المحاضرة السادسة

المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات

The Sixth Lecture

Slope problems

ا.م.د احمد فليح فياض

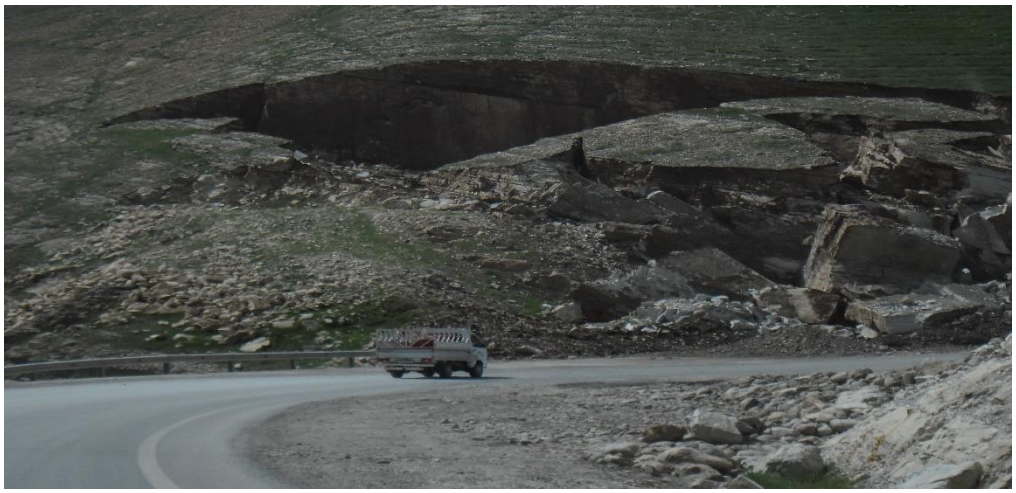
تتعرض السفوح أو المنحدرات إلى عمليات السقوط والانزلاق والهبوط والتدفق الطيني والزحف والتي تعد من المشاكل التي يتعرض لها النشاط البشري سواء فوق تلك المنحدرات أو في أسفلها، وقد لا تقتصر آثارها على ذلك بل يشمل مناطق واسعة تقع على مسافة عن المنحدرات تصل عدة كيلومترات وخاصة المجاري الطينية والانهيارات، وقد تعرضت مناطق عديدة في العالم إلى تلك المشاكل مثل ما حدث في المغرب عام 1988 في مدينة فاس الذي تسبب في وفاة 50 شخصا، وما حدث في ريودي جانيرو الجبلية الذي أدي إلى وفاة 277 شخصا وتشريد أكثر من 18000 فضلا عن الخسائر المادية .

و تحدث تلكFalls:ات بإشكال وأوضاع مختلفة وكما يأتي:

1- السقوط Falls :

تحدث عمليات السقوط في السفوح الشديدة الانحدار التي يتراوح انحدارها مابين 70 و 90° وتقل في السفوح المتكونة من صخور صلبة إلا أنها تنشط في التكوينات الضعيفة التماسك حيث تتحرك الكتل المنفصلة من الطبقات العليا نحو الأسفل إما بشكل مباشر دون الاحتكاك بالمنحدر كما في المنحدرات الجرفية، أو تتدحرج بسرعة كبيرة على السفوح الشديدة الانحدار حتى تستقر في أسفلها،شكل رقم(3-24أ)، وتحدث هذه الظاهرة في جميع المنحدرات الشديدة كالاجراف البحرية

والنهرية وسفوح المنحدرات الجبلية أو سفوح الأودية، وتكثر في التي تتكون من طبقات صخرية متباينة الخصائص وتتعرض إلى عمليات التجوية والتعرية فتعمل على تفكك الضعيفة منها فتسقط بفعل الجاذبية نحو الأسفل، حيث تكون سريعة الحركة في السفوح الشديدة الانحدار وبطيئة في السفوح المتوسطة أو المعتدلة الانحدار,



2- الانزلاق Slides

تحدث ظاهرة الانزلاق على السفوح غير الجرفية التي يقل انحدارها عن 80° سواء كانت صخرية صلبة أو هشة، الاانها تكون على نطاق واسع في السفوح التي تتكون من طبقات صخرية مائلة باتجاه الانحدار وذات تراكيب مختلفة، حيث تتحرك كتل كبيرة من تلك الصخور نحو الأسفل وبكل مكوناتها، وتتباين في أوضاعها وحركتها وأثارها وما يسفر عن ذلك من تغير في شكل السفح متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ- نوع التكوينات المنزلقة صخرية أم مفتتات هشة.

