

1 . 盛土崩壊における地形・地質的要因

A geographic and a geologic factor in slope failure of embankment

○ 北村晴夫、小西義夫、石本裕己

株式会社 宇部建設コンサルタント

1 . はじめに

山口県ではこの1年のうちに、マスコミで大きく取り上げられた盛土崩壊が2件発生した。1件は、2005年9月に山陽自動車道甘木地区で発生し、もう1件は2006年4月に県道銭壺山公園線で発生した。いずれも社会的影響が大きく、調査検討委員会が結成され原因究明と対策について審議された。われわれは、後者の盛土崩壊の原因究明調査に関わったので、主に銭壺山線の調査結果について説明し、崩壊の原因について検討する。崩壊原因は、降雨や設計・施工に係わる誘因と、地形・地質的素因があり、2件の盛土崩壊に共通する原因があることが明らかになった。これらの原因は、今後安全な盛土を設計施工する上で、重要なヒントを提供していると思われるので紹介する。

2 . 2 件の崩壊の概要



写真 - 1 山陽道甘木地区盛土崩壊写真（読売新聞 2005年9月8日より）



写真 - 2 上方から見た崩壊
(手前は未舗装の盛土)



写真 - 3 下方から見た崩壊
(崩壊土砂で人家1階圧壊)

県道銭壺山線盛土崩壊写真

2件の崩壊の概要を表-1に示す。

表-1 山口県で発生した盛土崩壊の比較

諸条件		山陽道廿木地区	県道銭壺山線
発生日時		2005年9月7日0時50分	2006年4月11日8時40分頃
場 所		岩国市廿木	岩国市由宇町有家
盛土完成後の年数		14年	0年
降雨条件	累加雨量	509mm	224mm
	最大時間雨量	63mm	36mm
崩壊規模	崩壊幅	50m	50m
	崩壊高さ	23m	22m
	崩壊土量	13,800立方メートル	3,000立方メートル
	到達距離	150m	150m
旧地形勾配(盛土前地形)		13度	15度
被害状況		民家2戸全壊、3名死亡 山陽自動車道3ヶ月通行止め	民家1戸全壊

