

تحليل إنهيار المنحدرات في الجناح الجنوبي الغربي لطية بيرات المحدبة - شمال شرق العراق باستخدام الإسقاط الستريوغرافي

هدير غازي محمد أديب

مركز بحوث السدود

والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2013/6/24 ، تاريخ القبول 2014/1/16)

الملخص

تم دراسة استقرارية المنحدرات الصخرية على طريق عقرة - أربيل المجاور لقرية بخمة وعلى الجناح الجنوبي الغربي لطية بيرات المحدبة لبيان أخطار حركات الانهيار المتكررة هناك. تم اختيار سبعة محطات لدراسة تلك المنحدرات موزعة على عدة تكاوين صخرية منكشفة في المنطقة وهي من الأقدم بخمة وشيرانش وتانجيرو وكولوش وخورمالة وجركس المتداخل مع بيلاسبي وحسب وجودها على الطريق العام وابتداء من جسر بخمة الحديدي.

استخدمت تقنية الإسقاط الستريوغرافي المجسم في تحليل وتصنيف المنحدرات الصخرية. يكون الانزلاق المستوي الحاصل على مستويات التطبيق والفواصل هو المسيطر في منحدرات صخور تكاوين بخمة وشيرانش وبيلاسبي وفي بعض من منحدرات تكوين خورمالة. أما الطبيعة الصخرية لتكاوين تانجيرو وكولوش وجركس فهي تساعد على حصول حركات الانهيار في المنحدرات الشديدة والمتوسطة، ولعدم وجود مستويات انقطاع محددة تحدث عليها انزلاقات فإن هذه المنحدرات تكون عرضة لحصول عمليات الانسلاخ (Raveling) والتي هي تكسر وتفتت حبيبات التكاوين إلى مكونات صغيرة بفعل عوامل مختلفة. فيما تتأثر بعض المنحدرات الصخرية لتكوين خورمالة بالانزلاق الإسفيني بين سطح التطبيق ومستويات الفواصل على امتداد خط تقاطعها مع ذلك السطح.

الكلمات الدالة: استقرارية المنحدرات، الانزلاق، بخمة، الإسقاط الستريوغرافي، بيرات.

Analysis of Slope Failure at the Southwestern Limb of Perat Anticline - NE Iraq Using Stereographic Projection

Hadeer Gh. M. Adeb

Dams and Water

Resources Center

University of Mosul

Rock slopes analysis in south western limb of Perat anticline, near Bekhme village, were studied. Seven stations were chosen to study these slopes which distributed along several exposed formations of Bekhme, Shiranish, Tanjero, Kolosh, Khurmala, and Gercus interbedded with Pila Spi according to their existence on the road, beginning from the Iron Bridge of Bekhme.

Stereographic projection technique was used in analyzing and classifying these slopes. Plane sliding along bedding planes and joints is the predominant in the formations of Bekhme, Shiranish, Pila Spi and some of khurmala Formation. Clastic rock Formations of Tanjero, Kolosh, and Gercus help to failure in steep and moderate slopes. Because of no distinctive favorable discontinuities to slide along, these slopes are suffering from raveling processes which means granular disintegration into small components by different processes. The rock slopes of Khurmala Formation are affected by wedge sliding along discontinuities intersections with bedding planes.

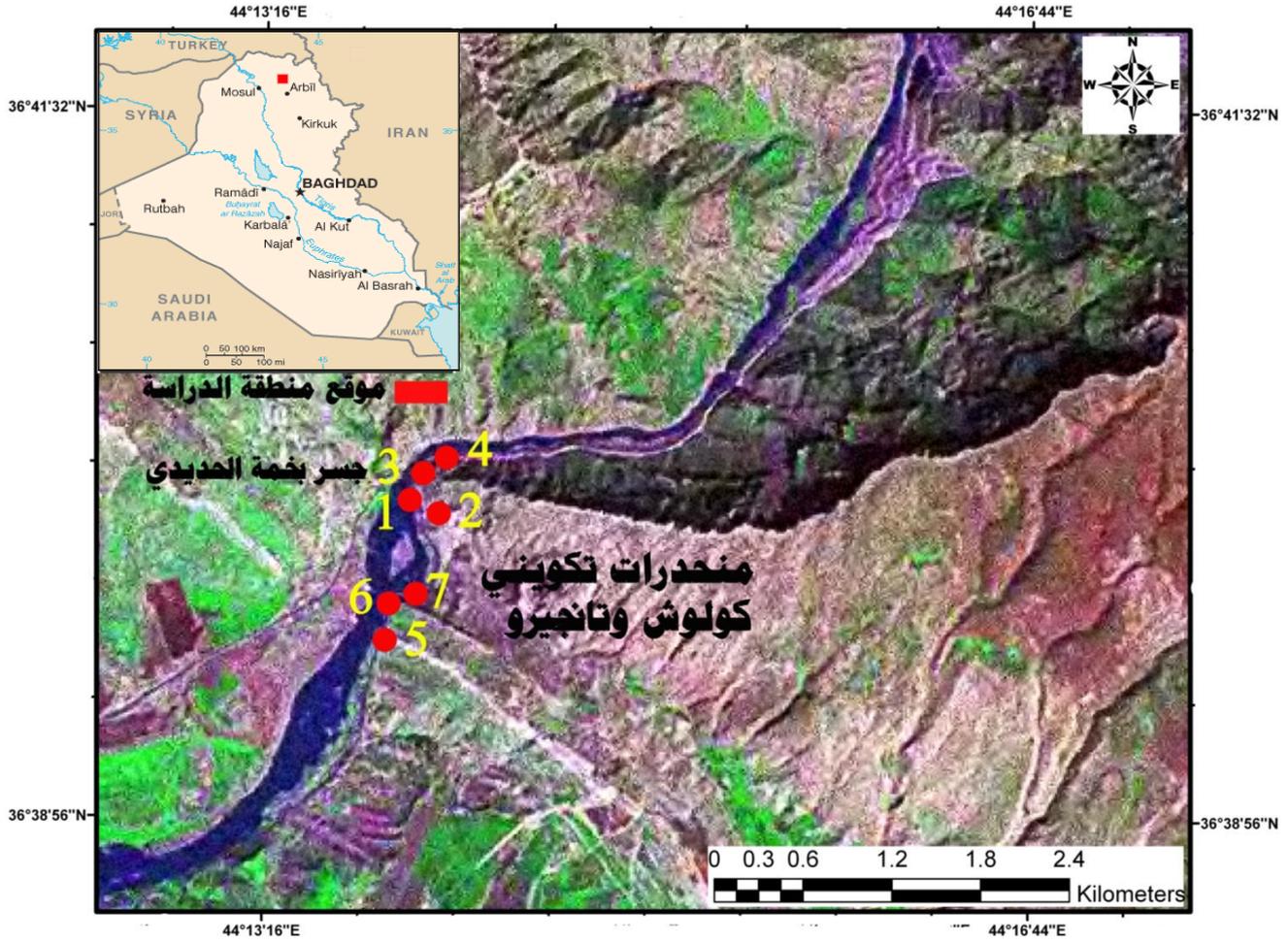
Keywords: Slopes Stability, Sliding, Bekhme, Stereographic projection. Perat.

