتفع نفوسة وتتنوع الصخور بتنوع بيئات الترسيب حيث مرت بعدة دورات من تقدم للبحر وتراجعه لترسب جميع أنواع الصخور الرسوبية من صخور قارية إلى بحرية ضحله وعميقة وصخور ترسبت في بيئة انتقالية ما بين القارية والبحرية [5]، وبدأ العمر الجيولوجي للتتابع الطبقي مع بداية حقب الحياة الأوسط (الترياسي السفلي) بتكوين كرش واستمر إلى بداية حقب الحياة الحديث (الثلاثي) بتكوين زمام، وأهم الصخور المتكشفة بمنطقة الدراسة **(صخور الجبس)** والتي ترجع لتكوين بئر الغنم بعمر الجوراسي المتأخر [6].

2. المواد والطرق

أنجز البحث في ثلاث مراحل تمثلت الأولى في الدراسة الميدانية واهتمت المرحلة الثانية بالدراسة المعملية وأما المرحلة الثالثة اقتصرت على دراسة ثبات مواضع الضعف باستخدام برنامج (RocPlane v. 2.0).

1.2 الدراسة الميدانية

ساهمت الدراسة الميدانية في تجميع بيانات ومعلومات عن هندسة المنحدرات ورصد حالات الانهيار والتنبؤ بما يحتمل وقوعه مستقبلاً بناءً على المعطيات والشواهد الحقلية، وبلغت مساحة المنطقة المدروسة 1.41 كم^2 ويمتد القطع الصخري في منطقة الدراسة 1800 متر تقريباً، ويبلغ عرض الطريق 12 متراً بحارة واحدة باتجاهين للطرق القديم، ويفتقر الطريق في بعض أجزائه لوجود أرصفة أو حواجز تفصل الطريق عن المنحدرات المقطوعة؛ ولتسهيل الدراسة وجمع المعلومات وبناءً على الزيارات الميدانية وشواهد الصخور المنهارة و الآيلة للانهيار قسمت منطقة الدراسة إلى مواقع: وتم إعطاء رمز عام لمنطقة الدراسة ليكون (L-BA-M-21) حيث يختصر الحرف (L) مصطلح LOCATION والحرفين (BA) مصطلح بئر الغنم BER ALGNAM والحرف (M) مصطلح طريق المنشار MENSHAR والرقم 21 لسنة إجراء الدراسة 2021م، ونتيجة لكثرة الشقوق والفواصل التي تنتشر في صخور منطقة الدراسة والتي يمكن قياسها من خلال دراسة الخصائص الهندسية للفواصل وأهم تلك الخصائص الميكانيكية تمثلت في:

- خاصية نظام الفواصل Joint System يوصف نظام الشـــــقوق بعد قيــاس المسافة بين الشـــــقوق المنظمة على طول خط القياس وتساوي المسافة بين الفواصل/ عدد العينات بينهم [7]، أي المسافة بين الفواصل في كل نظام (set) (S1,S2,S3,..Sn)، ومن الجدول رقم (1) يتم وصف القراءات.

جدول 1. تصنيف الانفصال بناءً على قياسه [8].

القياس بالسنتيمتر	الوصف	Symbols
200›	متباعدة للغاية	F1
60 – 200	متباعدة	F2
20 – 60	معتدل	F3
6 – 20	مغلق قليلاً	F4
2 – 6	مغلق	F5
<2	مغلق جداً	F6

- خاصية متانة الصخر: Rock Quality Designation هو مؤشر يستخدم عادة لوصف الكتلة الصخرية وتحديد قوتها ومتانتها في الحقل من خلال دراسة أنظمة الفواصل والشقوق العشوائية ومقارنة النتائج المتحصل عليها من الجدول رقم (2) واستخدمت المعادلة (q1) لقياسها في المتر المكعب [9] ومن الجدول رقم (2) يتم وصف النتائج المتحصل عليها.

$$RQD = 115 - 3.3\ jv \ldots\ldots [q1]$$

حيث Jv (Joints Volumetric) = No. of Joints in 1m^3

وتعد (JV) مؤشراً للكيفية التي من المحتمل أنْ تتصرَّف بها صخور المنحدر، وذلك لأنَّ حجم الكتلة وقوة القص والخصائص الداخلية تسهم في تحديد الأداء الميكانيكي للصخور [10] وتحسب بالمعادلة رقم (q2)