3. 銭壺山線崩壊原因

3.1 調査結果

地表踏査、ボーリング、物理探査の結果をまとめ、図-1～4に示す。

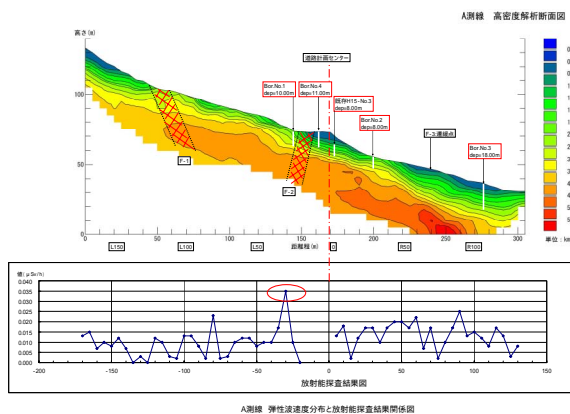


図-1 弾性波探査と放射能探査

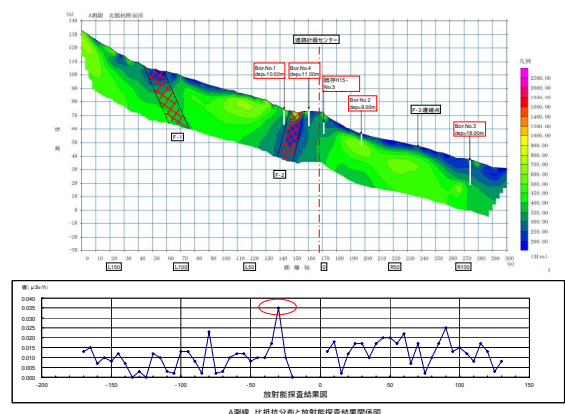


図-2 高密度電気探査と放射能探査

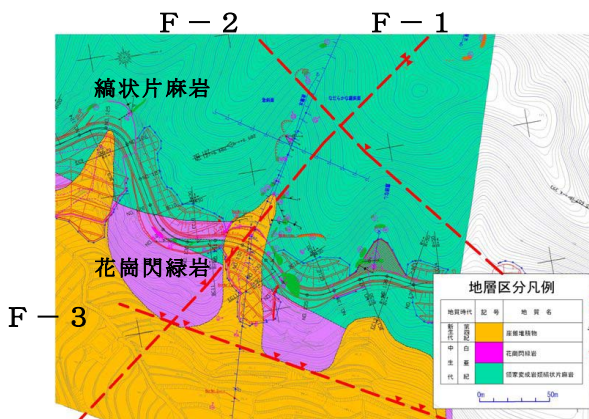


図 3 地質平面図

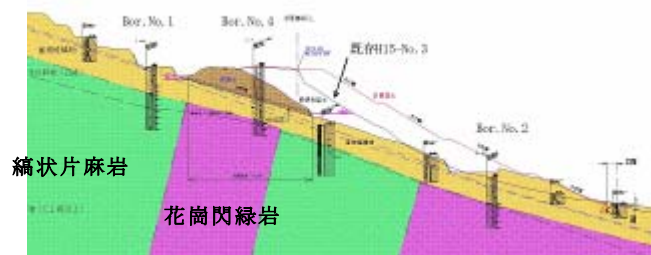


図-4 地質断面図

3.2 地形的素因

図-5及び図-6に見るとおり、盛土下部にはV字谷様の狭い谷があり、その谷を埋める崖錐堆積物は最大4mである。この崖錐堆積物中を流下する地下水は、降雨などで流下量が増えると旧地表面を越え、盛土中に浸入してくるものと想定される。崩壊後の湧水箇所調査では、基盤岩の浅い部分の数箇所湧水が確認されている。この狭い谷地形が、降雨時に盛土内の地下水位を上昇させた原因であると考えられる。

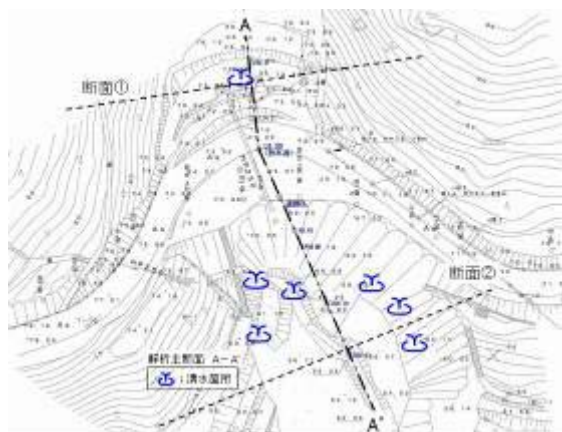


図 - 5 崩壊状況と湧水箇所図

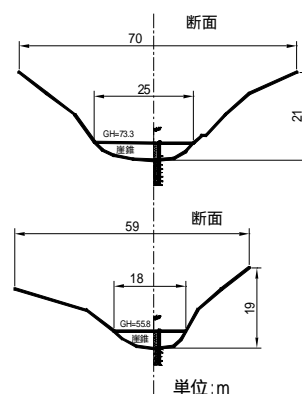


図 - 6 谷断面の形状

3.3 地質的素因

図-3のF-1、F-2断層は踏査やボーリングなどから想定すると、粘土化した断層ではなく、透水性の高い多亀裂な断層のようで、これらの断層から地形的集水域を越えて盛土内に地下水を呼び込んだものと推定される。集水面積が18,700m²と狭いわりに、谷には表流水や湧水が多く、乾季でも水が枯れることがない。因みに、ラショナル式で集水面積に対応する流出量を計算すると1860/minに対し、実測流量から求めたピーク流量は2950/minと1.6倍となり、断層から集水面積を越えて水を集めている可能性が高い。

さらに、盛土付近に貫入する花崗閃緑岩が地下水を堰き上げ、多くの湧水箇所を出現させているものと推定される。この湧水が盛土内に浸透し盛土の不安定化と崩壊の主要な原因となった。

3.4 誘因

直接的で最大の誘因は降雨である。累加雨量224mmは例年の4月の月間降雨量に匹敵する。時間最大雨量36mmの降雨が直接の引き金になったのであろう。

人為的な誘因としては、施工途中であったことで、既設暗渠排水からの表面水が盛土内に流入したこと、盛土表面が未舗装で、路面からの水が盛土内に浸入したことなどがあげられる。さらに、盛土末端に施工した重力式擁壁が盛土からの水の排水を阻害したことも一因であろう。