المقدمة

إن جزءاً من الطريق العام الموصل بين موقع سد بخمة واربيل مروراً بشقلاوة وصلاح الدين، يكون محاطاً بمنحدرات صخرية معرضة لحركات الانهيار (Failure) بتأثير مختلف العوامل الجيولوجية مثل وضعية الطبقات والانقطاعات والعلاقة الهندسية فيما بينها وبين وضعية المنحدر الصخري وكذلك الطبيعة الصخرية لمكاشفها، مما يعرض سالكي هذا الجزء من الطريق إلى مخاطر هذه الحركات بسبب المنحدرات الصخرية.

تشمل منطقة الدراسة المنحدرات الصخرية المحيطة بجزء الطريق الواقع عند الجناح الجنوبي الغربي لطية بيرات المحدبة وتحديدًا من موقع انكشاف تكوين بيلاسبي والى جسر بخمة الحديدي على نهر الزاب الكبير، قرب قرية بخمة. منطقة الدراسة محصورة بين خطي الطول 11.65، 40، 36، 36، 39، 36 ودائرتي العرض 04، 14، 44، و 48، 13، 44 (الشكل 1).

وتبعد المنطقة بحدود (160) كم عن مدينة الموصل و(60) كم عن قضاء عقرة وباتجاه محافظة اربيل. وتقع جيولوجيا ضمن نطاق الطيات العالية (Jassim and Goff, 2006). تهدف الدراسة إلى تحليل استقرارية المنحدرات الصخرية لكل من تكوينات بخمة، شيرانش، تانجيرو، كولوش، وجركس مع بيلاسبي المتداخلين في الجناح الجنوبي الغربي للطية. وكذلك تحديد أنواع حركات الانهيار الحاصلة والمحتملة بوصفها من المظاهر الطبيعية الشائعة والمتكررة الحدوث في مناطق الطيات العالية. وتفيد هذه الدراسة في وضع تصاميم الطرق والجسور والمنشآت الخدمية في هذه المنطقة.



الشكل 1: مرئية فضائية مأخوذة من القمر الاصطناعي لاندسات لموقع منطقة الدراسة مبينا عليها مواقع المحطات.

طرائق البحث

أنجز البحث من خلال محورين أساسيين؛ هما العمل الحقلّي والعمل المكتبي. في الأول تم القيام بمسح تفصيلي لشكل المنحدرات الهندسي وطبقاتها الصخرية، وكذلك خصائص الانقطاعات (Discontinuities) فيها. اختيرت سبع محطات للدراسة على أساس تكرارية حدوث حركات الانهيال أو احتمال حدوثها. وفي كل من هذه المحطات أخذت قياسات الوضعية لوجه المنحدر ومستويات التطبيق والفواصل بصيغة زاوية الميل/ اتجاه الميل. ومن ثم تصويرها حقلياً.

في الثاني، تم تمثيل البيانات المجمعة قياساتها باستخدام تقنية الإسقاط الستيريوجرافي لغرض تعيين نوع وطبيعة حركة الانهيال الحاصلة أو المحتملة الحدوث في المحطة المدروسة. تم الاستعانة بالبرنامج الحاسوبي (GEORIENT © 9.2) لإجراء تحليلات الإسقاط الستيريوجرافي. استخدمت قيم زاوية الاحتكاك الداخلي ϕ للصخور في منطقة الدراسة والمستنتجة من قبل (Al- Jawadi, 2013) وتمثيلها في مخططات الإسقاط الستيريوجرافي.

واستخدمت الرموز والألوان الآتية لتمثيل البيانات:

∅: زاوية الاحتكاك الداخلي لأسطح الانقطاع بدائرة صغيرة باللون الأسود.

Gs: المنحدر العام بدوائر عظمى باللون الماروني.

S₀: سطح التطبيق بدوائر عظمى باللون الأخضر.

S₁: مجموعة أسطح الانقطاع الأولى بدوائر عظمى باللون الأحمر.

S₂: مجموعة أسطح الانقطاع الثانية بدوائر عظمى باللون الأحمر.

S₃: مجموعة أسطح الانقطاع الثالثة بدوائر عظمى باللون الأحمر.