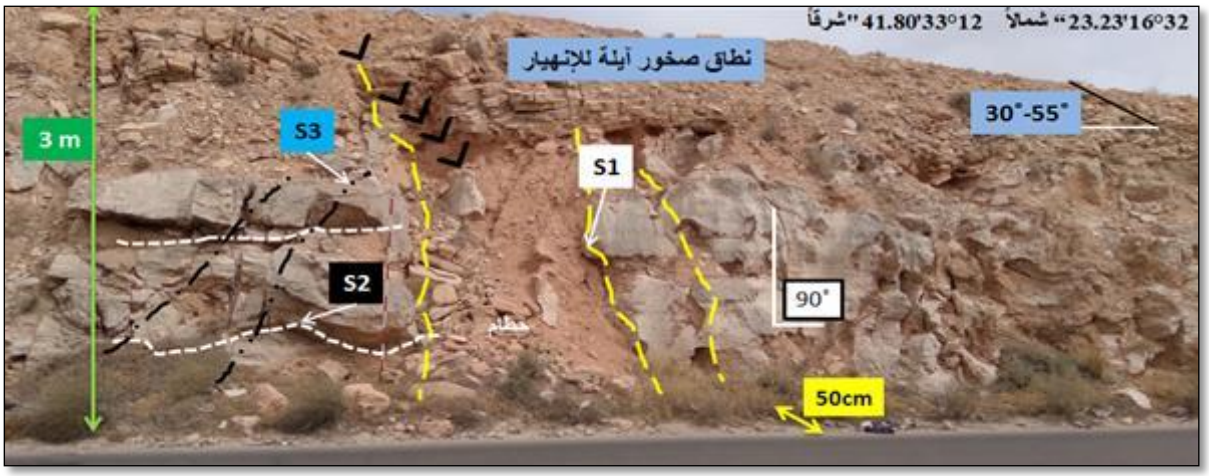
$$Jv = 1/S1 + 1/S2 + 1/S3 + 1/Sn + \ldots [\ q2\ ]$$

جدول 2. وصف جودة أو متانة الكتلة الصخرية [10]

نسبة المتانة %	الوصف
90 – 100	ممتازة
75 – 90	جيدة
50 – 75	ضعيفة
25 – 50	سيئة
<25	سيئة للغاية

1.1.2 الدراسة الميدانية للموقع L-BA-M-21-a

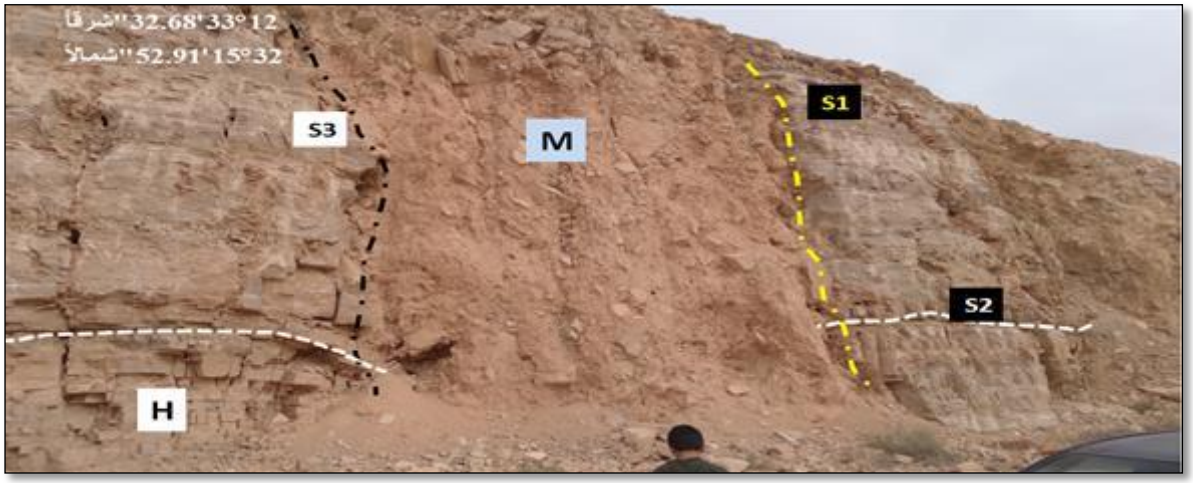
تمثل الإحداثيات (32°16'31.76" N - 12°33'45.85" E) بداية الموقع وأما نهاية الموقع تمثله الإحداثيات (32°16'15.33" N -12°33'37.87" E)، وعلى جانبي الطريق تمتد المنحدرات الموازية للطريق والتي قطعت لمد الطريق القديم، وتظهر المنحدرات غير منتظمة القطع، وتراوحت زاوية ميل المنحدر بين (30˚-90˚) ويلاحظ أن المنحدرات المقطوعة تكاد تكون ملامسة للطريق وتبعد حوالي 50 سم عن الطريق، وتفتقر لوجود خندق أو كتف يستقبل المواد المنهارة مما يعني وصولها للطريق شكل (3) ويلاحظ وجود مخاريط من الحطام في المواضع التي تأثرت بالتعرية المائية عند قاعدة المنحدر فتغير معها زاوية ميل المنحدر من 90˚ إلى 45˚ لتكون تلك المجاري مصدرا للحطام الصخري فتنهار من أعلى باتجاه الطريق، وتميزت المنحدرات أيضاً بتركز الحطام الصخري والصخور المتسمة بكثرة الشقوق أعلى المنحدرات، وتراوحت زاوية ميل تلك المنحدرات بين (30˚-55˚)، و تكون صخوره عرضة لعمليات تفتت بفعل التأثير الحراري والترطيب والتجفيف المستمر فتقل معها قوة التماسك وما تلبث أن تنفصل ثم تنهار بمجرد تأثير محفز الانهيار؛ بينما صخور الجبس التي تمثل قاعدة المنحدرات المقطوعة تميزت بزاوية قطع 90˚ وتبين أيضاً وجود ثلاث أنظمة(set) للفواصل (S1-S2-S3) ساهمت هذه الفواصل في إضعاف صخور المنحدر وانفصالها، وعن أهم الحركات المحتملة للانهيار تتمثل في السقوط والدحرجة للحطام والكتل الصخرية صغيرة الحجم وخاصة في مناطق التعرية المائية.



