

琉球大学学術リポジトリ

島尻層泥岩地帯における切土法面の変状・崩壊の実態

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): 泥岩, 切土法面, 法面保護工, 法面崩壊, 風化, 不連続面, 推持管理 キーワード (En): Mudstone, Cutting slope, Slope protection work, Slope failure, Weathering, Discontinuous plane, Maintenance 作成者: 小宮, 康明, 新城, 俊也, 宮城, 調勝 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3606

島尻層泥岩地帯における切土法面の変状・崩壊の実態

小宮康明・新城俊也・宮城調勝

Yasuaki KOMIYA, Toshiya SHINJO and Norikatsu MIYAGI

Actual condition of transformation state and failure of cutting slopes in Shimajiri mudstone zone

キーワード：泥岩、切土法面、法面保護工、法面崩壊、風化、不連続面、維持管理

Key words : Mudstone, Cutting slope, Slope protection work, Slope failure, Weathering, Discontinuous plane, Maintenance

Summary

It investigated actual condition on transformation state and slope failure on the cutting slopes in the Neocene Shimajiri mudstone zone in Okinawa Island. Main results are as follows.

1. Mudstone cutting slope created in the agriculture farming village is 20m height or less, and there are many results of protecting the slope surface using concrete block retaining wall and vegetation.

2. It tended to mainly generate the slope failure in the slope where a passed year from the construction was long, and in the slope with slope protection work of open type than closed type. As the result, it was indicated that the slope failure was related to the degradation of the slope.

3. The cutting slope becomes easy to failure when the rain falls over 100mm per a day and the generation number of slope failure increases, as connected amount of rainfall is more abounding. It was indicated that existence of discontinuous plane such as the small fault and infiltration of rainwater were related to the slope failure.

4. It seems to be possible to reduce the generation of the slope failure, if the slope is checked prior to Rainy season and typhoon, and the abnormal position are urgently restored, and prevention from entering of the rainfall to the slope and drainage promotion of spring water from the slope is carried out.

いる。これらの切土法面には法面保護工が施されているにもかかわらず法面の変状や崩壊が発生し、関係機関による法面の補修が行われており、なかには高価なグラウンドアンカー工や杭工などの抑止力を有する工法による法面の補強が実施されるケースも出現している。このような切土法面の補強は法面の変状が風化に伴う泥岩の強度低下に起因した崩壊の兆候と判定されて実施されているケースが多い。しかしながら、切土法面は風化を受けるだけでなく切土によって応力解放も受けるため変状の原因を明らかにすることは容易なことではない。

本研究では、まず、農業農村整備事業によって造成された島尻層泥岩の切土法面についての資料調査および現況調査を行い、法面変状・崩壊の特徴を明らかにし、得られた結果を総合して泥岩切土法面の合理的な点検・維持管理方法を見いだすことを研究の目標とした。

調査方法

1. 調査対象地域

調査対象地域は沖縄本島南部の糸満市、豊見城市、具志頭村、知念村、玉城村、南風原町、大里村、佐敷町、与那原町および東風平町の泥岩が分布する地域の農業農村整備地区に限定した。

2. 資料調査方法

沖縄県農林水産部南部農林土木事務所において、過去に実施された県営及び団体営の農業農村整備事業地区を市町村ごとに示した農業農村整備事業管理計画図から泥岩分布地域での事業の実施場所と実施期間を整理し、実施期間は

緒言

沖縄本島中南部地域では新第三紀から第四紀のはじめにかけて堆積した島尻層泥岩の切土法面が数多く造成されて

昭和48～57年、昭和58～平成4年、平成5～13年の3期間に分け、切土法面の造成後の経過年数を3期間に分類した。また、過去5年間に行われた「災害復旧事業」の中から泥岩切土法面に関する災害を抽出し、災害及び被災状況、復旧工事計画、施工位置を調査した。さらに災害復旧事業よりも緊急性を要しない「ため池等整備事業」の過去5年間の完了地区調査からも被害状況、工事計画（防止施設の内容）を調べた。次に、沖縄気象台の那覇の気象データから平成8年から平成13年まで過去6年分の日降雨量を調べた。

