琉球大学学術リポジトリ

第三紀島尻層における地すべり・崩壊について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学理工学部 公開日: 2013-05-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上原, 方成, Uehara, Hosei メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/26098

第三紀島尻層における地すべり・崩壊について

上　原　方　成*

Land Slides in middle and Southern Areas of Okinawa Island.

Hosei UEHARA

Synopsis

In the present paper, the results of landcreep and landslide surveys in the Shimajiri Formation of Okinawa-jima are reported. The Shimajiri Formation was sedimented in the sea during the tertiary period, and it consists of mudstone (silty clay) layer, sandstone (fine silty soils) layer and silty tuff layer. The more areas of middle and southern Okinawa-jima are covered with those layers and their weathered soils. The formation is usually taken as soft rocks, but it is errosive and susceptible of weathering. The ground failures (creeps and slides) of these areas are caused by weathering of the rocks, surface water and seepage flow from rainfall, and groundwater flow in the fromation. To prevent the disaster from the failures, the geomorphologic, geologic and engineering characteristics of the formation must be investigated and the work is under way.

I　まえがき

沖縄島中南部において基盤または表層をなすものは，地質学的に，第三紀層に属する島尻層およびその風化層が大部分である。この地域において，近年，住宅用地，農業用地，工業用地，レジャー施設用地などの土地造成や道路の改良・新設が盛んに行なわれており，今後もそれは増加するものと思われる。この島尻層においては，以前から，ずい所に，地すべり，崩壊および土石流が発生しているのだが，最近，多発の傾向にある。その結果，年々，特に雨期や台風シーズンにおける災害問題として，その対策が重大事となり，そのための調査および研究が望まれている。

筆者は，昨年来このことに関して，中南部における実態調査を行ない，資料等の蒐集につとめてきたが，こゝに若干の見解をもつにいたったので，一部報告することにした。なお，本報文は，短期間の調査に基づく故に不充分であるとともに，実証的なものも，充分得られていないので，今後，継続して研究をすゝめ，補足していかねばならない。

受付：1973年10月31日

＊琉球大学理工学部土木工学科

II　島尻層の地質学的条件

島尻層は，新第三紀の中新世（上部）から鮮新世にかけて海中にて堆積されたものであるが，その堆積環境については，未だ明確にされていない。地質学的事項に関しては，半沢博士，小西博士，通産省地質調査所の沖縄天然ガス調査団らによって，かなり詳しく報告されている。特に，天然ガス調査団の島尻層に関する地表地質調査の成果1)は大なるものがあり，それによると，表1～3に示されるもののようである。沖縄県立教育センター編集の沖縄県地質図には，次のように記されている。

表—1　沖縄本島中南部の新世界層序区分対照表

<table>
<tr><th>紀</th><th>世</th><th>半　沢（1933）</th><th colspan="4">Mac Neil（1960）</th><th colspan="3">牧野・樋口（1937）</th><th colspan="3">福田・影山（1967）</th></tr>
<tr><td rowspan="2">第四紀</td><td>更新世</td><td></td><td colspan="4">隆紀海浜堆積物及び砂丘</td><td colspan="3" rowspan="6">琉球石灰岩</td><td colspan="3" rowspan="6">琉球石灰岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">洪積世</td><td>隆起海浜堆積物</td><td rowspan="4">琉球層群</td><td rowspan="2">礫層（一部国頭礫層）</td><td colspan="2">牧港石灰岩</td></tr>
<tr><td>国頭礫層</td><td rowspan="3">読谷石灰岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">第三紀</td><td rowspan="2">鮮新世</td><td>琉球石灰岩</td><td rowspan="3">那覇石灰岩</td><td rowspan="3">知念砂層</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">中新世</td><td rowspan="2">島尻層群</td><td rowspan="2">島尻累層</td><td colspan="2">新里凝灰岩</td><td rowspan="2">島尻層群</td><td colspan="2">新里層</td><td rowspan="2">島尻層群</td><td colspan="2">新里層</td></tr>
<tr><td>与那原粘土層</td><td>粘土・シルト質砂層
塊状砂層</td><td rowspan="2">与那原層</td><td>南風原部層</td><td rowspan="2">与那原層</td><td rowspan="2">小禄砂岩</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>小禄部層</td><td>那覇層</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>未区分</td></tr>
</table>