شكل 3 منحدر مقطوع موازي للطريق بالموقع L-BA-M-21-a

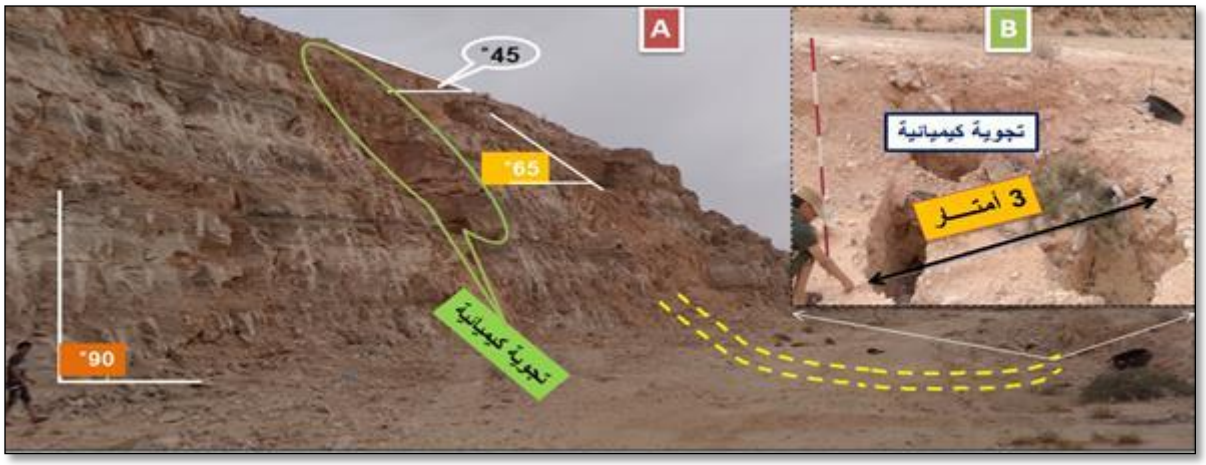
2.1.2 الدراسة الميدانية للموقع L-BA-M-21-b

تمثل الإحداثيات (55.09'15°32N" - "33.46'33°12 E) بداية الموقع وأما نهاية الموقع تمثله الإحداثيات (50.47'15°32 N"- "30.81'33°12 E)، ويمثل الموقع الموضح بشكل (4) أحد أهم المواضع التي سجلت فيها الدراسة الميدانية مواضع ضعف برزت بعد عملية القطع وتظهر فيها مناطق انقطاع ناتجة عن إذابة صخور الجبس بفعل المياه، وهذه المواضع المقطوعة نتجت عن وجود فواصل عمودية (s1)، (s3) والتي كانت السبب الأبرز في توغل المياه عبر تلك المستويات، ومن الملاحظ أيضاً أن تلك الانقطاعات امتلأت برواسب حديثة من الحطام الصخري و التربة وصخور الدولومايت لاحظ الموضع M بالشكل (4) وتتعمق تلك الانقطاعات داخل المنحدر لتصل إلى 3 أمتار وتشير تلك الانقطاعات لعمليات تجوية شديدة جداً لتكون تلك المواضع غير مستقرة ومصدر قلق حقيقي.