ب- شكل السفح الذي تمر فوقه الكتل المنزلقة منتظم أم غير منتظم، محدب أم مقعر، حيث تزداد الحركة فوق السفوح المنتظمة والمقعرة .

ج- درجة انحدار السفح، إذ تزداد سرعة الحركة والمسافة التي تقطعها الكتلة المنزلقة بزيادة درجة الانحدار.

د- طبيعة مكونات السفوح ، حيث تزداد الحركة عندما تكون الطبقة المنزلقة تحتها طبقة هشة أو طينية ضعيفة التماسك، أو طبقات مائلة نحو الأسفل،

هـ- رطوبة السفوح ، تزداد الانزلاق في المناطق الرطبة وتقل في المناطق الجافة لان الماء يقلل من احتكاك الكتلة بالسطح الذي تتحرك عليه، كما تنشط عمليات التجوية والتعرية في تلك المناطق والتي تساعد على كثرة الانزلاق.

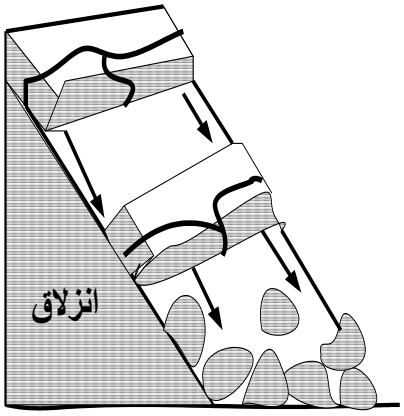
و- حدوث الزلازل التي تعمل على تفكك الصخور وتحركها من مواقعها وعلى شكل كتل كبيرة تنزلق نحو الأسفل.

ز- النشاط البشري وما ينتج عنه من اثأر تسهم في حدوث الانزلاق مثل إزالة الطبقات الصخرية السفلية التي تعد نقطة ارتكاز ما فوقها.

ويتضح من ذلك إن الانزلاق تكون بأوضاع مختلفة ففي بعض الأماكن تكون على شكل كتل تتحرك في فترات متعاقبة حيث تنزلق كتلة من أسفل المنحدر ثم تليها التي تعلوها والتي بعدها بشكل متتالي، فيظهر شكل المنحدر غير منتظم إذ تؤدي تلك العملية إلى تغير شكل السفح، شكل رقم(3-25).

إما السفوح التي تتكون من المفتتات الصخرية والتربة ولكن على نطاق محدود، أي تشكل طبقة غير سميكة تصل إلى عدة أمتار وترتكز على طبقات صخرية، فأنها تتعرض إلى الانزلاق عندما تتشبع بالمياه فيضعف تماسكها فتتحرك فرق السطح الرطب فتغطي السفوح التي تقع إلى الأسفل منها وتظهر التكوينات الواقعة تحتها في الموضع المعرض إلى الانزلاق.