3. 現地調査方法

該当する農業農村整備事業地区の切土法面を踏査し、法面の横断形状と法線の向きをそれぞれ巻尺、傾斜計、クリノメーター等を用いて調べた。また、それぞれの法面について法面保護工の種類、法面の変状・崩壊状況、湧水の状況等について調査した。

調査結果と考察

1. 切土法面の種類

1.1 法面保護工の種類

泥岩切土法面は造成直後は安定しているが、数ヶ月程度大気や降雨にさらされると乾湿風化により無数の亀裂が法面に発生し、表層は土砂化し侵食されやすくなる。その防止のため切土面には何らかの保護工を行う必要がある。法面保護工の種類には、モルタル吹付け工のような雨水を浸透させない密閉型と植生工のような雨水を透す開放型に分

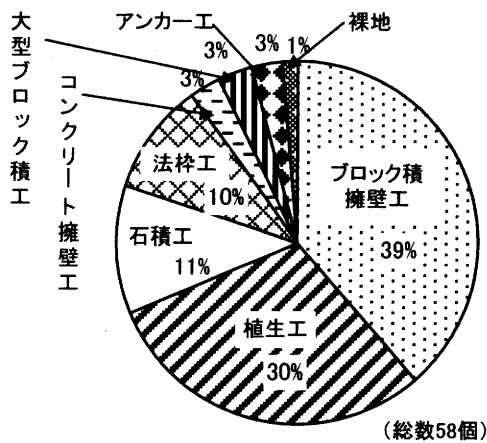


図-1 切土法面保護工の種類

けられる。植生工は植生により雨水による侵食を防止することを目的とし、モルタル吹付け工は地山を密閉することにより風化や侵食を抑制し、土砂の流出や落石を防止する。間知ブロック積擁壁工は土圧の計算は考慮しないがある程度の土圧に対抗でき、地山の安定を図ることができる。アンカー工や杭工は土圧を考慮して設計され用地の確保が困難な急勾配の場所で施工される。このように法面保護工は多種多様にわたり、最も安価な植生工と最も高価な重力式コンクリート擁壁工では約100倍の単価差があると言われ、法面保護工の選定はその目的により慎重に検討される必要がある。

図-1は調査した総数58の切土法面の法面保護工の種類別割合である。切土法面が農道の周りに多かったためか、間知ブロック積擁壁工が最も多くみられ、安価で景観に優れている植生工も多くみられた。また、高価でその施工も容易でないアンカー工や重力式コンクリート擁壁工の数は少なかった。

表-1は各施工年代別にみた法面保護工の種類とその数を示している。S48～57年では、間知ブロック積擁壁工が多く、次いで植生工が多く見られる。最近では自然環境や景観重視から間知ブロック積擁壁工に変わり琉球石灰岩の石積工や法枠工に種子吹付け客土や栗石を詰める工法がよく見られる。法面勾配が1:0.8以上の急勾配な場合や比較的大きな土圧が作用する箇所にはロックボルト、グラウンドアンカー工が施工され、植生工と法枠工との多数の工法を併用した保護工も見られた。

1.2 切土法面の断面形状

表-2は切土法面の直高分布を示したものである。法面の高さは2～20mの範囲にあって、直高3～6mの切土法面が最も多く造成されていた。この切土高では法面保護工は間知ブロック積擁壁工の割合が多かった。これは間知ブロック積擁壁工は直高7m以内、法長10m以内で用いることが原則とされているためである。切土高10mを超える間知ブロック積擁壁工の法面では上部を法枠工で保護し、小段を数段設けて枠の中を植生する工法が見られた。