شكل 4 مواضع الضعف بالموقع L-BA-M-21-b

وبتتبع الصخور التي سيرتكز عليها الطريق شكل (5) الموضع (B) يلاحظ أنه أينما وجد انقطاع وجدت مناطق ضعف تتمثل في (هبوط أرضي) بقطر يصل لثلاثة أمتار في بعض المواضع، والسبب الأبرز في ظهورها الهطول المطري وصنفت من الباحث على أنها بالوعة (sinkhole) الناتجة عن إذابة الصخور الجبسية إن وجود هذه الظاهرة يمثل خطرا حقيقياً إن لم تتخذ تدابير علاجية للحد من المخاطر المستقبلية المحتملة لها، ويلاحظ أيضاً أن نظام الفواصل لم يختلف عن الموقع السابق إذ تبين وجود ثلاث أنظمة (S1-S2-S3) يتقاطع النظامين (S1-S3) مع النظام (S2) بزاوية 90 ويشير تباعد الفواصل أن الصخور المنحدرات أكثر ثباتاً من المناطق التي حدثت بها انقطاعات.



شكل 5 منحدر مقطوع موازي للطريق بالموقع L-BA-M-21-b

3.1.2 الدراسة الميدانية للموقع L-BA-21-c

تمثل الإحداثيات (30.54'15°32N" ، 23.77'33°12E")، بداية الموقع وأما نهاية الموقع تمثله الإحداثيات (22.86'15°32N" ، 21.69'33°12E")، وما أثار الانتباه حقلياً حدوث انهيارات في مواضع الانقطاعات الموازية للطريق، فبمجرد النظر للشكل (6) نلاحظ حدوث انهيار للمواد التي تملا أحد تلك الانقطاعات وما يلفت النظر أيضاً أن تلك المواد انهارت لتستقر على الطريق المستحدث والذي لم يستخدم بعد، وتراوحت أحجام بعض الكتل الصخرية من 20 سم^3 إلى 60 سم^3، بالإضافة لوجود الحطام بأحجام مختلفة؛ وكما أسلف ذكرا في الموقع السابق أن تلك الانقطاعات ناتجة عن عملية إذابة للصخور وتستمر تلك الانقطاعات كمجاري مائية تحت السطح، وهذا ما تم إثباته حقليا، ومما يزيد من خطورة الموقع أنه لم يتم إنشاء خندق يستقبل الكتل المنهارة ويكون كمجرى تصريف للمياه يمنع تسلل المياه وتسربها بمحاذاة وأسفل منشأ الطريق.

شكل 6 منحدر مقطوع موازي للطريق بالموقع L-BA-M-21-c

4.1.2 الدراسة الميدانية للموقع L-BA-21-d

تمثل الإحداثيات "38.62'14°32N ، "35.45'32°12E بداية الموقع وأما نهاية الموقع تمثله الإحداثيات "29.82'14°32N ، "28.29'32°12E ولوحظ حقلياً تأثير تساقط الأمطار والتي ساهمت في دفع الرواسب المنقولة من أعلى المنحدر باتجاه الطريق فاستقرت على الطريق مكونة مروحة ركامية صغيرة شكل (7) وأهم رواسبها التربة والحطام الصخري، ويعد التساقط المطري السبب الأبرز في حدوث انهيار للمنحدر ويبدو أن الشركة المصممة والمنفذة لم تأخذ في عين الاعتبار اتجاه حركة المياه لاحظ شكل (7) الموضع(B)؛ أما الموضع (A) فيعتبر أكثر ثباتاً لبعد مجاري التصريف عن اتجاه ميل المنحدر المقطوع فالمنحدر الطبيعي يميل بزاوية تتراوح بين (25-45°) في اتجاه شمال شرق فتكون حركة المياه بعيداً عن المنحدر المقطوع والذي تصل زاوية قطعه (75°) في اتجاه شمال 75° غرب.