←  : رمز الانزلاق المستوي Plane Sliding

←  : رمز الانزلاق الإسفيني Wedge Sliding

←  : رمز السقوط الصخري Rock Fall

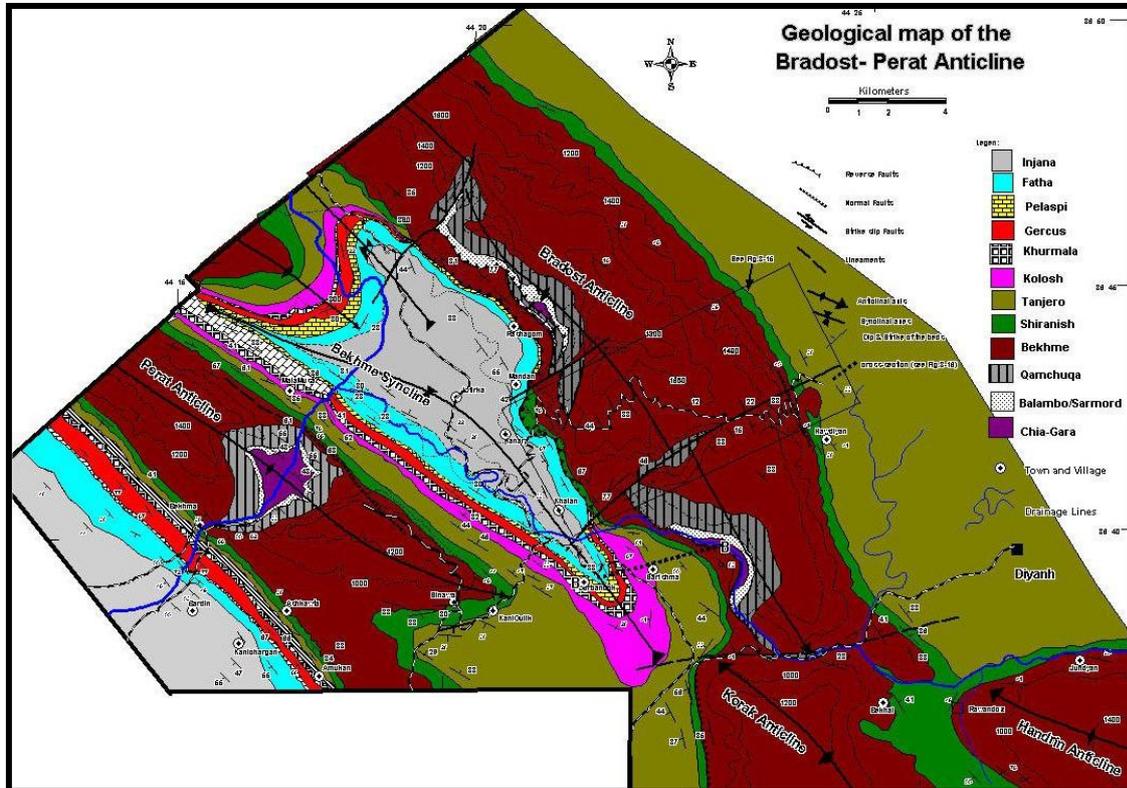
جيولوجية منطقة الدراسة

إن طية ببرات المحدبة هي إحدى تراكيب نطاق الطيات العالية في شمال شرق العراق المحاذية لنطاق التراكيب. تمتد هذه الطية باتجاه شمال غرب- جنوب شرق لمسافة (35) كم تقريبا وبعرض (13) كم وبسعة (1) كم. وللطية غاطسين، غاطسها الجنوبي الشرقي يمتد نحو منطقة خليفان وبعلاقة انشلولونية مع طية حرير المحدبة. أما غاطسها الشمالي الغربي فيمتد إلى منطقة دینارته وبعلاقة انشلولونية أيضا مع الغاطس الشرقي لطية عقرة.

وصف الحمداني (الحمداني، 1991) التتابع الطبقي الصخري المنكشف في طية ببرات، (الجدول 1). يتضمن التركيب الصخري لهذه التتابعات بشكل عام تناوب من طبقات جيرية ودولومايتية وجيرية مارلية ومارلية وطينية صفائحية، متباينة في السمك. فيما تتميز بعض التكاوين لاسيما في نهاية الكريتاسي (تانجيرو) ومعظم التيرشري بمكوناتها الفتاتية بشكل رئيس من الصخور الطينية والرملية والغرينية. و(الشكل 2) يوضح الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة (Omer, 2005).

الجدول 1: التتابع الطباقى لطية بيرات المحدبة، (الحمداني، 1991).

اسم التكوين	السمك/متر	العمر	الوصف الطباقى
انجاة	150-350	المايوسين الاعلى	حجر طيني وصلصالي ورملى وسلتي
فتحة	180-200	المايوسين الاوسط	حجر طيني وسجيل ، مع تواجد حجر جيرى ، عدسات من الجبس على الطرف الجنوبي الغربية لطية بيرات المحدبة
بيلاسيبي	30-50	الايوسين الاوسط-الاعلى	حجر جيرى دولومايتى صلب جداً ومتطبق
جركس	100-150	الايوسين الاوسط	تعاقب طبقات من الحجر الجيرى والرملى والصلصال والسجيل الكلسى
خورمالة	90-140	الباليوسين الاعلى - الايوسين الاسفل	حجر جيرى متدلتمت و حجر جيرى صلصالي جيد التطبيق
كولوش	90-100	الباليوسين - الايوسين الاسفل	رواسب فتاتية رصاصية غامقة من السجيل والحجر الطينى والرملى مع وجود المدملكات
تانجيرو	200-450	الماسترختيان الاسفل	حجر رملى مع صلصال مع تواجد عدسات من المدملكات
شيرانش	190	الماسترختيان - الكامبانيان	حجر جيرى و حجر صلصالي
بخمة	320	الكامبانيان	حجر جيرى سميك التطبيق حيدى مع تواجد صخور الدولومايت الكتلية ومواد قيرية غنية بمتحجرات الرودست
قمجوفة	645	الهاتروفيان - الالبان	حجر جيرى و حجر جيرى متدلتمت مع وجود طبقات رقيقة من حجر رملى صلصالي وسجيل
بالامبو	110	الفالاتجيان	حجر جيرى صلصالي و حجر جيرى ذات تطبيق جيد ومتعاقبة مع طبقات رقيقة من السجيل
جياكارا	150	التيثونيان الاوسط - البريسيان	تعاقبات جيدة التطبيق من الحجر الجيرى و الحجر الجيرى الصلصالي



الشكل 2: الخارطة الجيولوجية لموقع منطقة الدراسة، (Omar, 2005).