شكل رقم(3- 25) انزلاق الكتل الصخرية



3- الهبوط Slumps

تحدث ظاهرة الهبوط في السفوح ذات التكوينات الهشة عندما تتحرك كتلة كبيرة من تلك التكوينات حركة د ورانية إلى الوراء عندما تتشبع بالماء فتتعرض في البداية إلى هبوط بسيط في التكوينات المتشبعة بالماء فتضعف من القاعدة التي ترتكز عليها التكوينات التي تعلوها فتتحرك بشكل دوراني نحو الأسفل لتستقر فوق التكوينات المتشبعة بالماء , وتكون تلك الحركة في اغلب الأحيان هلالية الشكل، وفي بعض السفوح تتحرك كتلتين أو ثلاث بشكل متتالي وخلال فترة قصيرة فتتخذ الكتل الهابطة شكلا مميزا حيث تظهر وراء بعضها البعض بشكل مصفوف، شكل رقم(3- 26أ)، وفي بعض الأحيان تحدث عمليات هبوط كبيرة تعمل على تحرك كتل كبيرة من وسط المنحدر فستقر في أسفله وتتحرك كتلة أخرى فتستقر إلى الأعلى من الأولى وتتحرك كتلة ثالثة تستقر إلى الأعلى من الثانية فتظهر سلمية الشكل، شكل رقم (3- 26ب)، وتحدث عمليات الهبوط في السفوح التي تزال فيها القاعدة الصخرية التي ترتكز عليها المكونات التي تعلوها، كما تحدث في الأجراف البحرية عند تقويض التكوينات السفلية، وتحدث أيضا في السفوح التي يزداد فوقها الثقل لأي سبب كان مثل تجمع الثلوج والمياه أو الصخور فوق موضع معين أو إقامة بناء فتشكل ثقل على تلك المواضع الضعيفة المقاومة فتهبط نحو الأسفل .[14] شكل رقم(3-26ج), ففي المواضع التي تتجمع فوقها الثلوج وتذوب بشكل تدريجي فتتسرب المياه إلى داخل التربة فتعمل على تفككها من جهة ويؤدي ثقل الثلوج إلى هبوطها من جهة أخرى فتتحول إلى مناطق منخفضة ضمن السفوح والتي تكون مركزا لعمليات التعرية والتجوية في تلك المواضع فتعمل على توسعها وتحول بعضها إلى تجاويف وحفر عميقة حسب طبيعة تكوينات السفوح وقوة تأثير تلك العمليات، إما الأبنية التي تقام فوق سفوح ضعيفة التحمل تتعرض إلى الهبوط فيؤدي إلى تشقق الجدران أو الانهيار

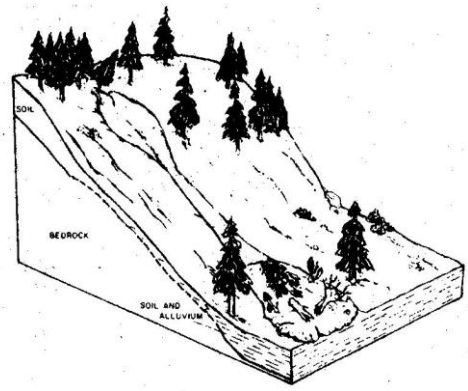
4- التدفق الطيني Mudflow

تسمى هذه الظاهرة في بعض الأحيان الانهيار السريع وتحدث في السفوح التي تتكون من رواسب طينية هشة ذات سمك كبير وترتكز على طبقات صلبة، وعندما تتشبع تلك التكوينات بالماء تقلل من تماسكها وتزيد من ثقلها، حيث تعمل مسا ميتها وتفاديتها على تسرب تلك المياه خلالها, فتتحرك باتجاه أسفل المنحدر بسرعة لان الماء يقلل من احتكاك الطبقة الطينية بالصخرية التي تحتها، كما يؤدي تشبع الطين إلى تكون مجاري مائية صغيرة سرعان ما تتحول إلى كبيرة وسريعة فتعمل على جرف كميات كبيرة من الأطيان نحو الأسفل والتي تزيد بدورها من عمليات الانجراف بتأثير سرعة الجريان واحتكاك المواد المجروفة بقاع وجوانب المجرى, وتكون على أشدها في السفوح الخالية من النبات الطبيعي.[15]

وتعد ظاهرة التدفق الطيني من اخطر العمليات التي تتعرض لها السفوح لأنها تنتقل لمسافة طويلة بعيدا عن السفوح التي حدثت فيها, لذا تؤدي إلى تدمير ما يعترضها من عمران ومشاريع، شكل رقم(3- 27).

وقد نتج عن العمليات المتكررة التي تعرضت لها بعض السفوح على نطاق واسع تكون الدالات المروحية عند أقدامها والتي تعد من مراكز النشاط البشري رغم تعرض بعضها إلى مخاطر التدفق الطيني.