شكل 7 مرئية فضائية وصورة فوتوغرافية للموقع L-BA-21-d

2.2 تقييم ثبات مواضع الضعف

بمعرفة العامل الأبرز في حدوث الانهيارات اهتمت هذه المرحلة بجانبين على النحو التالي:

1.2.2 أولا دراســـــة معملية

أُعتمدت بعض المواقع كعينات عشوائية لكونها عينات مقلقة أنظر شكل (6) الموضع (f)، وأجريت عليها اختبارات بمعمل الصخور بكلية الهندسة جادو- جامعة نالوت، ولمعرفة العلاقة بين قوة القص لمستوى الانهيار والضغط العادي الرأسي [11]، وحساب نسبة التشبع المائي للمحتوى المائي الطبيعي وعند إضافة كمية مياه 10mm، 20mm، 25mm، ومنها تم تحديد قيم زوايا الاحتكاك Friction Angle (φ) وقيم التماسك Cohesion (C) بواسطة جهاز(DST) Direct shear test، وأدرجت النتائج بالجدول (3).

2.2.2 ثانياً استخدام برنامج RocPlane2.0

RocPlane software : هو عبارة عن أداة برمجية تفاعلية سهلة الاستخدام يستخدم لتحليل وتقييم ثبات المنحدرات من خلال دراسة إمكانية انهيارها، وتصورها في نظامي ثنائي وثلاثي الأبعاد شكل (6) كما يسمح للمستخدمين بتقدير سعة الدعم المطلوبة لتحقيق عامل أمان محدد[11]، ويوفر البرنامج تحليلات

حتمية أو محتملة للانهيار، ويعتمد البرنامج أيضاً على نماذج رياضية وتحسب من خلالها مقاومته القص على سطح الانـــــزلاق، وأعتمد في هذه الدراسة على نموذج قوة موهر كولوم وفي هذا النموذج يتم تمثيل العلاقة بين قوة القص لمستوى الانهيار والضغط العادي الرأسي.

$$\tau = c + \sigma N \tan \varphi + \cdots [\, q3 \,]$$

واعتمدت هذه المرحلة أيضاً على بيانات هندسة المنحدر وعلى البيانات المعملية وعلى بيانات القوى الخارجية وأهمها القوة الزلزالية التي تتمثل في المعامل الزلزاليوقيمته (0.04) [12].

جدول 3. البيانات المتحصّل عليها من الدراسة الحقلية والمعملية بالموقع L-BA-M-21.

كمية المياه	//	10 ملم	20 ملم	25ملم
المحتوى المائي	%1.83	% 5.8	%7.5	8.3
نوع الصخر				حطام صخري
		المدخـــــــــلات		
زاوية ميل المنحدر الصناعي	80 °	80 °	80 °	80 °
ارتفاع المنحدر الصناعي	12 متر	12 متر	12 متر	12 متر
كثافة المادة	$1.18t/m^3$	$1.25t/m^3$	$1.27t/m^3$	1.37
زاوية الانهيار	70 °	70 °	70 °	70 °
زاوية ميل المنحدر الطبيعي	25.5 °	25.5 °	25.5 °	25.5 °
عرض المنحدر الطبيعي	7 متر	30 متر	30 متر	30 متر
زاوية انهيار الفواصل	85 °	85 °	85 °	85 °
المعامل الزلزالي	0.04	0.04	0.04	0.04
زاوية توتر الشقوق والفواصل	90 °	90 °	90 °	90 °
Ø زاوية الاحتكاك للمادة	°37.8	°12.4	°7.6	7.2
C وقيمة التماسك للمادة	$t/m^2 16.2$	$t/m^2 5.1$	$t/m^2 3.3$	$2.9\ t/m^2$
كثافة المادة	$1.18t/m^3$	$1.25t/m^3$	$1.27t/m^3$	1.37