表—2　地表地質調査による島尻層群地質層序

（工業研究指導報告３号1970）

地層名		層厚	特徴
新里層		250 m	1. 与那原層の上に整合に重なる。 2. 琉球石灰岩を主とする第四系におおわれている。 3. 基底部が砂岩を主にそれより上位が粘土岩を主にした互層である。 4. 基底部には磨砂凝灰岩を２～３枚挾むほか，軽石の円礫を多量に含む細～中粒砂岩がある。 5. 本層の主体をなすのは基底部の上に重なる帯緑灰色粘土岩を主とし砂岩を従とする互層で，この部分の上部にも凝灰岩が挾まれており，また中部および上部に貝化石が多産することがある。
与那原層	全体	900 m	1. 島尻層群の主体をなすものでその分布も広い。 2. 本層は主として帯緑あるいは帯青灰色の粘土岩からなる。
	上部層	350 m	1. 本部層の下限は厚さ４～５ m の微細粒砂岩の始まるところとした。 2. 本部層の上位と下位には厚さ 20～30cm の磨砂凝灰岩および安山岩質結晶凝灰岩がある。 3. 本部層は下位の中，下部層と比べて貝化石が多い。
	中部層	500 m	1. 本部層は主として散在する浮石片に富む粘土岩からなる。 2. 全層にわたって凝灰岩の薄層を夾有するが上半部のものは安山岩質，また下半分のものは石英安山岩類である。
	下部層	50～80 m	1. 本部層の最上位には含貝化石細粒砂岩があり与那原層中の良好な鍵層となっている 2. この砂岩は風化すると黄褐色となり，とくに厚く発達する付近では小禄砂岩に似ているが貝化石が含まれていること，および重鉱物組成が異なることから両者を区別することができる。 3. 上記砂岩の下に本部層の主体をなす粘土岩があり中位には厚さ数10cm以下の細～中粒砂岩と凝灰岩の薄層を夾有する。
那覇層		1150 m	1. 層厚約1150 m の厚い地層で地表には最上部の63 m ほどしか露出していない。そのうち60 m は小禄砂岩として知られている砂質岩層である。 2. 小禄砂岩は主として帯緑灰色の粘土，シルト質微細粒～細粒砂岩からなる。 3. 地表において小禄砂岩以下の那覇層がみられるのは那覇市小禄付近と豊見城村我那覇付近だけであり，両地域とも５ m 前後の帯緑灰色の粘土岩がわずかに頭部を現わしているだけである。

表—3　那覇2号井の坑井地質の岩相層序（工研報告3号）

深度区分	地層名	柱状図	岩相	層厚
176～103.5m	F		主として灰色の微細粒砂岩からなり中部に厚さ22mの帯緑色砂質粘土岩を夾有する。	86.5m
103.5～157.8m	G		帯緑灰色粘土岩（微細粒砂岩塊）に富む。	54.3m
157.8～174.0m	H		灰色微細粒砂岩，帯緑灰色粘土岩灰色微細粒砂岩	16.2m
174.0～217.4m	I		主として帯緑灰色粘土岩からなるが，最下部に厚さ約11mの砂質シルト岩を夾有する。	43.4m
217.4～363.3m	J		灰色微細粒砂岩と粘土の互層からなる。含砂率は72.2%	149.9m
363.3～405.0m	K		帯緑灰色粘土岩	41.7m
405.0～426.4m	L		灰色微細粒砂岩と粘土岩の互層からなる。	21.4m
426.4～525.2m	M		帯緑灰色粘土岩	93.8m
525.2～577.4m	N		灰色微細粒砂岩と粘土岩の互層からなり，含砂率は84.1%	52.2m
577.4～704.0m	O		帯緑灰粘土岩	126.6m
704.0～719.6m	P		灰色微細粒砂岩と粘土岩の互層からなる。	15.6m
719.6～831.5m	Q		上部の約30mは帯緑灰色粘土であるが，それ以深は帯黄褐色頁岩からなる。	111.9m
831.5～942.8m	R		灰色細粒砂岩を主とし，石灰質相粒砂岩ないし礫岩を夾有する。深度935.8～942.8m間の岩相は基盤岩類の表面の風化物の凝いもある。	111.3m
942.8m～掘止み深度	基盤岩		硬質泥質微細粒砂岩と黒色粘板岩の互層からなる。	