تحليل إستقرارية المنحدرات الصخرية لمنطقة الدراسة

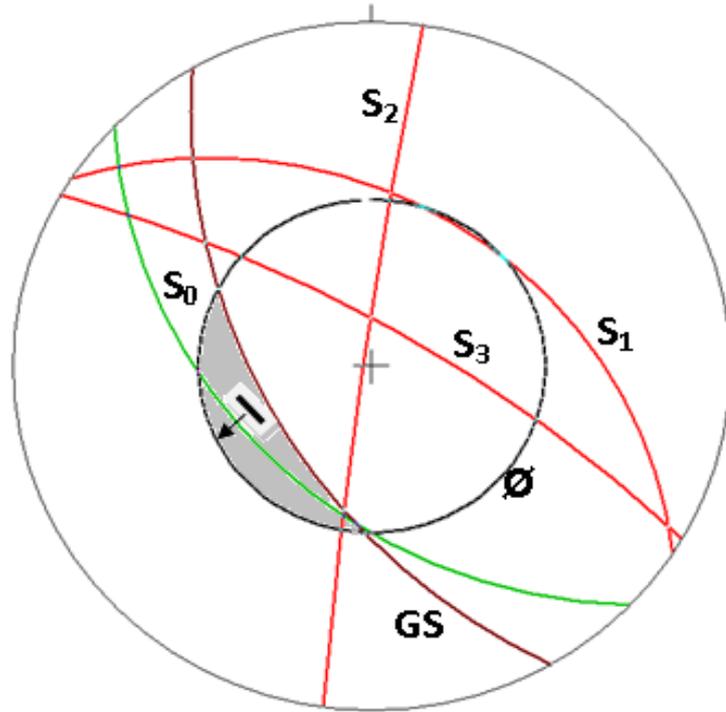
تمت دراسة المنحدرات الصخرية لغرض تحليل إستقراريتها حسب المحطات المختارة في التكوينات الصخرية المنكشفة في منطقة الدراسة، (الشكل 1، الجدول 2). وفيما يأتي وصف تحليلي للانزلاق المحتمل لهذه المنحدرات إبتداء من التكوين الأقدم:

الجدول 2: المعاملات الجيولوجية والهندسية لمحطات منطقة الدراسة.

المعاملات الجيولوجية والهندسية						التكوين	المحطة
زاوية الاحتكاك (Ø)	أسطح الانقطاع الثالثة (S3)	أسطح الانقطاع الثانية (S2)	أسطح الانقطاع الأولى (S1)	سطح الانحدار العام (Gs)	سطح التطبيق (So)		
24	330/63	027/56	100/51	250/70	223/54	شيرانش	1
24	320/63	064/30	117/86	250/65	216/51	شيرانش	2
24	326/61	315/80	090/50	270/86	214/50	شيرانش	3
50	030/80	278/88	033/51	240/65	224/58	بخمة	4
24	052/44	270/24	293/80	290/80	299/90	بيلاسبي	5
24	025/87	194/34	194/72	220/60	195/82	خورمالة	6
24	120/42	308/53	310/81	260/70	195/82	خورمالة	7

1- منحدرات صخور تكوين بخمة:

تطل هذه المنحدرات على الجانب الأيمن للطريق المؤدي إلى موقع سد بخمة. أجري تحليل الإستقرارية في محطة واحدة فقط على منحدرات التكوين والمتكونة من الحجر الجيري المتدلمت (محطة 4)، (الشكل 1). تتميز هذه المحطة باحتمالية حصول الانزلاق المستوي على مستويات التطبيق المائلة بنفس اتجاه المنحدر العام ولكن بزوايا أقل من زاوية الانحدار مما يجعلها تبرز في وجه المنحدر (Day light)، (Markland 1972)، ولأن زاوية الاحتكاك لسطح الانزلاق أقل من زاوية الانحدار وزاوية ميل سطح التطبيق أيضا (الجدول 2). ويساعد الفاصلين S2 و S3 اللذان يعملان كسطحي انطلاق جانبي (Lateral Release) وخلفي (Back Release) على التوالي على حدوث عملية الانزلاق (الشكل 3، اللوحة 1).



الشكل 3: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (4) يبين العلاقة بين وجه المنحدر والانقطاعات المختلفة والانزلاق المستوي الحاصل على طبقات الحجر الجيري المتدلّمت لتكوين بخمة.