法面勾配の決定においては、地質構成、法高、降雨、地表水、地下水の状態、付近の既存法面の勾配と崩壊の関係、変状の有無等を参考にして、技術者の経験によって、必要に応じて各種の解析を行って最終的な勾配が決定されているようである。また、法面勾配の基準には、「労働安全衛生規則」と「宅地造成等規制法施工令」で定められているもののほか、特定の土質、岩質、地域等を対象としたものがある¹⁾。また、一般的に乾湿風化の影響を受けやすい泥岩は、吸水膨張もしやすいと考えられ吸水量増加率等の検討結果

表-1 施工年代別の法面保護工の種類

	ブロック積擁壁工	植生工	石積工	法枠工	コンクリート擁壁工	ブロック積工	アンカー工	合計
S48～S57	14	5	1	0	2	0	0	22
S58～H4	5	11	1	3	0	2	0	22
H5～H13	1	5	4	3	0	0	1	14

表-2 切土法面の直高

高さ(m)	3未満	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~21
個数	11	25	14	4	2	1	1

表-3 切土法面の勾配

勾配	1:0.3未満	1:0.3~1:0.6	1:0.6~1:0.9	1:0.9~1:1.2	1:1.2以上
個数	6	28	4	10	10

で条件の良いもので平均勾配（法肩と法尻を結ぶ線の勾配）が1:0.8~1.0、悪いものが1:1.2の勾配が多いとされている²⁾。

表-3は切土法面の勾配を1:0.3未満、1:0.3~0.6、1:0.6~1:0.9、1:0.9~1:1.2、1:1.2以上の5段階に分けて分類したものである。切土法面は30°から80°の範囲で造成されており、1:0.3以下の法面は重力式コンクリート擁壁や大型ブロック積工が多く見られた。1:0.3~1:0.6では間知ブロック積擁壁工が28例中20例みられた。1:0.9~1:1.2と1:1.2以上では植生工と法枠工が大半を占めていた。このように法面勾配の違いにより法面保護工の種類は異なっている。

2. 切土法面の変状・崩壊の実態

2.1 法面の変状・崩壊の種類

調査した切土法面の崩壊と変状の種類を表-4に示す。法面変状・崩壊の種類が多かったのは、法面の小規模な崩落・崩壊で大規模なものになると間知ブロック積擁壁工や周辺の構造物をも巻き込んだ大規模崩壊性地すべりが見られた。土砂の崩落はなかったが、法枠のはらみや小段排水路の陥没等がみられ、そのまま放置しておく危険な箇所も幾つか確認された。植生法面と裸地法面では法面をほぼ一様な厚さで浸食する層状浸食、流水が各所に集まって細流となって流れるときに起きるリル浸食、法面に筋上に集まった水が次第に洗掘作用により大きな溝をつくるガリ浸食が確認された。間知ブロック積擁壁工において上部の法面は安定を保っているにもかかわらずブロックに水平、垂直亀裂が確認された。これは、足元1m付近から天端までのあらゆる箇所で発見され長いもので13mにも及んだ。確認された

表-4 切土法面の変状・崩壊の発生件数

発生内容	件数
ブロック積擁壁の亀裂	12
法面土砂の崩落・小崩壊	11
大規模崩壊性地すべり	3
小段排水路の陥没	3
浸食	3
ブロック積擁壁の崩壊	2
法枠のはらみ	1
石灰岩の崩落	1

表-5 切土法面勾配と崩壊の関係

	1:0.3未満	1:0.3~0.6	1:0.6以上	合計
崩壊あり(A)	3	3	9	15
崩壊なし(B)	4	25	15	44
A/(A+B) (%)	43	11	38	25

亀裂は閉塞亀裂が多かったが開口しているのも見られた。この亀裂からは石灰分がにじみ出ているものも多く見られた。石灰分が泥岩中の方解石、裏込め材である琉球石灰岩の栗石あるいは間知ブロックのいずれから溶出したものであるかの確認はできなかった。また、この水平亀裂はコールドジョイントで発生していることが推定されたが、亀裂の発生原因を特定するには至らなかった。