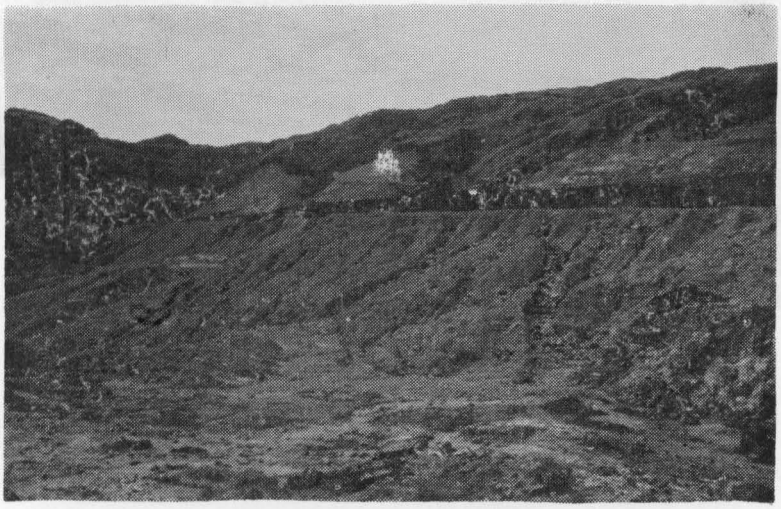
島尻層群	新里層	・白色～黄色，多孔質透水性シルト質の凝灰岩で軽石や貝化石を含む
	与那原層	・帯緑～帯青色のシルト質粘土から成り，砂岩や凝灰岩をはさむ
	那覇層（小禄砂岩）	・帯緑灰色の細粒砂岩から成り，風化すると黄褐色となる。また全般的に雲母片に富む

島尻層は，そのほとんどが，琉球石灰岩（半沢）によって不整合におゝわれていたと考えられるが，現在は，部分的に，南部地域に特に多く，残っているだけである。

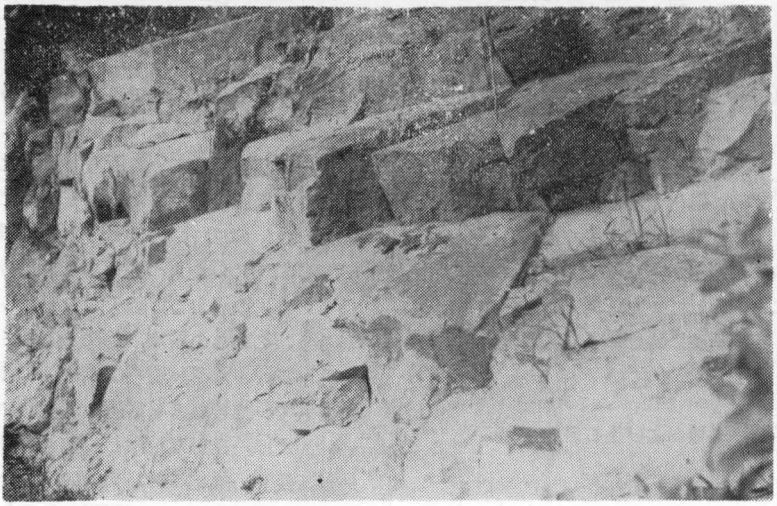
Ⅲ　地すべり，崩壊および土石流の状況

地すべり，斜面崩壊，崖くずれ，土石流などの定義や，地すべりと山崩れとのちがい，さらに，地すべりの分類について，わが国でも，これまでに多くの人がそれぞれ専門の立場から論じている。分類の代表的なものとしては，地すべりの形態（高野秀雄），移動の状態（小出博），地質（小出；中村慶三郎），運動の様式（谷口敏雄），すべり運動及びくり返しに伴う地形の発生過程（渡正亮）や移動する材料の種類からなされた方法などがあげられよう。これらの論義については，他にゆずるとして，島尻層におこるこれらの現象を，概括的に提示してみたい。