شكل رقم(3-27) التدفق الطيني



5- الزحف أو الحركة البطيئة Creep

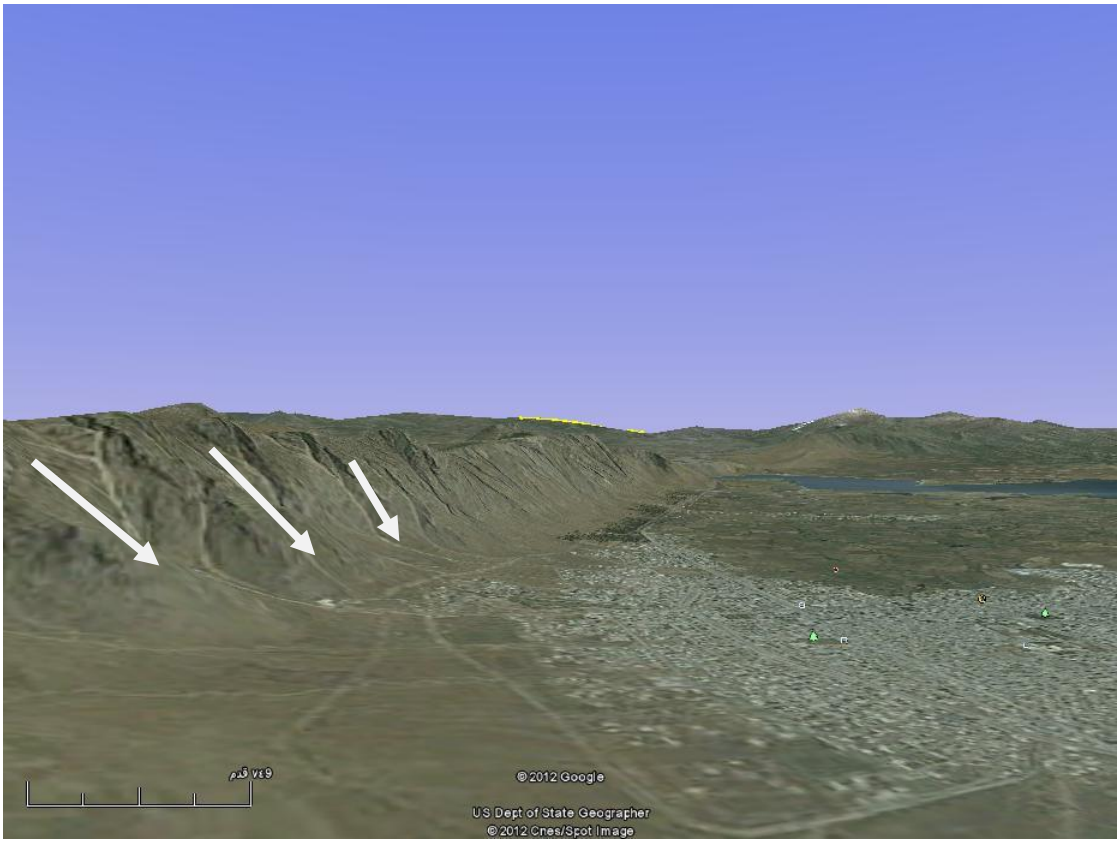
يحدث الزحف أو الحركة البطيئة على المنحدرات المعتدلة والبطيئة الانحدار التي تتكون من طبقة سميكة من التربة والمفتتات الكتل الصخرية، وبشكل واضح في المناطق الرطبة ، حيث تتعرض تلك التكوينات إلى الزحف نحو الأسفل عندما تتشبع بالماء بعد سقوط الأمطار وذوبان الثلوج ودون تكون مجاري مائية، حيث تفقد التربة والمفتتات قوة تماسكها الداخلية فتخضع لقوة الجذب نحو الأسفل وبشكل بطيء لذا لا تترك أثار كبيرة على تلك السفوح حيث تظهر بعض التشققات فيها كما تظهر الآثار واضحة على بعض الأنشطة البشرية مثل ميل أعمدة الكهرباء أو التلغراف أو الأشجار أو تشقق جدران الأبنية أو والاسيجة شكل رقم (3- 28).[16]

وقد يكون الزحف على شكل كتل صخرية مختلفة الأحجام وتتحرك ببطيء فوق السفوح ولمسافات قصيرة قد تكون من أعلاها إلى وسطها أو من وسطها إلى أسفلها.