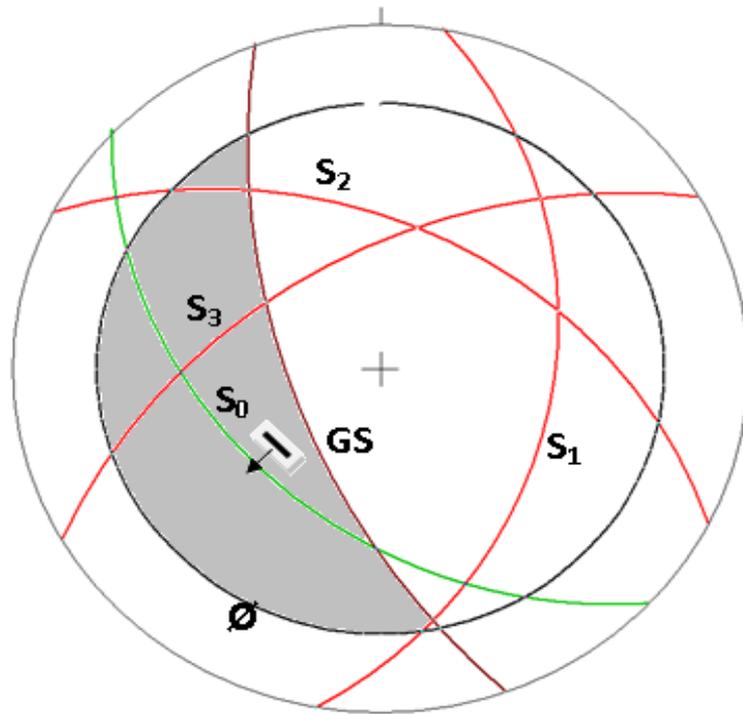


اللوحة 1: تبين الانزلاق المستوي على سطح التطبيق بالنسبة لمنحدر الميل (Dip Slope) والساقط الصخري على الوجه الجانبي الشديد الانحدار في المحطة (4) تكوين بخمة.

2- منحدرات صخور تكوين شيرانش:

تحتل المنحدرات الصخرية لتكوين شيرانش والمتكونة من الحجر الجيري المارلي والمارل، (المحطتين 1 و 2) للجانب الشرقي من الطريق المؤدي إلى شقلاوة - أربيل، فيما تقع المحطة (3) على الجانب الأيمن من الطريق الفرعي المؤدي إلى موقع سد بخمة، (الشكل 1). وتتميز كل من هذه المحطات الثلاثة بحصول الانزلاق المستوي على مستويات التطبيق التي تبرز في وجه المنحدر وبسبب كون زاوية الاحتكاك لأسطح الانزلاق أقل من زاوية المنحدر العام. ويساعد الفاصلين S_1 و S_3 اللذان يعملان كسطحي انطلاق جانبي والفاصل S_2 الذي يعمل كسطح انطلاق خلفي على حدوث عملية الانزلاق في المحطة (1)، (الشكل 4، اللوحة 2).

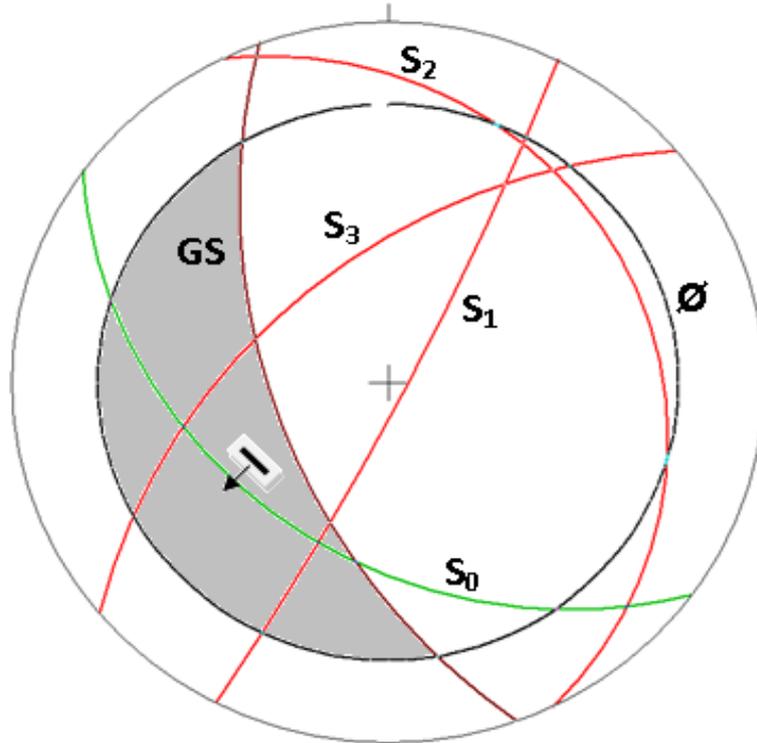
وفي المحطة (2) فإن الفاصلين S_1 و S_3 يساعدان على حصول الانزلاق كسطحي تحرر جانبيين، فيما يعمل الفاصل S_2 كسطح تحرر خلفي (الشكل 5، اللوحة 3). بينما تعمل الفواصل S_1 و S_2 و S_3 كأسطح تحرر جانبية في المحطة (3)، (الشكل 6، اللوحة 4).



الشكل 4: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (1) يبين العلاقة بين وجه المنحدر والانقطاعات المختلفة والانزلاق المستوي الحاصل على طبقات الحجر الجيري المارلي لتكوين شيرانش.



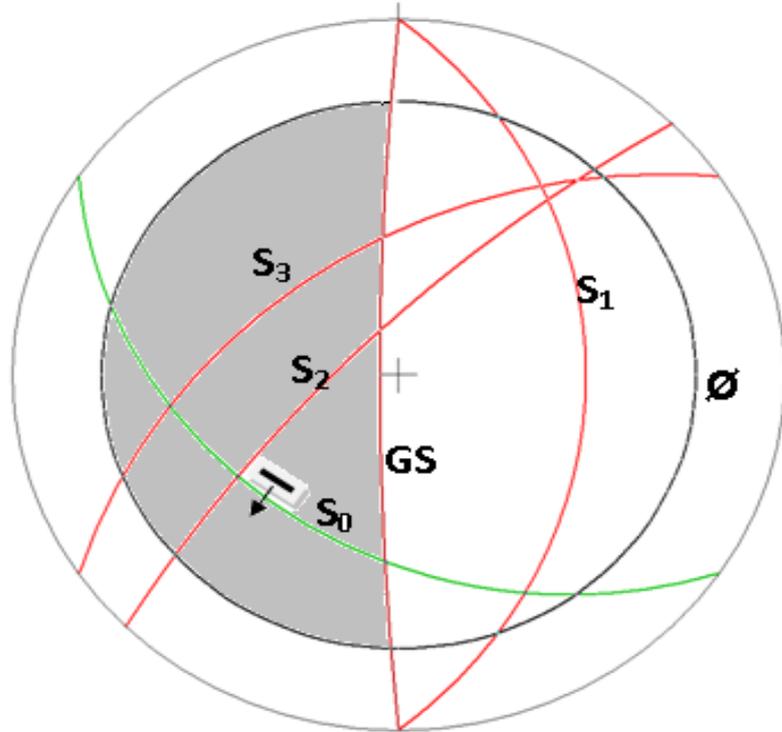
اللوحة 2: الانزلاق المستوي على طبقات الحجر الجيري المارلي لتكوين شيرانش ويلاحظ أثر الفواصل كأسطح تحرر جانبي وخلفي في المحطة (1).



