

13. 集中豪雨に伴う道路のり面の災害事例

A disaster example of the slope failure caused by torrential rains.

○渡部芳彦 柴田佳久 新枝幹夫 春口孝之
(株式会社ダイヤコンサルタント)

1. はじめに

平成18年7月中旬、梅雨前線の停滞に伴って松江市周辺では、記録的な豪雨となった。

この豪雨により、7月18日夜山陰自動車道松江玉造IC～宍道IC間の松江市玉湯地区で切土のり面が、道路縦断方向に約100m、最大高さ36m、のり面からの奥行き100mにわたって崩壊し、本線上にはらみ出した。(写真-1参照)

山陰自動車道の災害による交通止めは平成13年の開通以来初めてのことであった。

直ちに災害調査委員会が発足し、原因究明と復旧対策の検討が行われた。その結果、被災から約3週間後の8月10日には片側1車線通行による応急復旧となり、さらに11月18日には本復旧が完了した。

災害の第一の要因としては記録的な豪雨が挙げられるが、調査の結果、被災箇所の地形、地質、地下水の賦存状態などの要因が重なって災害に至ったことが明らかとなった。



図-1 被災箇所位置図



写真-1 被災状況写真

2. 被災時の降雨記録

山陰自動車道は、平成13年3月の供用開始以後今回の被災までに約5年を経過している。

供用開始後の主な累積雨量を図-2に示すが、今回の豪雨はこれまでに経験した降雨と比べ累積雨量が2倍以上と著しく多かった。

災害発生前の3日間(約70時間)の連続雨量は216mmに達し、その間の最大時間雨量は、42.0mmであった。災害は総雨量が283mmに達した時点で発生している。このため記録的な豪雨に伴う地下水の上昇が今回の災害の主たる要因と考えられる。

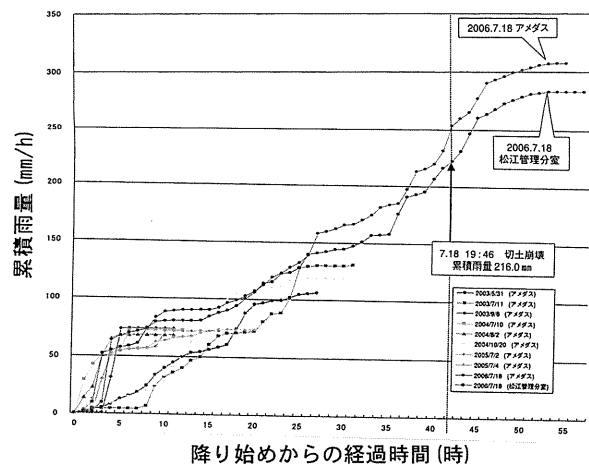


図-2 供用開始後の主な累積雨量

3. 地形・地質の特徴

被災地周辺には、標高100～150mの山地が東西方向に広がっており、玉湯川でこれらの山地地形が分断される形となっている。被災地は、玉湯川で分断された山地地形の西側端部の稜線付近にあたるため、背後に集水域となる斜面は無く、地形的に背後からの地下水供給は考えにくい位置にある。被災地東側に広がる尾根部には被災箇所へ伸びる東西方向のリニアメントが判読され、地下水がリニアメント沿って被災箇所へ供給された可能性が高いと判断した。応急対策としてリニアメントの延長上の地すべり東側の谷沿いに水抜きボーリングを実施した結果、施工直後毎分100ℓ前後の湧水が確認されており、地形から推定される地下水の供給モデルとも整合する結果がえられた。