وقد تحدث تلك الظاهرة نتيجة لتبادل ظاهرتي التمدد والانكماش لمكونات السفوح والناتجة عن عمليات التجمد والذوبان أو الرطوبة والجفاف.

ومن اثأر عمليات الزحف أنها تؤدي إلى انحناء أنابيب المياه أو سكك الحديد أو كسرها وانحراف الطرق في الأجزاء التي تتعرض للزحف وميل وتشقق الأبنية فتقلل من كفاءتها.

زحف مكونات السفوح تشققات ارضية



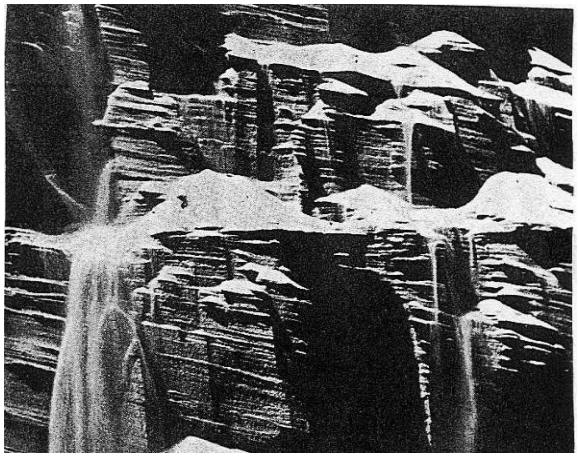
موضع احد المدن أسفل سفوح الجبال (مدينة رانية)

6- الانهـــــــــــــــــــيال:

تحدث هذه الظاهرة في السفوح الرملية الشديدة الانحدار، حيث تتحرك الرمال من أعلى المنحدر إلى أسفله وكأنها ماء جاري وفي السفوح الجرفية تكون كالشلال، شكل رقم(3- 29)
ونظرا لضعف تماسك الرمل لذا تتعرض مثل تلك السفوح إلى عمليات تجوية وتعرية أكثر من غيرها، وتشهد السفوح الرملية عمليات انهيال واسعة عند تقويض الأجزاء السفلى منها، وعليه تشهد تراجعا كبيرا خاصة وان الرمال التي تتحرك من الأعلى نحو الأسفل لا تستقر في مكانها لصغر حجمها وخفة وزنها لذا تحملها الرياح إلى أماكن أخرى، عدا الخشنة والتي تشكل نسبة قليلة تبقى في مكانها.

شكل رقم(3- 29) الانهيال الرملي

أ



يتضح مما تقدم إن تعرض السفوح إلى المملیات المتنوعة من سقوط وانزلاق وهبوط يترتب عليه تغير شكل تلك السفوح, فقد تتحول من محدبة إلى مقعرة أو من منتظمة إلى غير منتظمة أو بالعكس,

سادسا – أسباب تعرض المنحدرات أو السفوح إلى العمليات الجيومورفولوجية.

1- تأكل المنحدرات لأسباب متنوعة كالتعرية المائية أو الثلجية أو حدوث انهيارات سابقة أو أعمال هندسية أو أي نشاط يترتب عليه تأكل أو قطع أجزاء من السفوح.

2- وجود أثقال فوق بعض المواضع من السفوح مثل إقامة أبنية أو تجمع كتل صخرية منهارة من الأعلى أو تجمع الثلوج ومياه الأمطار، والتي تؤدي إلى زيادة وزن مكونات السفوح فتتعرض إلى الحركة من موضعها متخذة إحدى أشكال الحركة المارة الذكر.

3- ارتفاع نسبة المياه في الطبقات والتكوينات السطحية وتحت السطحية والتي تعمل على أضعاف تماسك تلك التكوينات فينتج عن ذلك انفصال وانزلاق أجزاء منها أو كتل كبيرة تتحرك نحو الأسفل.