3 مناقشة النتائج

1.3 نتائج الدراسة الميدانية

إن المنحدرات المقطوعة من الشركة المنفذة تكاد تكون ملامسة للطريق و تفتقر لوجود خندق أو كتف يستقبل المواد المنهارة من المنحدر مما يعني وصول الحطام والصخور والتربة المنهارة لسطح الطريق وسينجم عن ذلك تأثر سلبي على مستخدمي الطريق؛ إذ لا توجد مساحة كافية تتيح لسائق المركبة الآلية الانحراف لتجنب أي صخور منهارة والحركة المحتملة للصخور المنهارة هي السقوط وسلوكها الحركي القفز وأوجدت عمليات الإذابة لصخور المنحدرات مواضع ضعف حقيقية ستنهار صخورها بمجرد وجود محفز للحركة لتصل تلك الصخور المنهارة للطريق، وهذا ما تم رصده وتأكيد حدوثه أثناء الدراسة الميدانية، وبوجود ظاهرة البالوعات في الصخور الجبسية أسفل الطريق المستحدث سيسهم في زيادة انهيار الطريق في حال لم يتم الأخذ بالتدابير اللازمة في معالجة تلك الظاهرة قبل استكمال مشروع مد

الطريق، ويعد التساقط المطري هو العامل الأبرز في التعرية ومحفزاً للانهيار فقد سجلت الدراسة الميدانية وجود انهيارات لبعض المواضع في الطريق المستحدثة والتي تم رصفها شكل (8).

شكل 8 انهيار الطريق بالموقع L-BA-21-d

2.3 نتائج دراسة الخصائص الميكانيكية

يتضح من نتائج التحليل الرياضي جدول (5) أن متوسط قيم نظام الفواصل (Js) متباعدة وهذا ما يفسر اتساع الانقطاعات الصخرية على المنحدرات والتي أصبحت فيما بعد مناطق ضعف بلغت في بعض الأحيان أكثر من 4 متر فكلما تباعدت الفواصل خاصة الرأسية (S1,S3) زادت معه مساحة المنطقة المنهارة ، ولكن في حال عدم وجود إذابة تدل على أن المكشف أكثر ثباتاً وتزداد معه قيم (RQD) حيث بلغت قيمتها (78.5%) بتصنيف جيد فالمكشف في حالة ثبات ما لم يتأثر بمحفزات الحركة، باستثناء المواضع التي توجد بها انقطاعات بصخور المنحدر وتبقي المواضع التي تتقاطع فيها الأنظمة الثلاث بحيث تكون أكثر المواضع ضعفاً وتتيح تلك التقاطعات انفصال الصخور من المكشف على شكل كتل (جلاميد).

جدول 4. نتائج دراسة الخواص الهندسية للمنحدرات

الخواص الميكانيكية	القيمة	الوصف
JSمتوسط المسافة بين الفواصل	230 cm	متباعدة للغاية
R Q Dمتوسط متانة الكتل الصخرية	78.5 %	جيد

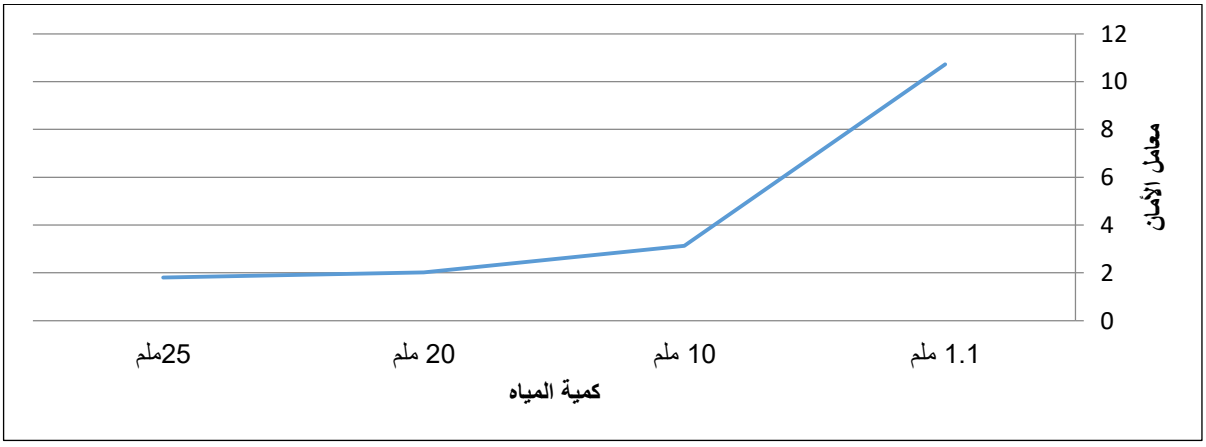
3.3 نتائج الدراسة المعملية واستخدام (RocPlane software)

سجل معامل الأمان قيمة مقدارها (10.7) وهو مؤشر جيد يصف ثبات المنحدر باعتبار أنَّ قيمة معامل الأمان (1)، وسبب ذلك أنَّ القوة المقاومة بلغت (126.375 t/m) متفوقة على القوة الدافعة التي بلغت قيمتها (11.7912 t/m)، وقوة الوزن والتي بلغت (3.76517 t/m)، فالعينة تكاد تخلو من الماء إذ تم حسابها معمليا فوجد أنها بلغت (1.83%) من وزن العينة.