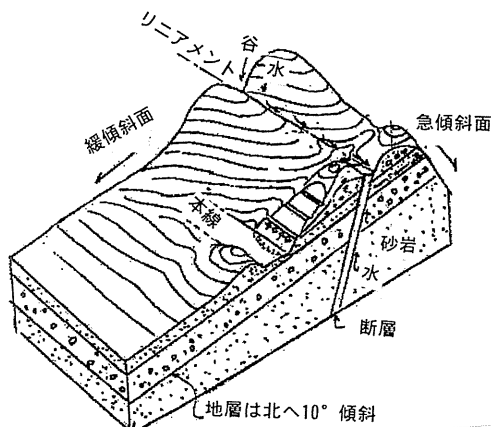


図-3 被災箇所の模式図

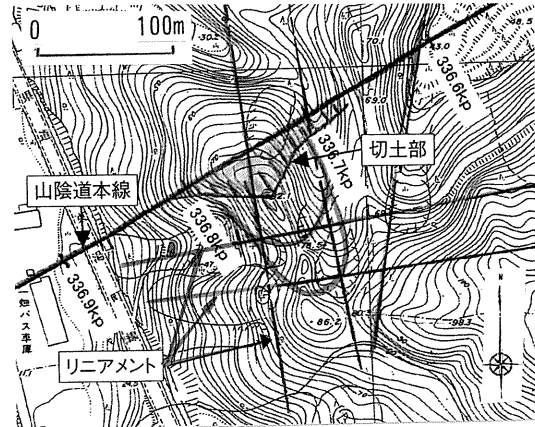


図-4 被災地周辺の地形

調査地およびその周辺の地質は、安山岩を基盤岩としこれを覆って第三紀の砂岩、泥岩、礫岩、凝灰岩などが分布する。基盤岩上位に分布する地層の走向はEW方向で、道路の法線方向とわずかに斜交する。傾斜は10～15° 北傾斜で、切土のり面に対しては、流れ盤の関係にある。すべり面は層理面とほぼ一致しており、切土面では見かけ上、東側へ緩く傾斜する。地すべりブロックの断面を図-5地質断面図(主測線)に示す。

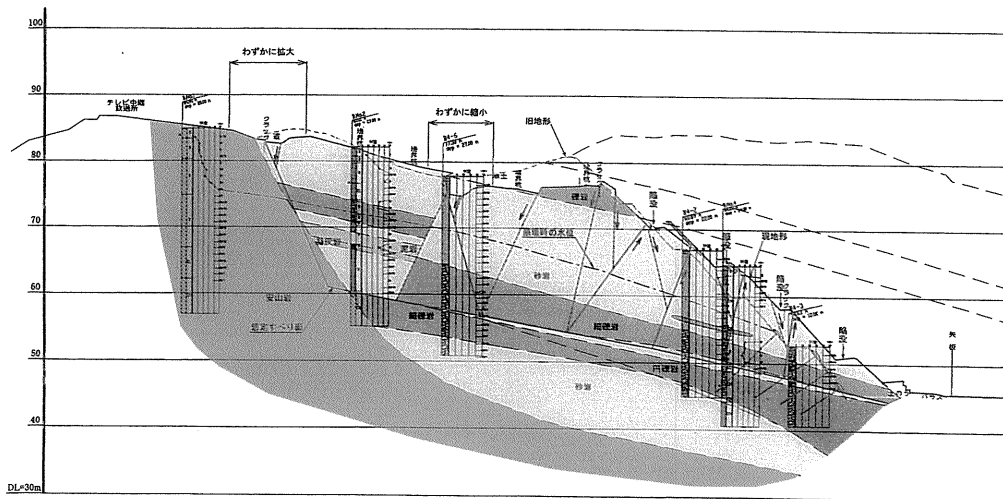


図-5 地質断面図(主測線)

4. 被災箇所の観察結果

- ①すべり面と切土面との走向が斜交しているため地すべり末端の東側では、すべり面がのり尻より深部に抜けており、本線部分が受動領域となり道路横断方向に幅約8.0mにわたり舗装面が盛り上がっていた。これに対し西側では、すべり面がのり面上に抜けてお