4- التعرض إلى هزات أرضية بعضها ناتج عن تفجيرات تستخدم في قلع صخور بعض المواضع لغرض استغلال السفوح أو الصخور، فينتج عن ذلك تفكك الصخور وزيادة الفواصل والشقوق ضمنها والتي تقلل من تماسكها وتسمح للمياه و الثلوج بالتغلغل إلى داخل تلك الطبقات فتزيد من ضعف تماسكها.[17]

5- تأثير عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة وتساقط بأنواعه ورياح والتي يترتب عليها عمليات تعرية وتجوية.

6- تباين بنية الطبقات الصخرية المكونة للسفوح رأسيا, ففي بعض السفوح تمتد طبقة صلبة فوق طبقة هشة رملية أو طينية تسهل عملية الانزلاق خاصة عندما تكون رطبة.

7- احتواء الطبقات الصخرية على تراكيب ثانوية كالفواصل والشقوق والطيات والانكسارات التي تسهم في تنشيط عمليات التعرية والتجوية، وما يترتب عليها من تطورات مثل تحول بعض المعادن الأصلية إلى معادن طينية لها القابلية على امتصاص الماء والانتفاخ مثل المنتمورولنايت، فتتحول

إلى مادة صابونية تزيد من سرعة حركة الكتل الصخرية فوقها عند سقوط الأمطار، حيث تؤدي إلى حدوث انزلا قات مفاجأة ومدمرة.

8- قلة الغطاء النباتي على السفوح يقلل من تماسك مكوناتها لذا تتعرض السفوح الجرداء إلى عمليات تعرية وتجوية على نطاق أوسع.

9- الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية المكونة للسفوح ونوع مكوناتها، إذ تختلف مكونات السفوح من مكان لأخر وحتى في السفح الواحد تختلف العليا عن السفلى فينتج عن ذلك تركز العمليات الجيومورفولوجية في مواضع معينة من السفوح أكثر من غيرها، إي تتركز في التكوينات الضعيفة التماسك، وعلى العموم تتخذ الطبقات والكتل الصخرية في السفوح أوضاعا وأشكالا مختلفة منها ما يأتي:

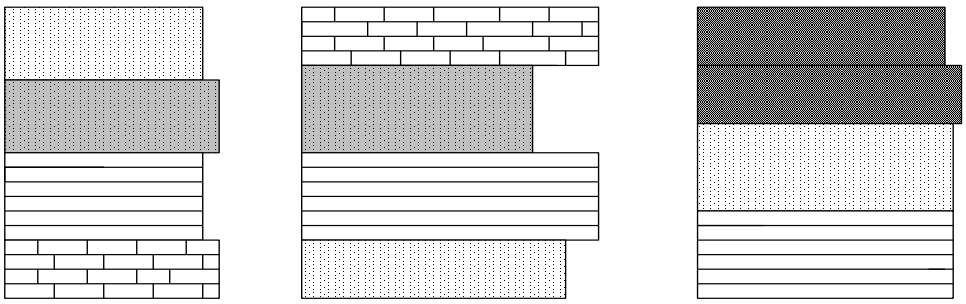
أ- الامتداد الأفقي:-

تتخذ الطبقات الصخرية في بعض السفوح وضع أفقي في امتدادها رغم تباين سمكها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، والتي تعبر عن مدى صلابة وضعف تلك الصخور واستجابتها لعمليات التعرية والتجوية، ويمكن ملاحظة ذلك بشكل واضح في السفوح المقطوعة كما في الشكل رقم(3-31أ)، ويظهر مكشف الطبقات المتباينة الصلابة بشكل متعرج حيث تتراجع الطبقات الضعيفة وتتقدم الصلبة بشكل بارز إلى الأمام، وقد يؤدي التراجع الكبير في الطبقات الضعيفة إلى انهيار الصلبة التي تعلوها خاصة إذا كانت قليلة السمك ويصل امتدادها الحر إلى الأمام أكثر من متر لزوال قاعدة ارتكازها المتمثلة بالطبقة التي تحتها، وتزداد في الطبقات التي تتضمن فواصل وشقوق كثيرة شكل رقم(3-31ب).