島尻層は，地質学的には，泥（灰）岩，砂岩，凝灰岩の層および互層から成るとして，その構造は，地殻変動を受けて，褶曲，節理，断層を容している。一般には，ゆるやかな勾配で各方向に傾斜し，各地に小起伏面を形成しているが，首里附近のように，褶曲によるドーム状を呈している所もある。土質工学的には，かなりの過圧密を受けた軟岩質の粘土であり，決して均質なものでなく，FISSURED またはJOINTED STRUCTURE をもつ泥岩層と，固結度の高い砂岩とゆるい砂岩の層および凝灰岩の層として取扱うべきであろう。これらの層は，かなりの厚さをもつ単層の場合とパラレルな薄い層をはさむか互層としてある場合があって，複雑な多層形態をなしている。泥岩質は，一般的には，良好な地山として支持力の点では問題ないが，侵食・風化に対して弱いことが厄介であり，砂岩質は，固結度について問題含みであるが，泥岩質より侵食風化に対する抵抗性が大きいものと思われ，分布ケ所は少ないが，露頭のきり立って存在しているのが見受けられる。これらの状況について，写真1～2によって示す。なお，島尻層中の泥岩層，砂岩層ともに，粘土鉱物として，イライト，膨潤性緑泥石，モンモリロナイト様鉱物，ハロイサイトなどが検出され，非粘土鉱物として，石英，長石，方解石を含んでいると言われる（福田理ら）。島尻層におけるすべり，くずれなどの現象は，一応，土石流，斜面崩壊および地すべりに分けて考えるが，これらが混在して発生する