جدول 5. المخرجات المتحصل عليها من RocPlane software

كمية المياه	//	10 ملم	20 ملم	25ملم
المحتوى المائي.	%1.83	% 5.8	%7.5	8.3
Wedge Volume	10.48 m^3/m	10.48m^3/m	10.48 ^3/m	10.48 m^3/m
Wedge Weight	12.3678 t/m	13.10 t/m	13.31 t/m	13.10t/m
Normal Force	3.76517 t/m	3.988t/m	4.052 t/m	3.988 t/m
Driving Force	11.79 t/m	12.49 t/m	2.69 t/m	12.49 t/m
Resisting Force	126.37 t/m	39.742 t/m	25.6 t/m	22.60 t/m
Factor of Safety	10.7178	3.1321	2.02426	1.80966

بدأ التغير في المحتوى المائي الى 5.8% مع إضافة كمية مياه 10 mm بشكل ملحوظ، وبدأ التغير النسبي للمحتوى المائي الى 7.5% بإضافة كمية مياه 20 mm ليصل المحتوى المائي 8.3% مع إضافة كمية مياه 25 mm، وصاحب هذا التغير انخفاض قيم زاويا الاحتكاك والتماسك الداخلي، وبمجرَّد إدخال البيانات للبرنامج أصبحت قيم عامل السلامة تقل مع الزيادة في كمية المياه والنقصان في قيمـــة التماسك وقيمة زاوية الاحتكاك، وتبعاً لذلك قلَّت قوة المقاومة من(126.375 t/m) في المحتوى المائي الطبيعي بشكل واضح ومفاجي الى (39.7422 t/m) في المحتوى المائي(5.8%)،لاحظْ جدول (5) وسبب حدوث تشبع عند إضافة كيمة مياه 10mm أن العينة كانت شبه جافة وتحوى المحتوى المائي الطبيعي ومع كل زيادة في كمية المياه نلاحظ حدوث نقصان في قيم القوة الدافعة وقوة الوزن وانخفاض قيم التماسك الداخلي وزاوية الاحتكاك، وعليه فإن معامل الأمان شكل (9) يتضاءل بعلاقة عكسية مع المحتوى المائي فكلما زادت كمية المياه زاد التشبع، وبالتالي يقل ثبات المنحدر ويصحبه نقصان في قيمة التماسك الداخلي وقيم زوايا الاحتكاك حتى يصل لنقطة الانهيار.



شكل 9 العلاقة بين معامل الأمان والتغير في كمية المياه

4. الخلاصة والتوصيات

تعد منحدرات منطقة الدراسة من المنحدرات التي تكثر بها مواضع الضعف والتي تشكل في حال انهيار صخورها خطرا على الطريق ومستخدميه وليس ذلك ببعيد فالدراسة الميدانية رصدت انهيارات في بعض المواضع على المنحدرات الموازية للطريق المستحدث والمقطوعة حديثاً، وحالات انهيار أخرى على المنحدرات الموازية للطريق القديم، ومن الأهمية بمكان التنويه إلى أن وجود البالوعات أسفل الطريق يعد خطراً حقيقياً في حال الاستمرار في أعمال المشروع دون النظر لتلك المواضع بعين الجدية ووضع الحلول المناسبة؛ وتوصي الدراسة بضرورة إزالة الكتل الصخرية والحطام الموجودة بمواقع الانقطاعات فهي آيلة للانهيار ومن التوصيات أيضاً التأكيد على طمر أو حقن الهبوطات والبالوعات أسفل الطريق المستحدث بطريقة علمية قبل الشروع في تكملة المشروع أو استخدام الأساسات العميقة لدعم مواضع الضعف أسفل الطريق ويجب العمل على تغيير اتجاه مجاري تصريف المياه المنحدرة باتجاه الطريق ودعم وصيانة مجاري التصريف الصناعية أسفل الطريق المستحدث، ولمعرفة متى يحدث التشبع نؤكد على ضرورة زرع حساسات من شأنها قياس معدلات التشبع واحتمالية الانهيار.