2.2 法面崩壊の特徴

表-5は法面勾配別に法面崩壊の発生件数および崩壊発生率を示している。法面崩壊は勾配が急なもので発生数が多いとは言えない。勾配が緩いものには開放型の植生工が多く施工されている。勾配が1:0.3~0.6の範囲のものには密閉型の間知ブロック積擁壁工が多い。したがって、法面崩壊は法面の勾配のみならず法面の多様な性質が関連しあっ

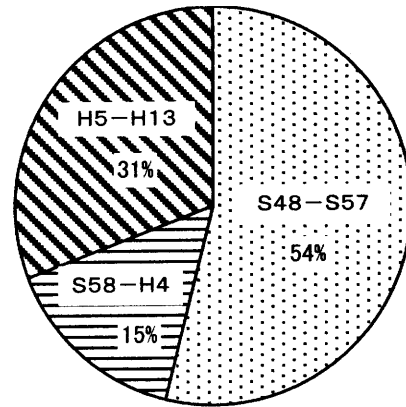


図-2 崩壊法面の施工期間別の発生割合

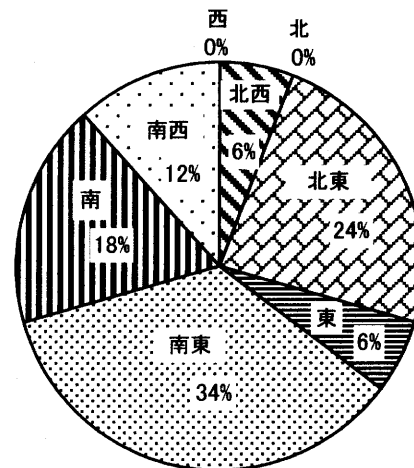


図-3 崩壊法面の向き

表-6 湧水と法面変状の関係

	ブロック 積擁壁工	植生工	石積工	法枠工	アンカー 工	裸地	合計
湧水法面	5	1	1	2	1	1	11
変状あり	4	1	0	2	1	1	9
変状なし	1	0	1	0	0	0	2

て発生していることが示唆される。

図-2は施工期間別に崩壊した切土法面の割合を示している。法面崩壊の発生はS48~57年に造成された切土法面で最も多く見られる。次にH5~13年に造成された切土法面で多く、しかも植生法面のような開放型法面の崩壊が多く見られた。このことから法面保護工のタイプに多少の違いがみられるものの、法面崩壊は法面の劣化と関係していると言えよう。

図-3は崩壊切土法面の法線方向の割合を示したものである。崩壊が発生した法面の向きをしてみると南東、南、南西方向に発生頻度が多い。これは南側斜面を切る時に崩壊することが多いので注意を払いながら工事をするという関係者の経験と重なり、また南側向きの小断層が多いことも符号する³⁾。

表-6は湧水がみられる法面数と法面変状の関係を示している。湧水がみられる切土法面では高い割合で変状が発生しているのが分かる。泥岩は不透水性であるため、湧水は泥岩層に介在する凝灰岩薄層あるいは泥岩層に発生している連続する亀裂や破碎帯からのものと考えられる。