4 . 山陽自動車道廿木地区盛土崩壊の原因

山陽自動車道災害調査検討委員会では、崩壊要因として、(1) 異常降雨、(2) 断層破碎帯の存在、(3) ボトルネック地形、(4) 地下排水溝の一部欠損の4項目を挙げている。それぞれについて、検討委員会の説明を引用する。〔引用文献⁽¹⁾、⁽²⁾〕

4.1 異常降雨

台風14号により当該地域では観測史上初の異常降雨であったという気象的要因である。台風14号による降雨は、60時間も続く連続降雨で、降り始めから崩壊時までの連続累積降雨量は509mmを記録した。さらに、盛土法面崩壊前に、時間降雨量60mm程度が3時間連続している。当該地区での今回の異常降雨は、玖珂アメダスのデータを基に分析すると概ね300年に1度の日降雨量に相当する異常降雨であった。これにより盛土内への水の浸透を助長し、徐々に盛土内に滞水することで地下水位の上昇に繋がった。これが最も大きな要因である。

4.2 断層破碎帯の存在

盛土のり面崩壊箇所には、2つの断層による破碎帯が存在しており、崩壊のり面における湧水状況からも破碎帯沿いの旧沢から被圧された地下水の湧き出しが見られるように、破碎帯に沿って背後から地下水の供給を受けやすいという地質構造的要因が存在した。

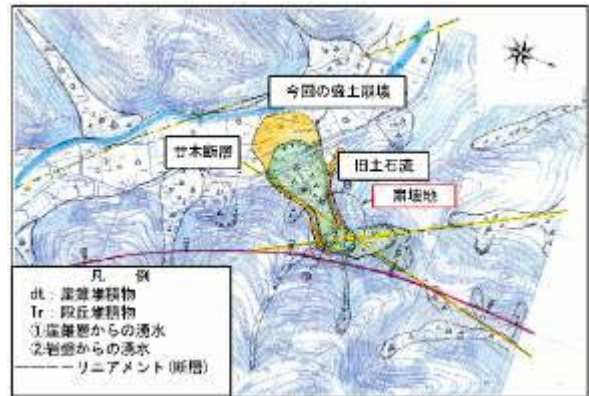


図 7 地形判読図

4.3 ボトルネック地形

盛土のり面崩壊箇所の旧地形は、3つの沢が合流する出口部に盛土された道路構造物であり、盛土は3方向の流域からや破碎帯からの地下水供給を受ける地形であり、かつ、水を排出する盛土のり尻は、いわゆる間口の部分が絞り込まれ(以下ボトルネックという)供給される地下水及び盛土内への浸透水が排出されにくいという地形的要因がある。さらに、ボトルネック地形から地下排水溝が1箇所に集中して排出される構造となっており、今回のような異常降雨時では十分排出しきれず、盛土内に滞水することで地下水の上昇に繋がった。

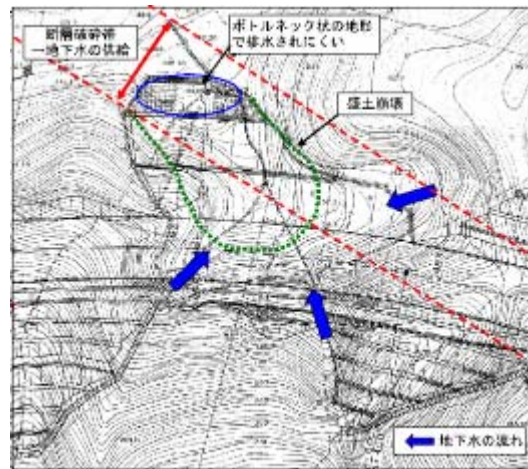


図 8 被災箇所の平面図
(ボトルネック地形)

4.4 地下排水溝の一部欠損

委員会の指示により、地下排水溝の状況を掘削確認した結果、地下排水溝はすべり面の下側で設置当時の状態で発見されたものの、その地下排水溝の中にあるべき有孔管の一部欠損箇所が見つかった。地下排水溝としての砕石は設置されており、地下排水溝としての機能は果たされているものの、有孔管への浸透水を再度盛土内に供給した可能性は否定できず、排出の遅れに繋がった可能性がある。