المراجع

1. أ. الأخضر، م. بريبش، دراسة تأثير التعرية المائية على الجلاميد الصخرية المتوضعة على المنحدرات المتاخمة للطريق الجبلي أبوغيلان بمنطقة القواسم. ضمن فعاليات المؤتمر الجغرافي الخامس عشر، سرت، 22 ديسمبر 2020، جامعة سرت، ص (1-35) file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/artes-jf15%20(1).pdf

4. مقابلة مع المواطن عبدالله العتيري أحد سكان منطقة بئر الغنم من ذوي الخبرة 2021/5.

7. أ. الأخضر *وآخرون*، تقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لأسطح الشقوق والفواصل لمكاشف تكوين سيدي الصيد (السينوماني_ الكريتاسي العلوي) واستقرارها على منحدرات الطريق الجبلي جادو (شمالي غربي ليبيا)، ضمن فعاليات المؤتمر الدولي الثاني لعلوم الأرض عن ليبيا في الفترة مُنْ.14-16 أكتوبر – 2017 جامعة بنغازي، ليبيا.

12 المركز الليبي للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء، مكتب الرصد الزلزالي غريان، قسم العمليات،2018

2. A.M. Maerz, N. H. Maerz. Slope stability hazard assessment and mitigation methodology along eastern desert Aswan-Cairo highway, Egypt. Earth Sciences. 2009 [Online] Available from: ttp://www.kau.edu.sa/Files/320/Researches/53981_24498.pdf 20(2).PP: 161-181

3. V. N. Murthy, Geotechnical engineering: principles and practices of soil mechanics and foundation engineering. CRC Press, 2002, pp. 365-367.

5. El-Bakai, et al,. Petrography and Palaeoenvironment Of The Sidi As Sid Formation In Northwest Libya. 1997, Petroleum Research Journal, 9, pp. 9-26,

6. K.Oun, O. Hlal, 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

8. D. Dafalla, A. Malik, Evaluation of Structural Geology of Jabal Omar. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, www.ijerd.com Volume 11, Issue 01 (January 2015), PP.67-72.

9. C. Lucian, E. Wangwe, The Usefulness of Rock Quality Designation (RQD) in Determining Strength of the Rock., 2013 Int. Ref. J. Eng. Sci, 2, pp. 183 - 2319

10. F. Bell, Engineering Geology, Roger Greeno and Fred Hall,2007, Published by Elsevier, Fourth edition, UK, Published by Elsevier Limited, pp.1-557

11. User's Guide for Rocplane software. Rocscience Inc,2001, https://www.rocscience.com/downloads/rocplane/RocPlaneReference. pdf pp. 1-70.

Stability study of slopes parallel to the Al-Meshar Road at Bir Al-Ghanam Area (NW Libya)

Abo alkasem Alakhdar

Department of Geological Engineering - Faculty of Oil & Gas Engineering, University Of Zawia Libya

a.alakhdar@zu.edu.ly

ABSTRACT

Slopes cuts to extend and widen roads contribute to the Slope Failure, These Slope Failure will effect road users; As mentioned above, the cut slopes parallel to the Al-Meshar road were studied at the Bir Al-Ghanam area, investigating their reality and explaining the factors that effected it. The main objective was to Evaluation the Slope stability of the Slopes cuts, To achieve the objectives, the field study was used and study Mechanical Properties For Discontinuity Surfaces (joints and Fracture) at the field and for Intact Rock at the laboratory, the program (Rocplane v.2.0) was Also Used to Analyze the Stability of The Sliding Level of the Slopes Expected To Failure, The most important field results were the presence of weak areas that, if neglected, would cause disasters to the road and its users. It was also found that there were rocky interruptions in the slopes, which were caused by the occurrence dissolution of gypsum rocks at the areas of the presence of vertical separators systems S1, S3The values of the joint system were 230 cm with a extremely wide spaced classification, and the durability value of the rock quality designation (RQD) was 78.5% with a good classification It was found that the factor of safety decreases in an inverse relationship with the water saturation. As the saturation increases, the factor of safety decreases, especially at water quantity 25 mm, The most important recommendations of the study are to remove the rock masses and rock debris that fill the interruptions caused by dissolution of gypsum rocks.

***Keywords*:**
Slope stability.
Al-Meshar road.
Rocky Interruptions.
Landslides.
Gypsum Rock.

*Corresponding author: a.alakhdar@zu.edu.ly