以上に述べたような変状・崩壊の特徴は地盤内に存在している小断層等の不連続面に関係していることを示唆しており、不連続面の位置を精度良く探査し、不連続面内の水

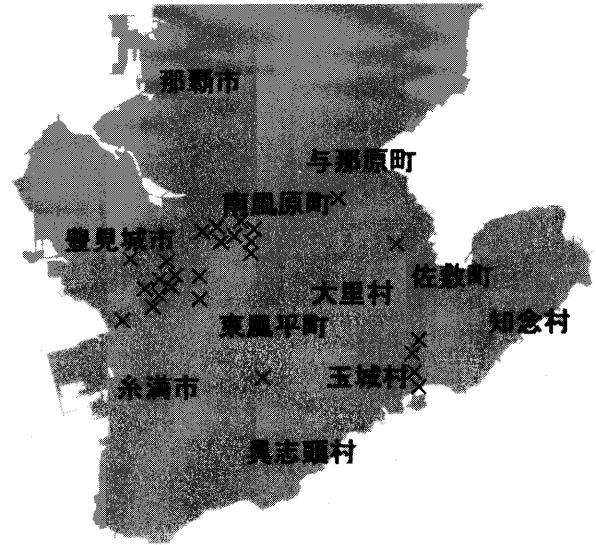


図-4 法面崩壊の発生地点

の動向を観測することが法面を維持管理する上で重要であり、法面崩壊を予知し防止につながるものと思われる。

2.3 法面崩壊の発生場所と災害雨量

農林水産省では災害復旧事業の対象となる「災害原因」を雨の場合、時間雨量 20mm 以上、24 時間雨量 80mm 以上と定めている。対象となる農地は実際に耕作している土地で、土地台帳上の地目ではなく、現に肥培管理を行っている土地のほか、耕作しようとするれば、直ちに農地として使用できる休耕地等も対象としている。農業用施設は、ため池、頭首工、用排水路、楊排水機、堤防等のかんがい施設、幅員 1.2m 以上の農道及び橋梁、被災農地が複数の場合における土止工、承水路、排水工等の農地保全施設としている。