الشكل 5: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (2) يبين العلاقة بين وجه المنحدر والانقطاعات المختلفة والانزلاق المستوي الحاصل على طبقات الحجر الجيري المارلي لتكوين شيرانش.



اللوحة 3: الانزلاق المستوي على طبقات الحجر الجيري المارلي لتكوين شيرانش ويلاحظ أثر الفواصل كأسطح تحرر جانبي وخلفي في المحطة (2).



الشكل 6: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (3) يبين العلاقة بين وجه المنحدر والانقطاعات المختلفة والانزلاق المستوي الحاصل على طبقات الحجر الجيري المارلي لتكوين شيرانش.



اللوحة 4: الانزلاق المستوي على طبقات الحجر الجيري المارلي لتكوين شيرانش في المحطة (4)، وكذلك يلاحظ تفتت طبقة المارل المتداخلة وانسلاها عبر الجدار الساند.

3- المنحدرات الصخرية لتكويني تانجيرو وكولوش:

تتشابه إلى حد ما الخصائص الصخرية والهندسية لتكويني تانجيرو وكولوش، وبالتالي فإن تصرفهما يكون مشابها للعوامل الجيولوجية الهندسية المؤثرة وعليه فقد اعتبرا كوحدة جيولوجية هندسية واحدة. تتكشف ترسبات هذين التكوينين مباشرة على الجانب الشرقي من الطريق المؤدي إلى شقلاوة - صلاح الدين - أربيل.

إن الطبيعة الصخرية لهذين التكوينين تساعد على حصول حركات الانهيار وخاصة في المنحدرات الشديدة، ولكون إندارات هذين التكوينين في منطقة الدراسة واطئة نسبيا، ولعدم وجود مستويات انقطاع محددة تحدث عليها انزلاق، فضلا عن أن مضرب طبقاتها تكون بزوايا عالية مع امتداد الطريق الرئيسي، لذا يستبعد احتمال حصول حركات الانهيار فيها. إلا إن هذه المنحدرات عرضة لحصول ما يسمى بعمليات الإنسلا (Raveling) (Maerz, 2000) والتي هي عبارة عن عمليات التفتت الحبيبي للصخور الضعيفة عندما تتخلل المياه إلى داخل المسامات فتقلل من قوة تماسكه ومن ثم تفتيته وتحطيمه، فضلا عن عمليات الانجماد والتجفيف والترطيب المستمرة والتي تؤدي إلى تكوين قوى شديدة داخل الصخور تعمل على تفتيتها (Carson and Kirkby, 1972). إن تحطم صخور هذين التكوينين إلى قطع صخرية صغيرة تتدرج

إلى أسفل المنحدر قد تشكل مخاطر جدية لكونها قريبة نسبياً من كتف الطريق الرئيسي مما يتطلب إنشاء جدار ساند للطريق وعلى طول هذا المنحدر (اللوحة 5).



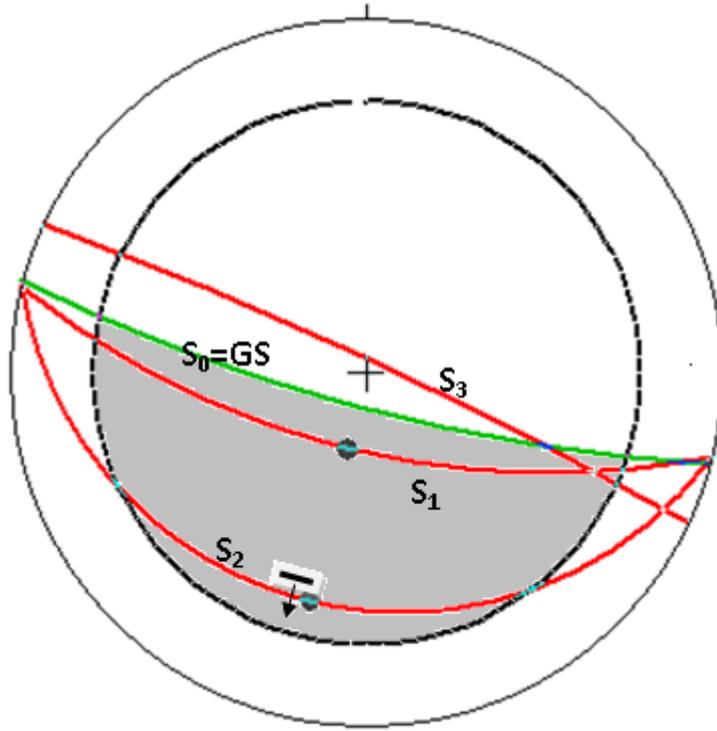
اللوحة 5: انسلال فتاتيات تكوين كولوش متجاوزة كتف الطريق.