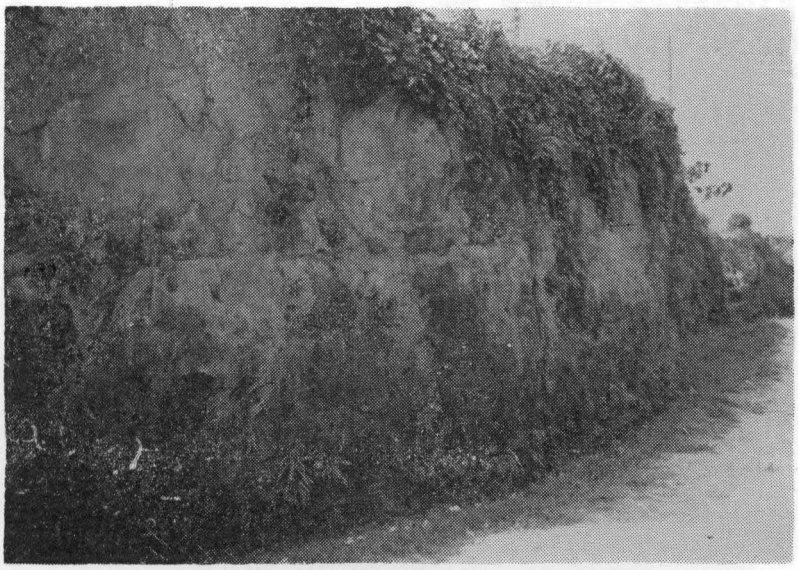


Picture—1　Mudstone Layer of Shimajiri Formation
(a) Cut Slope

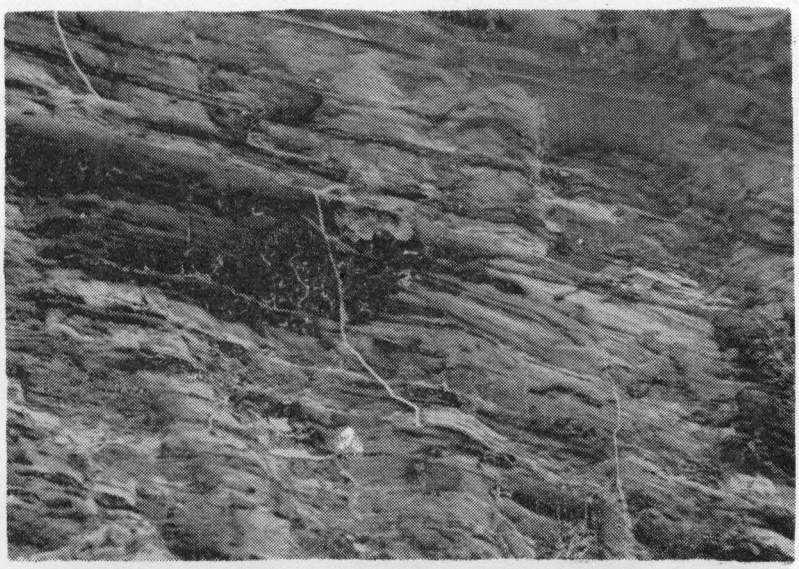


(b) Fissured and Jointed Structure

(c) Weathered by Drying and Wetting



Picture—2　Sandstone Layer of Shimajiri Formation
(a) Vertical Cut



(b) Stratification

(c) Firm Outcrop

ケ所もあり，また，厳密に使い分けできないケースもある。以下これら三つの型について，簡単に状況説明をする。

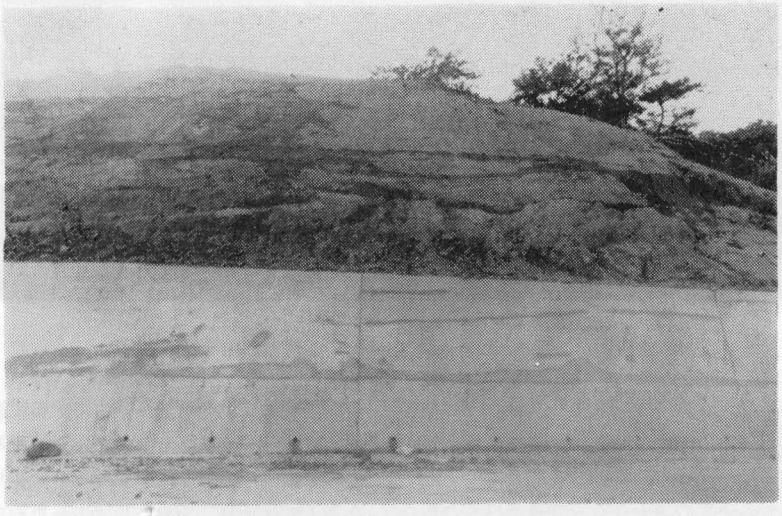
1　土　石　流

こゝでいう土石流とは，泥流 (mud flow) として取扱うべきであろう。これは，島尻層中の泥岩質が風化，土壌化して表土となっている比較的急な斜面で発生している。この場合，植生の根によって，土質が，機械的にも化学的にも，かなりの風化を受けているが，特に，地上部分に比して根の部分が浅いすすきの生えていいるケ所で発生しやすい。（写真3）豪雨は，この密でない土壌を泥化し，吸水によって重くなる一方，下層土とのマサツを小さくして，移動速度が大きくなってしまうものと考えられる。移動して斜面先に新らしくできた堆積物は，また，移動をひきおこすことも再々あるので，これら泥質材料はすべて除去することが望ましい。この泥流が，小面積でかつ細長い流れとして，急な斜面に発生すると，その部分だけが"滑落"したような跡を残しているケースもよく見受ける。

