

# 斜面の崩壊と耐久性

2022 年 4 月 1 日

1 / 4

50 余年の間、各地の「斜面」の崩壊災害が発生した際、その原因調査、復旧対策に携わってきた経験から斜面の安定性について述べてみたい。

近年、時間当たりの猛雨や線状降水帯による局所集中降雨の頻発により、全国各地で斜面崩壊（土砂）災害が多発している。

戦後の復興のため、河川堤防、道路、鉄道、ダム等の建設や臨海地域の埋め立て工事に伴い、必然的に山を削り、その土砂で谷を埋め、社会基盤構造物を整備していく必要性があった。その結果、多くの切土斜面、盛土斜面が国土に出現せざるを得なかった、加えて日本は山岳国土特有の多くの自然斜面が存在している。

## 法面（のりめん）とは

**法面（のりめん）とは、道路や鉄道などを建設する際、自然な山などを削って人工的にできた「切土斜面」や、同じく土砂を盛り上げて出来る盛土の道路や堤防の「斜面」をいう。つまり、人工的に手を加え、安全性を確保した斜面である。**

斜面崩壊とは斜面表層の土砂や岩石が地中のある面を境にして滑り落ちる現象を指す場合が多く、「山崩れ」、「がけ崩れ」と一般には呼ばれている。

最近多発する「土石流」は、降雨水が斜面崩壊土砂や溪流の瓦礫と混合して一気に川や溪流を流下する現象である。また「地すべり」とは、多くは自然斜面の下に粘土層がある場合、斜面が粘土層をすべり面として滑る現象である。これらの斜面は「法面」とはいわず、自然斜面とよぶ。

## 南九州の火山灰土「シラス」斜面の特異性

鹿児島育ちの私は、毎年の梅雨時の河川氾濫、来襲する台風に伴う豪雨により自然災害（土砂災害）を目のあたりにしてきた。南九州には、数十万年前の火山活動で阿多カルデラ、始良カルデラから噴出した火山灰土「シラス」が厚さ数 100m 堆積しており、この土が土砂災害の発生源でもあった。

このシラスは「白砂」とも書かれるように白色で砂に似ているが、自然な地山は弱固結しており、数 10m の垂直な崖でその安定を保つこともできる。しかし、雨に極端に弱く、一度崩される（乱される）と粒状になり土石流として市街地に流れ込む災害を昔は頻繁に引き起こしていた。

土木工学を学ぶため大学に進み、「地盤工学」を専攻することにしたのも、子供時代に遭遇したシラス崖の崩壊、シラスの流出土砂災害や堤防のない河川氾濫災害を目の当たりに見ていたからであった。

卒業研究で「シラスの液状化」に関する研究、大学院では、「乱さないシラスの強度特性」に関する研究を行える機会を得られたのもめぐり合わせと言えるかもしれない。

その後（1970 年代）、日本道路公団によりシラス台地を横断する高速道路建設が始まった。高さ数 10m のシラス切土斜面が出現することは避けられず、「切土斜面を垂直に切るべきである」と地元有識者から提案されていたが、垂直な切土では地震に対して不安定であるのは自明の理であり、最終的に 1 割勾配

# 斜面の崩壊と耐久性

2022年4月1日

2 / 4

(45度)にすることで決着した。その裏付けのデータとして当時鹿児島高専に勤務して「地山シラスの研究」を行っていた自分の研究成果が引用されたことは研究者として誇りとなった。

今では当たり前のことに思えるが、当時は「シラスは雨に当たれば崩れる」だから、「垂直に切るべきだ」との昔からの知恵が優先した提案であったのだろう。恩師が私にシラス地山の強度特性の研究を任せてくれたおかげで、「シラス地山の脆性破壊特性と切土斜面の安定性」で学位を取得できた。地山シラス（堆積したままの一次シラス）は粒子が弱固結しており、普通の砂と違い垂直な斜面でも10m程度は自立できること、しかし、垂直な斜面では地震時には安定を確保できるほどの固結力ではないことも明らかにできた。世界には同じような性質を持つ土が存在することも示した（カリフォルニアやイスラエルのセメンテッドサンド、ニュージーランドや中南米のグアテマラの火山灰土など）。

現在でも、鹿児島には数10mのほぼ垂直なシラスの自然崖が多数あるが、市街地の崖は急こう配の状態で斜面保護工が施されているものの、民家に迫っている場合も少なくない。写真は鹿児島中央駅裏にある50年前はほぼ垂直の自然崖だった、高さ70m超のシラス切土斜面である。今では保護工が施され、勾配もかなり緩くなったものの圧迫感を感じる法面である。

写真の奥に見える住宅に隣接する別のシラス斜面は、小段付きののり面保護工のない切土法面である。



鹿児島市田上町のシラス切土法面(2022.1)

## 切土と盛土

世間一般には、盛土は不安定で切土地山は安定していると思われているが、誤解である。

切土法面は山地を道路等建設する場合は必ず出現するが、何らかの「のり面保護工」が施されている。強固なアンカーでのり面を地山に固定したり、モルタルを吹き付けたり、植生を繁茂させたり、最近では不織布や高機能の材料による保護工もある。しかし、**切土斜面は年月の経過とともに侵食・風化により劣化するし、アンカーやコンクリート等の補強材の耐久性も数10年とされており、いずれ崩壊するのは必然である。**もちろん、このような状況に陥らないように切土斜面の維持管理は入念に行われているが、劣化状況をすべて把握するには限界もある。