4- المنحدرات الصخرية لتكوين خورمالة:

تشكل صخور تكوين خورمالة، المتكونة من طبقات جيرية متدلّمة متناوبة مع طبقات جيرية صلصالية، حواجز عالية ذات منحدرات شديدة مطلة مباشرة على الجانب الشرقي من الطريق المؤدي إلى شقلاوة - صلاح الدين - أربيل، ويكون خط مضرب طبقاتها بشكل متعامد تقريباً مع امتداد الطريق. إن هيئة المكشّف الصخري المحاذي للطريق يؤدي إلى حصول التساقط الصخري (Rock fall) لاسيما وإن صخور المكشّف غنية بمجاميع الفواصل المتعددة الاتجاهات. تم إجراء تحليل المنحدرات في محطتين، الأولى في المحطة (6) من جهة منحدر الميل (Dip Slope) للحاجز، والثانية في المحطة (7) في جانب المنحدر الخلفي (Back Slope) للحاجز. وفيما يأتي وصف تحليل المنحدرات في هاتين المحطتين:

محطة رقم (6):

إن منحدر الميل في هذه المحطة يمثل وجه المنحدر، (اللوحة 6). وعليه يعد الفاصلين S1 و S2 سطحي انزلاق مستوي، فيما يعمل الفاصل S3 كسطح انطلاق خلفي، (الشكل 7).



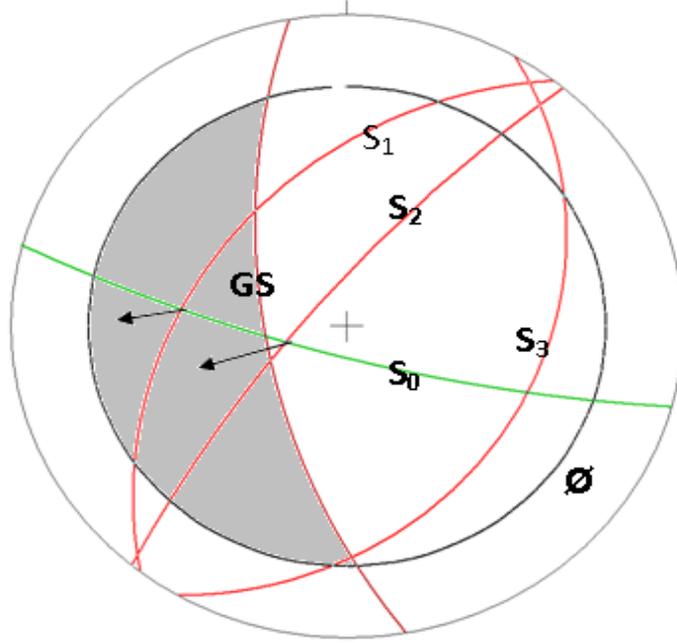
الشكل 7: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (6) في تكوين خورماله المتكون من حجر جيري مارلي، يبين الانزلاق المستوي الحاصل على مستويي الفاصلين S1 و S2، فيما يعمل الفاصل S3 كسطح تحرر خلفي.



اللوحة 6: الانزلاق المستوي على أسطح الفواصل المضربية (hol) في طبقة الحجر الجيري المارلي في جانب منحدر الميل لحاجز تكوين خورماله، محطة (6).

محطة رقم (7):

إن احتمالية الانزلاق في هذه المحطة تحصل للإسفنيين الصخريين بين سطح التطبق ومستويي الفاصلين S1 و S2 على امتداد خط تقاطعهما مع سطح التطبق (الشكل 8، اللوحة 7).



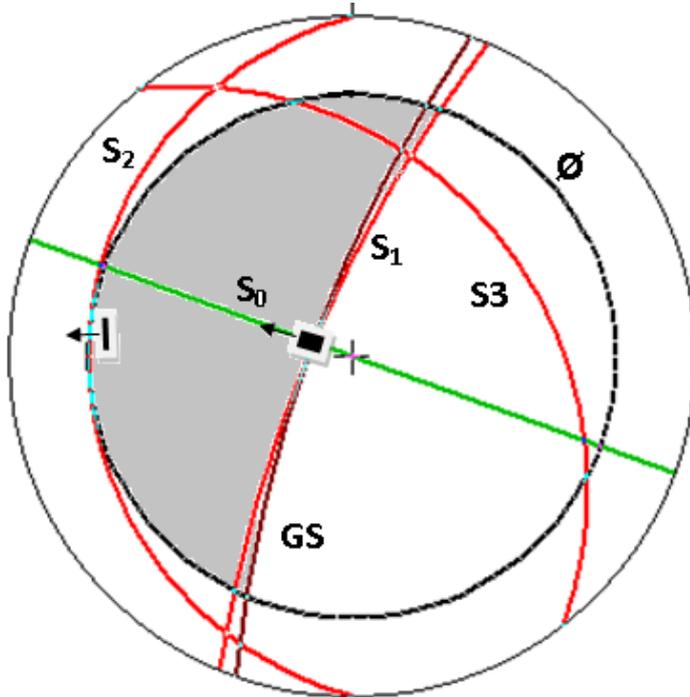
الشكل 8: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (7) يبين العلاقة بين وجه المنحدر والانقطاعات المختلفة والانزلاق الإسفيني بين مستوى التطبق وكل من الفاصلين S1 و S2 في تكوين خورمالة المتكون من حجر جيري مارلي.



اللوحة 7: الانزلاق الإسفيني (المؤشر بسهم) بين مستوى التطبق والفواصل S1 و S2 في طبقة الحجر الجيري المارلي في جانب المنحدر الخلفي لحاجز تكوين خورمالة، محطة (7).