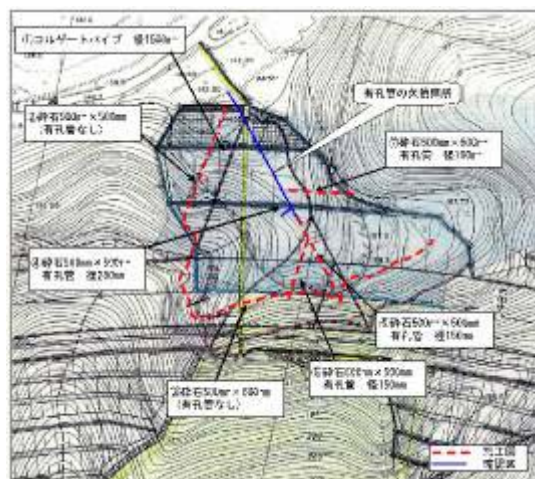


図 - 9 排水系統図

4.5 崩壊のメカニズム

これら要因が、複合的に作用することで長時間の降雨により浸透した水や、断層破碎帯部や3方向の沢地形からの地下水供給が盛土内に集中した。供給地下水の排出機能不足から、盛土内水位上昇に伴い、大規模な盛土法面崩壊に至ったものである。

5 . 共通する崩壊原因

2 件の盛土崩壊に共通する原因を表-2 にまとめた。

表 - 2 共通する崩壊原因

		県道銭壺山線	山陽道廿木地区
崩壊原因	誘因	集中豪雨	台風14号による異常降雨
		既設排水管からの表面水の浸入	地下排水溝の有孔管の一部欠損
		盛土下端の擁壁による排水の阻害	
	素因	狭い谷地形	ボトルネックの地形
断層からの地下水の供給と花崗閃緑岩による地下水の堰上げ		断層破碎帯から供給される背後からの地下水の供給と被圧された湧水の存在	

崩壊の引き金になったのは、いずれの場合も降雨である。人為的な原因としては、盛土内の排水機能の不足や排水を阻害する行為である。すなわち、盛土内への地下水の供給が想定を超え、一方で、排水機能が阻害されるなどで不足する場合に盛土崩壊は発生している。それでは、どのような条件の盛土で崩壊するかというと、狭い谷やボトルネック地形など地下水が排出しにくい地形的素因と、断層などで地下水が多く供給されるといふ地質的素因が重なったときに、盛土崩壊の確率が高まるといえよう。

6 . 対策工

対策工としては、盛土の透水性を高め、排水機能を向上させる方法がとられた。具体的には、盛土材料に極めて透水性の高い砕石が使用された。これは、排水機能が高まると

ともに、せん断抵抗が大きく盛土の安定に有利となる。排水施設は従来のように樹枝状に末端の一箇所に集中させずに、盛土末端の排出口箇所に分散させた。これらの対策により、異常降雨などで盛土内の地下水が想定外に増加しても、速やかに盛土外に排出することができ、盛土崩壊を防ぐことができると考えられる。山口県では、今回の盛土崩壊の教訓として、既設盛土の点検と新設盛土について各段階で点検を行うことになった。

7. まとめ

盛土崩壊は、盛土内への地下水の供給が盛土の地下水排出機能を大きく超えた場合に発生するものである。排水を阻害する人為的な誘因に加えて、地下水の供給が多く、かつ排水しにくいという地形・地質的素因があるところで盛土崩壊は発生している。従って、盛土崩壊の発生を防止するには、素因となる地形・地質的特長を持った盛土箇所を事前調査によって特定することが必要である。そのような素因を持った場所である場合は、盛土内に地下水を入れない工夫と、入った場合の排水機能を十分に施せば、今回のような盛土崩壊は防ぐことができる。盛土材料は経済性などからして現地発生土の使用が基本であるが、例えば、最下層の1 m程度は透水性の良いトンネルズリのような砕石を敷き詰めれば排水機能は飛躍的に高まり、安全性は向上するものと考えられる。

今回のような痛ましい事故を契機に、盛土に関する基準や指針の改定を検討することも必要であろう。

引用文献

- (1) 村田修一(2006)：災害に学ぶー土構造物ー、中国地質調査業協会第15回技術講演会テキスト
- (2) 田中敏行外(2006)：平成17年台風14号による豪雨災害の調査事例、全地連〔技術e-フォーラム2006〕名古屋、予講集
- (3) 山口県土木建築部(2006)：県道銭壺山公園線災害検討委員会 報告書