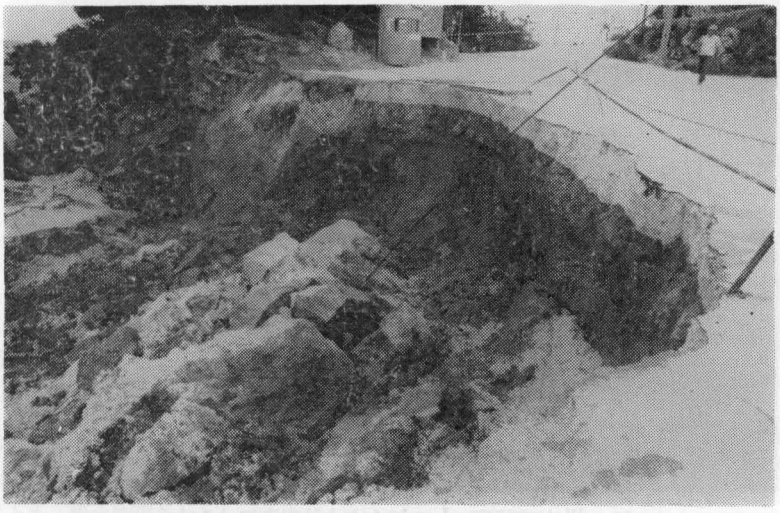
Picture—3　Mud Flow after Heavy Rainfall

2 斜面崩壊

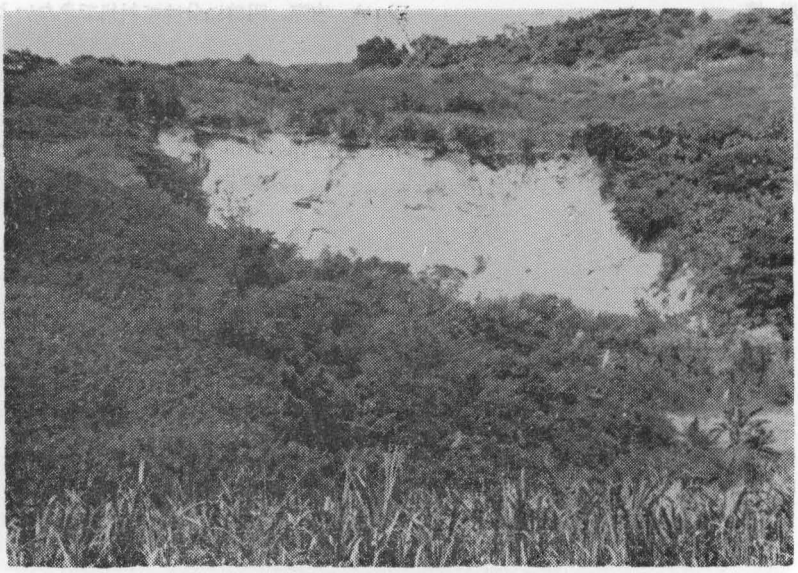
急な斜面や切土，盛土のなされた地点や崖地において，豪雨などのあとによくおこっている。切り土面の勾配は，45°～70°位の急なものが多い実情であって中には，鉛直に近い切り取りを行なっている場合もある。たゞ，島尻層においては，斜面崩壊と地すべりとは，実際，明確に分けて対処できないようなむつかしさがある。筆者は，そのくずれたあとを観察して，その規模や“くずれかた”によって，一応これらの区別をしているが，簡単にはゆかないケースもあり，特に，“地すべり性崩壊”または“崩壊による押し出し的すべり”と表現せざるを得ない時もある。（写真4）



Picture-4　Slide and Slope Failure
（a）Cut Slope, Route 35



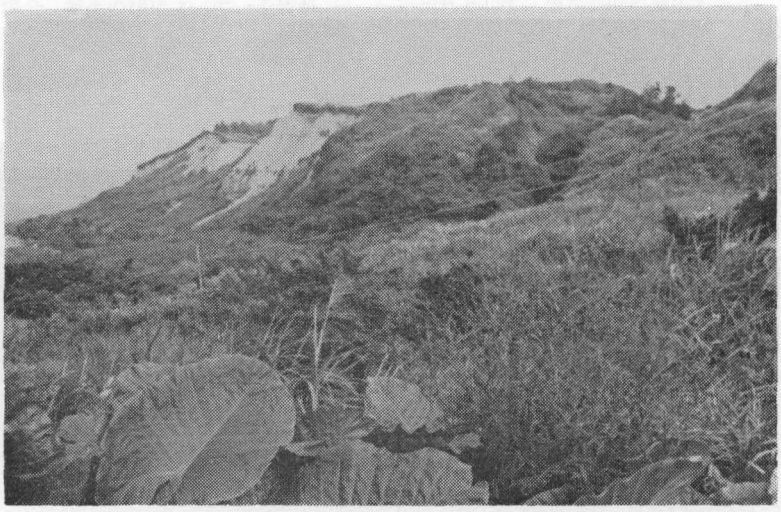
（b）Fill, Kisyaba



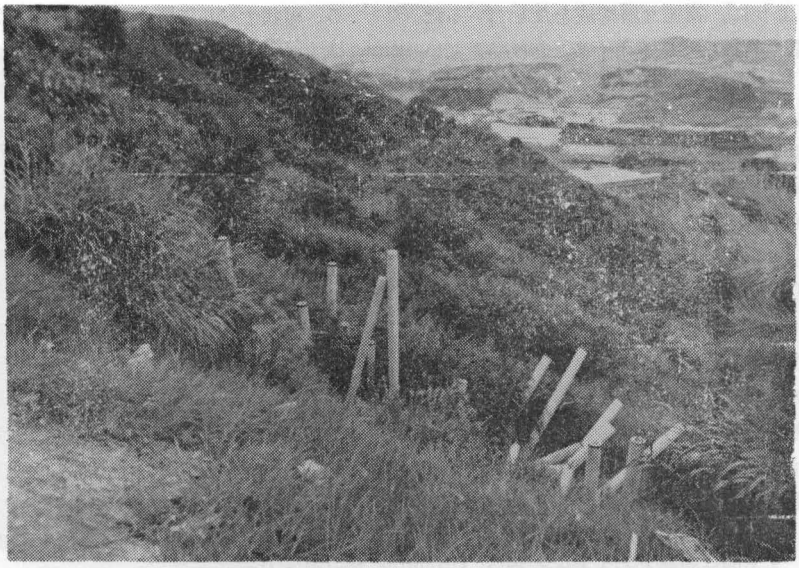
（c）Natural Slope, Nakagusuku

3　地すべり

地すべりとは，一般に，"崩壊"に比して規模の大きいものであるが，島尻層中のそれは，他府県の例に比して，さほど大きいものは少なく，表層すべりの類であり，時には，崩壊，崖くずれと称してよいようなものもある。これらの地すべりは，中南部の小起伏面の周辺や段丘地を断層が走っている附近に多く発生している。（写真5）しかしながら，現時点では，安定いる所も多い。代表的な地すべり発生地は，佐敷村新を保って里地域，南風原村大名～那覇市首里東部，中城村奥間～当間地域，北中城村安谷屋および喜舎場地域，美里村大里地域などである。