وقد تكون الطبقات الصخرية في بعض السفوح قليلة التباين في خصائصها، أي تكون متقاربة في الصلابة أو في الضعف ألا انه يوجد تباين في السمك لذا تكون مكاشف تلك الطبقات قليلة التعرج ، حيث تكون استجابة الطبقات الصلبة لعمليات التعرية والتجوية قليلة، إما الطبقات الضعيفة فتتراجع بدرجات متقاربة أيضا لذا تتخذ أشكال متقاربة، شكل رقم (3-31ج).

شكل رقم(3-31) امتداد الطبقات الصخرية الأفقي واثر العمليات فيها

أ ب ج

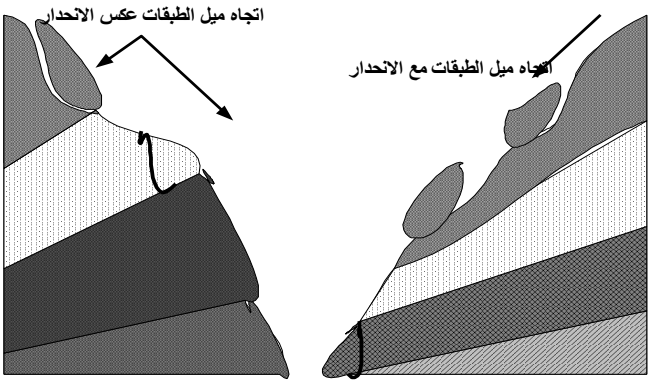


ب- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية بشكل مائل باتجاه الانحدار:

تمتد الطبقات الصخرية في بعض السفوح بشكل مائل باتجاه الانحدار وهذا ما يجعلها أكثر خطورة من النوع السابق حيث يساعد الميل على تحرك الكتل المنفصلة من الطبقات الأصلية نحو الأسفل وتزداد سرعة الحركة مع زيادة درجة الميل، لذا تشهد مثل تلك السفوح عمليات انزلاق وهبوط وسقوط أكثر من غيرها وخاصة في المناطق الرطبة، وقد تسهم عمليات قطع أجزاء من السفوح في تنشيط تلك العمليات، شكل رقم(3- 32أ).

شكل رقم (3-32) ميل الطبقات

أ ب



د- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية باتجاه معاكس لميل المنحدر:

تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضعا مختلفا عما مر ذكره حيث تميل الطبقات الصخرية بعكس ميل المنحدر، ومن المظاهر التي تتضمن ذلك والكويستات إذ تكون شديدة الانحدار باتجاه المنحدر الاان ميل الطبقات الصخرية إلى الوراء ببطيء، شكل رقم (3-32ب)، وتعد تلك السفوح اقل خطورة من الأنواع السابقة بسبب عدم تحرك الكتل الصخرية المنفصلة من الطبقات إلى الأسفل بسرعة لميل الطبقات بشكل معاكس لذا يكون تأثير الجاذبية محدودا.

ج- امتداد الطبقة الصخرية السطحية باتجاه الانحدار:

تغطي بعض السفوح طبقة صخرية غير سميكة لذا تتأثر بالمؤثرات الخارجية مثل عناصر المناخ فتعمل على تفككها وتشققها فينتج عن ذلك انزلاق كتل منها نحو أسفل تلك السفوح، وتزداد عمليات انزلاق تلك الكتل عندما يكون السطح الذي تتحرك فوقه أملس،أو عند إزالة الأجزاء السفلى من تلك الطبقة، شكل رقم(3- 33أ). لعدم تماسك مكونات السفوح التي تتضمنها وعدم ارتباط تلك الكتل بطبقات، لذا تعد مصدر خطر على المنشآت التي تقام

و- كتل صخرية غير طبقية:

تتكون بعض السفوح من تكوينات هشة تتضمن كتل صخرية بأحجام وأوضاع مختلفة، والتي تظهر واضحة في بعض السفوح وغير واضحة في سفوح أخرى الأبعد إزالة الطبقات السطحية التي تغطيها، وتكون تلك الكتل قابلة للسقوط أو الانزلاق فوق أو أسفل مثل تلك السفوح، شكل رقم(3- 33ج).