盛土構造物（例えば高速道路の数10mの盛土、広島空港、鹿児島空港は100m超の盛土部がある）においては、盛土法面が出現する。**1960年以降、盛土する場合は規定の密度まで入念に締め固めることになり、永久構造物と見なされるようになった。**盛土内に水を浸入させなければ、盛土は年月を経るとより締め固まり、強固になって安定化する構造物である。

# 斜面の崩壊と耐久性

2022年4月1日

3 / 4

## 余談 江戸時代の木曾川堤防（盛土）は今も健在

江戸時代中期に、薩摩藩に木曾川三川（木曾川、長良川、揖斐川）の治水工事をせよとの幕命が下った。幕府は外様であった薩摩藩を弱体化させるためにこの普請工事を行かせたとも伝わっている。

この事業は薩摩藩家老「平田鞆負（ゆきえ）」を総指揮者とし、薩摩藩士 947 名が派遣され、1 年余を費やして行われた。この築堤工事は困難を極め、加えて幕府の嫌がらせ（完成した堤防を幕府役人が度々破壊するなど）もあり、莫大な費用が費やされた。平田鞆負が完成したこれらの堤防は、今でも現存して治水の役目を果たしている。構築された盛土（堤防）は、年月を経てさらに締め固められ頑丈になっていくと子供時代に聞いた話である。

なお、薩摩藩が最終的に要した費用は現在価格で 300 億円超と推定されているが、大阪の商人からの謝金で賄われた。平田鞆負は藩に膨大な謝金を残したことを苦に工事完成後に工事に派遣された藩士 51 名とともに自害した（宝暦治水事件と言われている）。

## 「盛土は崩れない」の神話が崩れることもある

数 10 年安定を保って永久構造物と想定していた「高盛土」が崩壊する被害が発生することもある。2005 年 9 月に山陽自動車道路（岩国市甘木地区）の高さ 30m 余の高盛土が崩壊したことがあったが（写真）、原因は盛土内に後背地の山からの土中水とこの盛土の基盤にある割れ目（節理）から地下水が



山陽自動車道岩国市（甘木地区）高盛土崩壊現場（法先からと上空からの写真 2005.7）

供給され、盛土内の水位上昇を招き、崩れたと結論付けた。当時台風により、この地区での過去の降雨記録を更新する豪雨を受けてはいたが、盛土内の地下水上昇を防止する対策が不十分であったことは否定できない事実であった。その後、高速道路の盛土部施工においては、地下排水溝は十分な排水能力を備えた設備とすることに改められている。

# 斜面の崩壊と耐久性

2022年4月1日

4 / 4

その後も、長年安定化していた盛土が沈下したりする事例がみられるようになった。このような盛土の劣化は、盛土内の水の存在により土粒子破碎、細粒分流出、密度低下に起因すると考えられ、現在は一部の既存の盛土の補強工事も行われている。このように補強を施せば、盛土は半永久構造物としてその安定を維持できる。

## 熱海の土砂崩れ（土石流）災害

昨年（2021,7）、熱海市で大規模な土砂崩れ災害（土石流）が発生し、27人の犠牲者が出たことは記憶に新しい。この土石流の土砂供給源となったのは、川の上流の標高400mの場所の盛土の造成地だったとされている。造成地は、急こう配の沢部を他の場所から持ち込まれた土砂により盛り上げられたが、その工事記録（施工管理記録や地下排水溝の設計図など）はないようである。

土石流は、この盛土の崩壊が引き金となり逢初川2kmを流れ下ったが、**盛土崩壊の原因は、盛土内の排水対策を怠ったことに起因する典型的な事例であると思われる**。このような地下水排除の対策工が不十分な盛土は全国には多数存在していると想像され、その後、全国点検も行われた（無許可・無届けなど不備のある盛土が1,400か所あった）。沢部に寄せて盛土する場合や高盛土を施工する場合は、厳格な施工管理が必要であることは述べた通りであるが、違法に「建設廃棄物」や「建設発生土」を無造作に捨て、盛ったところも少なくないのも事実である。このような場所が、過去に経験したことのない異常な集中豪雨に見舞われると、予想しなかった土砂災害が発生する可能性がある。

この災害を受け、遅ればせながらこれまで宅地造成等規制法を「宅地造成及び特定盛土等規制法」に変更し、法人対象の罰則規定も新たに設けられた。

なお、国内には土石流の危険性がある21万余の溪流が指定され、その中の特に発生の危険性の高い「土砂災害特別警戒区域」は約15万箇所ある。土石流（土砂災害）を防ぐため「砂防堰堤」というインフラが有効であることは分かっているが、残念ながら設置されているところはほんの一部で整備率は22%である。

実際、77名の犠牲者が出た広島の土石流災害(2014)の時にも、砂防堰堤があるところでは土砂が食い止められ、数多くの人々の命が救われていた。一方、砂防堰堤の設置を予定していたものの、実際には作られていなかった個所では多くの犠牲者が出てしまった。

村田 秀一