Picture—5　Landcreep
（a）Shinzato Area



(b) Mawashi High School Campus

(c) Adaniya Area

Ⅳ 考　　察

島尻層中の泥岩（風化はさほど進行していないと思われる）は，新城[2]によれば，自然含水比状態（20～30%），飽和度ほゞ100%では，スレーキングをほとんど示さなくとも，吸水膨脹をおこして密度が小さくなる。空気乾燥状態の泥岩は，直ちにスレーキングをおこして崩壊する。このことにより，泥岩の乾湿くりかえしによる強度の減少は明らかであり，また，層中において，浸透水の影響による粘土化はさけられず，これがすべり破壊をひきおこすものと思われる。一方，地すべり地のボーリング資料から，地表面下ある深さまで，風化の進行した層が続き，未風化の硬い泥岩層とは，一線を画している場合が多く，その準風化深さの下端がすべり面となっていると考えられるケースがある。このような準風化層が，一概にはいえないが，地表面下4～5米にあり，小規模な場合，円弧すべりを生じたようなケ所がよく見られる。しかし，島尻層

は，前述したように，複雑な層構成をなしているため，単純に円弧解析の手法を適用することはできないであろう。

砂岩層については，目下，直接セン断試験による強さ試験（残留強度の検討等）や物理試験を実施しているが，泥岩と同様複雑な層構成などあって，解析にあたって困難なものがある。

ここで，筆者は，これまでの踏査観察などから，土石流を除いた島尻層における地すべり，崩壊について，次のように考えているので少し説明しておく。

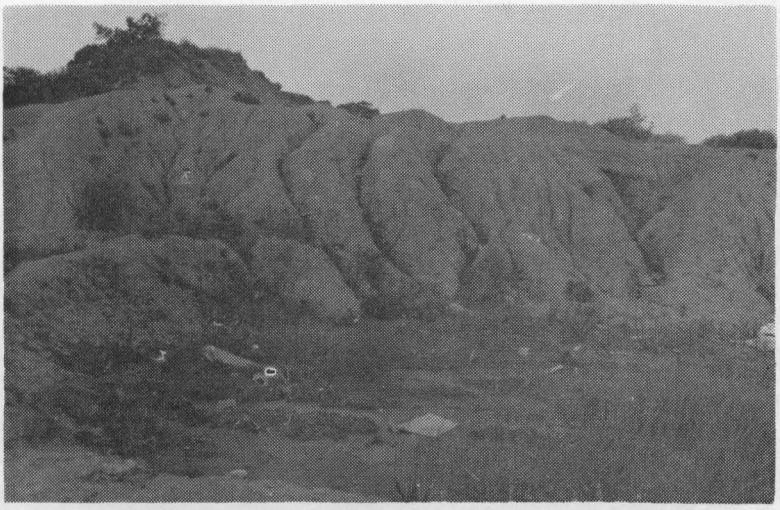
1）島尻層群中の特に与那原層において，表層が土壌化し，その下部も風化が進行している場合，浸透水によって強度の低下をきたし，未風化層上部ですべりをおこすもの。この場合，斜面長が短いと，単一または二個の円弧をもつすべり面が考えられ，長い斜面では，すべり面の形は，頭部および脚部で円弧をつくり，その間は直線をなすものと考えられる。層状すべりに属するものであるが，風化泥岩層は，収縮キレツや吸水膨脹などによって，ばらばらの団塊に分解されて，“崩壊”の印象を強くする。

2）島尻層中における準風化層または砂岩質の薄層の中を，浸透水が地下水として流動することにより，未風化または硬質泥岩の層面を基盤として，堆積条件によりできた面に沿って，すべりを生ずるもの。このような状況は，（写真6）地山カット面でよく観察されるが，浸透水の流出が大きな原因ですべるわけであるので，田中[3]の指摘しているように，常に流動している地下水として取扱う場合と，雨水が浸透していわゆるWETTING FRONTの形成による流動してくる場合とに分けて考えなければならないだろう。砂岩質の層を通って流出する場合は，一種のパイピング現象を生ずるわけで，冠頭部でかん没を，先端法面で崩壊をもたらして，すべりをおこしている。