سابعا – أساليب الحد من مخاطر العمليات التي تتعرض لها السفوح:

1- تقليل كمية الرطوبة في تربة وتكوينات المنحدرات المختلفة بواسطة حفر خنادق كونكريتية أو مد أنابيب لنقل المياه من أعلى السفوح إلى أسفلها أو حفر أبار عميقة لتجميع المياه وضخها بعيدا عن السفوح، أو من خلال تغطية تلك السفوح بمواد غير نفيذة كالأسمنت أو الإسفلت أو أي مادة كيميائية تزيد من تماسك المواد المفككة السطحية فتقلل من مسا ميتها و تسرب المياه إلى داخل تكوينات السفوح.

2- إقامة جدران ساندة أسفل السفوح لحماية المنشآت والمشاريع المقامة في تلك المناطق للحيلولة دون وصول الكتل الصخرية المتحركة من الأعلى إليها، ويتوقف ذلك على على طبيعة المنحدر وربما لا يسمح وضعه الطبيعي من حيث التكوينات وشدة الانحدار بذلك.

3- تسوية أو تعديل المنحدرات لتقليل درجة انحدارها من خلال قشط المناطق المرتفعة أو المحدبة ودفن المناطق المنخفضة، أو عمل مصاطب صخرية على شكل مدرجات تستقر عليها الكتل الصخرية والمواد المتحركة من الأعلى وتكون على مستويات ومسافات تحقق الغرض المطلوب، وفي مثل هذه الحالة يجب تنظيم تصريف المياه عبر كل مسطبة لمنع ما يترتب عليها من تعرية وتجوية والمشاكل المترتبة على ذلك.

4- عمل أسلاك شائكة ومشبكة وحسب طبيعة المنحدر من حيث الشدة والتكوين، ففي بعض السفوح تكون خط واحد من تلك الأسلاك لحجز الكتل المتحركة فوق السفوح ومنع وصولها إلى الأسفل، وفي حالة استخدام الأسلاك الشائكة تكون المسافة بين خط وأخر رأسيا لأتزيد عن 20سم، وقد تقتضي الحاجة إلى إنشاء أكثر من خط وعلى مسافات متباعدة، أي تكون مثلا في وسط المنحدر وأسفله، وفي بعض الأحيان يتم مد خطين متوازيين من الأسلاك المشبكة وعلى مسافة لأتزيد عن نصف متر وتثبت بقضبان حديدية أو جدران كونكريتية ويملأ وسطهما بالصخور أو الجلاميد فتكون أكثر ثباتا من الأنواع السابقة.

5- استخدام مسامير حديدية ضخمة لتثبيت الكتل الصخرية الضعيفة الاستقرار في أعلى السفوح ومنع سقوطها وخاصة في المناطق التي يوجد في سفل تلك الكتل أنشطة بشرية.

6- تغطية السفوح الشديدة الانحدار وذات تكوينات غير متماسكة بأسلاك مشبكة لحماية ما تحتها من أنشطة مثل طريق أو سكة حديد، وتحتاج إلى هذالمائية. السفوح التي يتم قطعها لإقامة نشاط معين، وقد استخدم هذا الأسلوب في الأردن لحماية جزء من طريق عمان اربد الذي يمر أسفل سفوح مقطوعة ضعيفة التماسك.

7- إزالة بعض الأحمال أو الأوزان من فوق السفوح غير المستقرة مثل الكتل الصخرية التي تجمعت فوقها أو الثلوج المتجمعة أو إزالة أبنية في حالة وجود مخاطر عليها.

8- تثبيت أوتاد حديدية أو خشبية في السفوح المعتدلة والبطيئة وذات تكوينات ضعيفة التماسك و يحتمل تحركها.

9- غرس أشجار في السفوح الهشة وضعيفة التماسك والتي تعمل جذورها على تثبيت مكونات تلك السفوح والحد من تحركها، فضلا عن الحد من التعرية المائية .

10- عمل حواجز من الصخور المتوفرة على السفوح التي تتعرض إلى عمليات الانزلاق والهبوط وبشكل يتعامد على اتجاه الانحدار وفي المواضع المستقرة من تلك السفوح، ويمكن عمل أكثر من حاجز إذا تطلب الأمر ذلك.