5- المنحدرات الصخرية لتكويني جركس وبيلاسي:

تتداخل صخور تكوين جركس الهشة مع طبقات تكوين بيلاسي الجيرية المتدلّمة وتشكل حواجز عالية ذات منحدرات شديدة مباشرة على الجانب الشرقي من الطريق الرئيسي، ويكون خط مضرب طبقاتها بشكل متعامد تقريبا مع امتداد الطريق. إن هيئة المكشف الصخري وطبيعة العلاقات الهندسية بين مستويات الانقطاعات فيها لا تظهر وجود إنزلاقات صخرية مستوية أو إسفينية فيها (شكل 9). ولكن ذلك يؤدي إلى حصول التساقط الصخري لاسيما وإن صخور المكشف غنية بمجاميع الفواصل ذات الزوايا العالية مع مستويات التطبيق (لوحة 8). هذا فضلا عن أن طبقات صخور تكوين جركس المتداخلة مع تكوين بيلاسي ذات الانحدارات العالية، تتأثر بظاهرة الانسلاخ بسبب التفتت الحبيبي نتيجة عمليات التجوية، مما يؤدي إلى تراكمها أسفل المنحدر وتتجاوز أحيانا كتف الطريق وتسبب مخاطر لسالكي الطريق.



الشكل 9: المخطط الستيريوغرافي للمحطة (5) يبين العلاقة بين وجه المنحدر والانقطاعات المختلفة لتكوين بيلاسي الجيري المتداخل مع تكوين جركس، والانزلاق المستوي على فواصل S2.



اللوحة 8: التساقط الصخري لقطع من طبقات حاجز تكوين بيلاسبي الجيري المتعامد مع امتداد الطريق، وانسلاخ فتاتيات طبقات تكوين جركس المتداخلة مع تكوين بيلاسبي في المحطة (5).

المناقشة

تلعب سطوح الانقطاع في الصخور المختلفة دورا فعالا يتحكم بنوعية حركات الانهيار الصخرية وكذلك كمية وأحجام الكتل المتأثرة بهذه الحركات. تتباين المنحدرات الصخرية في منطقة الدراسة في شدة انحدارها وارتفاعها، منها المتوافقة التي تميل طبقاتها بنفس اتجاه ميل المنحدر وكما هو الحال في منحدرات تكويني بخمة وشيرانش المتكونة من الحجر الجيري المتدلتمت والحجر الجيري المارلي على التوالي، إذ أن نوع الانهيار الحاصل هو من نوع الانزلاق المستوي. تكون أسطح التطبق في المنحدرات المتوافقة هي نفسها أسطح لعدم الاستقرار وبالتالي فهي تمثل أسطح انزلاق رئيسية. أما تلك الغير المتوافقة كما في بعض منحدرات تكويني خورماله وبيلاسبي، إذ تميل طبقاتها المتكونة من الحجر الجيري المارلي باتجاه متعامد تقريبا مع اتجاه ميل المنحدر. لذا فان نوع الانهيار على بعض هذه المنحدرات يكون من النوع الإسفيني،

والبعض منها لا يحصل فيها أي من نوعي الانزلاق بسبب عدم ملائمة وضعية أسطح الانقطاع فيها. ولكنها تتأثر بالتساقط الصخري.

أما التكاوين المتكونة من الصخور الرخوة والهشة والتي تشمل تكويني تانجيرو (حجر رملي، طين، غرين) وكولوش (حجر رملي، مارل) فقد كوّنت منحدرات قليلة الميل نسبياً ولهذا فقد تم اعتبارهما وحدة هندسية واحدة فيما يتعلق بحصول الانهيال، وكذلك الحال مع تكوين جركس، المتمثل بصخور الحجر الجيري والرملي والمارل، ذات المنحدرات الشديدة نسبياً. إن هذه التكاوين لا تحتوي على أي من أسطح الانقطاع الصخري وبالتالي لا تتعرض لأي نوع من الانزلاق، بل أنها تعاني فقط من عملية الانسلاخ والتفتت الصخري بفعل عوامل عديدة أهمها التجوية الصخرية.

الاستنتاجات

- 1- إن معظم المنحدرات الصخرية لمحطات منطقة الدراسة هي بنفس اتجاه ميل الطبقات وبزاويا ميل أكبر من الطبقات، عليه فان الكتل الصخرية تنزلق على هيئة انزلاق مستوي لاسيما في الأجزاء العليا من المنحدرات وفي أماكن أعلى من الجدار الساند.
- 2- إن المنحدرات الصخرية لتكاوين تانجيرو وكولوش وجركس الهشة (حجر رملي، طين، مارل) تكون متأثرة بعملية الانسلاخ لعدم وجود مستويات انقطاع محددة تحدث عليها انزلاقات تؤدي إلى حدوث حركات الانهيال، وكذلك التطبيق الرقيق في تكوين جركس (حجر جيري، حجر رملي، مارل) المتداخل مع تكوين بيلاسبى (حجر جيري ومارل)، فضلا عن مقاومتها القليلة للتجوية فقد كونت منحدرات واطئة الميلان.
- 3- تكون بعض حركات الانهيال بشكل انزلاق إسفيني، وقد ظهر هذا جلياً في جانب المنحدر الخلفي فقط لحاجز تكوين خورماله المتكون من حجر جيري مارلي .

المصادر العربية

الحماداني، ربيع خلف حسن، 1991. طباقية وتركيبية الجزء الجنوبي الشرقي لطية بيرات المحدبة (منطقة بخمة). أطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

المصادر الاجنبية

- Al-jawadi, A. S. H., 2013. Evaluation of the Rock Mass at the Bekhme Dam Site, North East Iraq. Unpub. PhD Thesis College of Science, University of Mosul.183P.
- Carson, M. A. and Kirkby, M. J.,1972. Hillside Form and Processes, Cambridge University Press, U.K.
- Jassim, S. Z and Goff, T., 2006. Geology of Iraq. Published by Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341p.
- Maerz, N., H., 2000. Highway Rock Cut Stability Assessment in Rock Masses Not Conducive to Stability Calculation. 51st Annual Highway Geology Symposium, Washington. pp. 249 - 259.
- Markland, J. T., 1972. A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge sliding type of failure is expected. Imperial college rock mechanics research, report No. 19, 10p.
- Omar, A, A,2005. An integrated structural and tectonic study of the Bina Bawi-Safin - Bradost region in Iraqi Kurdistan. Unpub. PhD Thesis, Sallahdeen University.