Picture—6　Seepage Outlet

3）切り土や盛土に伴なう島尻層すべり，崩壊で，道路や造成地においてよく発生するもの。この場合は，1)また2)の条件をもとにして考慮すべきものであるが，降雨など表面水の処理のしかた，すなわち，排水施設や，表流水ジャンピング，地中浸透の防止などに，先ず検討すべき問題があろう。

4）泥岩層や砂岩層が，永く地表にばく露された地点でおこる崩壊。これは，侵食・風化によるものとみられるわけで，ガリの発生，法面のはく離，“滑落”などにより，徐々に進行していくので，特別なショックのない限り，法面保護が問題となろう。（写真7）



Picture—7　Erosion (Gully) of Shimajiri Formation, Mudstone

以上4つの形態が考えられるが，その対策を考える意味で，島尻層のすべり，崩壊の原因を，一応次のようにまとめてみた。

原因
- 素因；地　質
  - ① 島尻層の堆積状態（岩質及び層理構成）
  - ② 構造地形（変動地形及び組織地形）＊
  - ③ 風化深度
- 誘因；気象条件
  - ④ 降雨量（降雨強度）＊＊
- 環境条件
  - ⑤ 浸透水及び地下水
  - ⑥ 切り取り及び盛土
  - ⑦ 法面保護の不備

＊地盤運動→変動地形
地質構造→組織地形　（貝塚他1963）

＊＊河川流の侵水食作用や地震振動の件は考えていない

また，分布の状況から，地域別に丘陵地帯のつながりを考慮して区分してみると次のようになるが，地形学的検討は充分にしていないので断っておきたい。

1）　玉城村北部—知念村—佐敷村—与那原町南部

2）　糸満市北部—玉城村西部—東風平村—大里村—与那原町南部

3）　豊見城村—南風原村南部

4）　那覇市東南部及（首里）北部—南風原村—与那原町北部—西原村—中城村—宜野湾市東部—北中城村—コザ市東部—美里村東部—具志川市東部

＊首里—南風原航空写真を示す（写真8）

Picture—8　Geomorphology (Shuri, Sakiyama—Haebaru, Ōna)

V あとがき

沖縄における地すべり・崩壊等の調査研究は，始めたばかりで，その対策手だてをこれからすゝめてゆかなければならない。県・土木部河川課で，今年八月，本島中南部地区地すべり地及び急傾斜地の調査報告書が出されたのを機に，これより具体的な対策が期待されるものである。島尻層地帯は全般的に，地すべり・崩壊ブロックが分布しているので，地域別（各市町村）にも対策をたてる必要があるが，地形・地質の点で似たような地帯でも，地すべり・崩壊の発生する所とそうでない所があり，また，その大方が現在安定を保っている状況にもあるので，でたらめな土地造成等によって刺激を与えぬよう，指導することも必要である。

本小文では，泥岩層，砂岩層の土質工学的特性には，ほとんど触れておらず，従って，安定解析の評価についての検討は行なっていない。このこととともに，浸透水，表面流水が，島尻層における災害の大きな誘因であることは明白なので，本層の浸透能，浸透流および風化の程度問題などについて，今後研究をすゝめるつもりである。

最後に，地質学的な事項については，天然ガス調査団の報告（福田理ほか）から引用させてもらったことに対し，謝意を表します。また，本研究は，昭和47年度文部省自然災害特別研究「沖縄の自然災害」（代表者一中島暢太郎）と昭和48年度同上「沖縄開発に伴う土地環境の変化と防災に関する研究」（代表者一藤川武信）によって補助を受けたことを記し，研究班諸氏の御協力に謝意を表します。

引用文献

1) 福田理他12名　第4次沖縄天照ガス資源調査・研究概報地質調査所月報第20巻2号（昭44）
または，琉球政府・工業研究指導報告第2，3号

2) 新城俊也　沖縄における泥灰岩の工学的特性（I）
琉球大学農学部学術報告第18号（1971）
同題（II）沖縄農業第10巻1・2号（1971）

3) 田中　茂　自然斜面における浸透流の取扱い　土と基礎21—8（1973）
山地斜面への滲透に関する研究
建設工学研究所報告第4号（昭38）