このような災害復旧事業の対象となった H8 年から H13

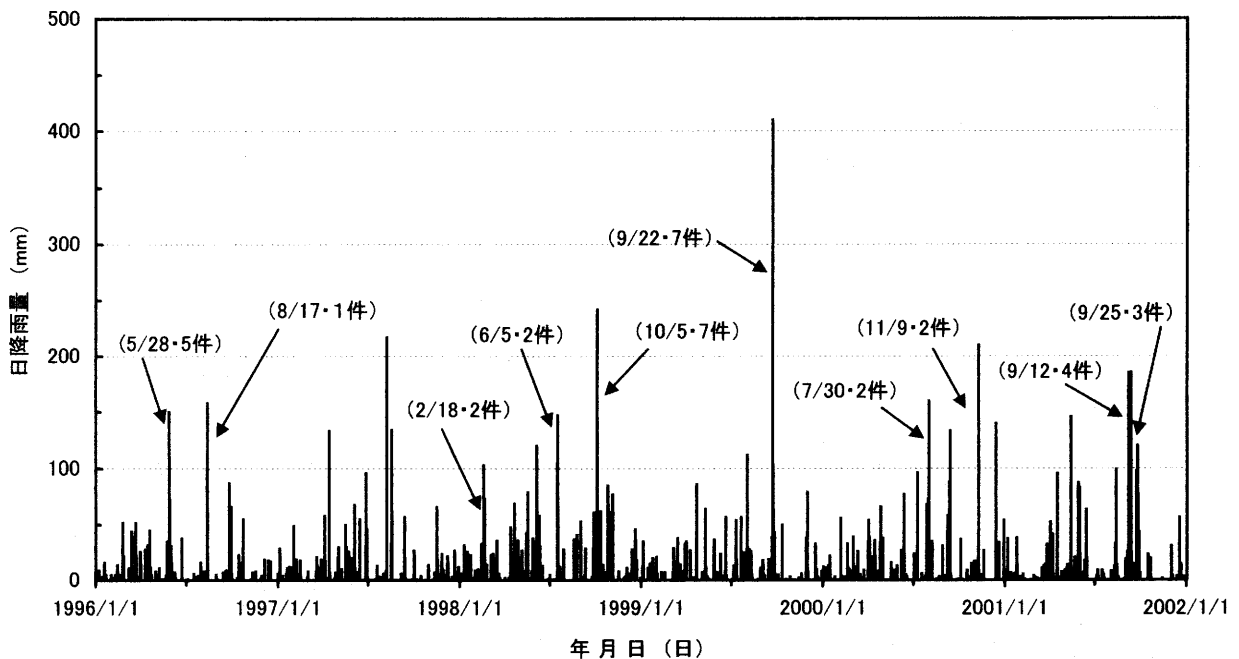


図-5 日降雨量と災害発生の関係

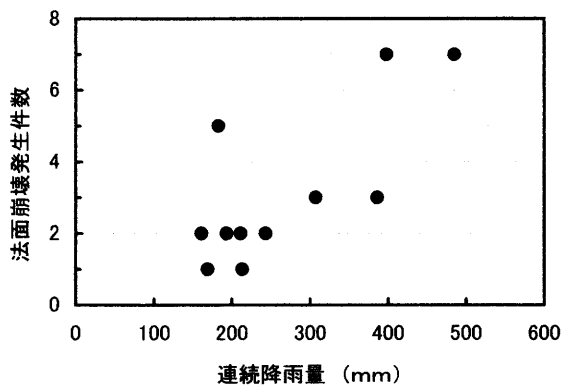


図-6 法面崩壊と連続降雨量の関係

年までの過去5年間の泥岩切土法面の災害発生地点を図-4に示す。豊見城市保栄茂・渡嘉敷、豊見城市長堂・饒波、玉城村百名・当山地区では法面崩壊が集中している。豊見城市の2地区には島尻層群与那原層中部の泥岩が分布し、玉城村の百名・当山地区には島尻層群の中では相対的に強度の小さい新里層泥岩が分布している。これは法面崩壊が岩質よりも断層や地形等の強度以外の影響を強く受けて発生することを示唆している。また、災害発生日の日降雨量および日降雨量と災害発生件数の関係をそれぞれ図-5と図-6に示す。島尻泥岩層での切土法面の崩壊は降雨に関係して発生しているが、日降雨量が100mmを超えると災害の発生頻度が高くなるのが分かる。また、連続降雨量の増加に伴って災害の発生件数が増える傾向も見られる。

摘要

島尻層泥岩地帯の農業・農村整備事業で造成された泥岩切土法面について調査を行い、次のようなことが明らかになった。

- (1) 切土法面には多くの種類の法面保護工が施工されているが、近年では自然環境や景観重視から間知ブロック積工が減り、琉球石灰岩の石積工や法枠工が増える傾向にある。
- (2) 切土法面は勾配が1:0.3~1.4の範囲で直高が20m以内

で施工されており、直高3~6mの法面が最も多く造成されている。

- (3) 切土法面では間知ブロック積工の水平あるいは垂直方向の亀裂や植生工の崩落・崩壊が多く発生しており、法面崩壊は施工の古い法面や植生法面のような開放型法面保護工の法面で発生頻度が多いことが認められ、法面の劣化に関係していることが示唆された。
- (4) 法面崩壊は南側向きで湧水のみられる法面で日降雨量が100mmを超えると発生しやすくなり、同一地区に集中する傾向がみられた。

以上のことから、法面崩壊には小断層等の不連続面の存在と雨水の浸透が強く関係していることが示唆された。そこで切土工事に先立って調査ボーリング孔を削孔し、不連続面の存在とその位置関係を明らかにし、そのボーリング孔は埋め戻さずに法面の地下水状況や変位の観測手段として活用することを提案したい。また、法面の維持管理方法として、梅雨時期や台風等の長雨シーズンの前に点検を行い、排水機能等の法面の状態を把握し異常が発見されれば早急に修復し、また、法面内の湧水の排水処理を行うことが法面崩壊を減らすに有効な方法であると考えられる。

本研究は平成13~14年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)(2)、課題番号13660248)を受けた。また、調査を遂行するにあたり多くの方々からご協力を頂きました。資料調査に際しては沖縄県南部農林土木事務所および沖縄県農林水産部農地建設課に、現地調査に際しては豊見城市、東風平町、糸満市、知念村、南風原町、佐敷町、与那原町等の各市町村の担当課および元学生喜屋武寛淳氏(座波建設)に、それぞれお世話になった。ここに記して謝意を表す。

引用文献

1. 地盤工学会編 1998: 切土法面の調査・設計から施工まで、地盤工学会、pp.133-173
2. 日本道路協会編 1999: 道路土工のり面工・斜面安定工指針、日本道路協会、pp.137-155
3. 江藤哲人 1978: 沖縄本島の島尻層群中にみられる小断層群の性状と新旧関係、琉球列島の地質学研究、第3巻、pp.93-97