り、地すべり末端の土塊が道路面上に押し出した形となっていた。

②すべり面が道路高さとも一致した箇所では、舗装が破損しめくれ上がっていた。

③地すべりが道路側へ移動したため、南側翼部では引っ張り領域となり約30mにわたって幅1.5~2m深さ0.5~1.0mの陥没地形が形成された。

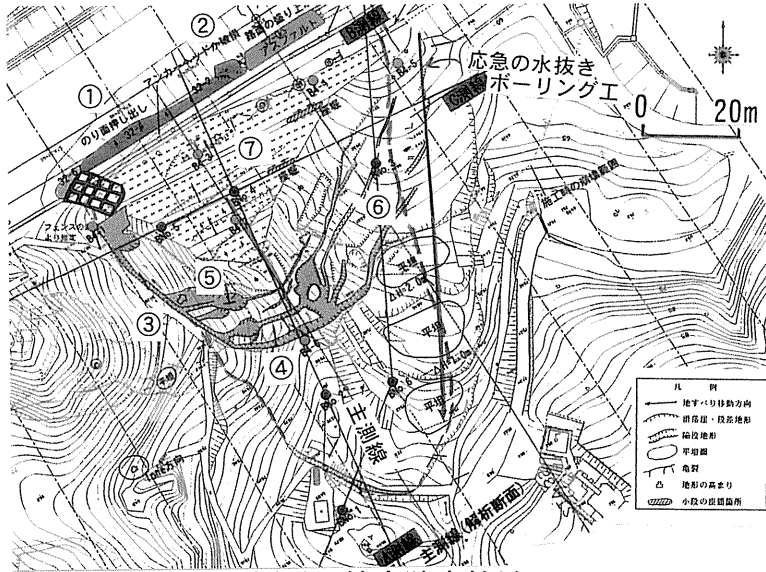


図-6 地表踏査結果

④切土のり肩背後にはもともと鞍部地形を呈していた箇所があったが、この部分がさらに陥没し凹地状の地形が形成された。

⑤陥没地形の西側の延長部は、60~70°の急角度の開口亀裂として追跡されいす型のすべり面がイメージされる。

⑥地すべり東側翼部は、崖

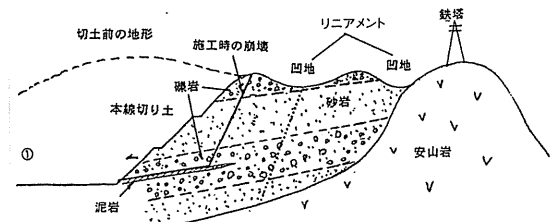
錐堆積物が表層を覆っているため、地すべりの境界は表層では雁行状に配列した段差地形として確認される。

⑦切土斜面の末端はアンカーで押さえられていたため、のり面全体がトップリング的に傾倒し下方に移動するような崩壊パターンとなった。その結果小段は陥没しのり面は道路側への傾倒した。

5. 地すべり発生過程

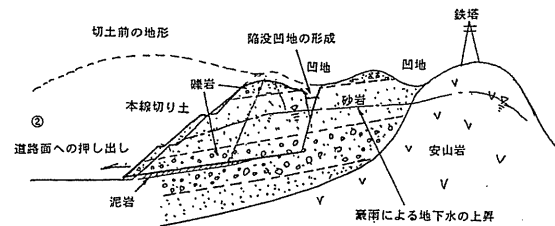
現地の観察結果をもとに地すべりの発生過程についてまとめた結果を以下に示す。

(1) 建設時の切土盤下げに伴い、流れ盤の前面の土塊が排除されたため、層理面に沿った切土のり尻に抜けるすべりが発生した。この時点では観測結果などから背後斜面への波及はなかった。



その後5年間切土面は、安定していた。

(2) 今回の集中豪雨に伴い地下水が上昇し山体が不安定となり、岩盤すべりが発生した。地すべりにより土塊が道路側へ移動したため、切土のり面背後の鞍部地形の部分が大きく陥没した。



(3) 土塊が前面に押し出したため、さらに背後斜面が不安定化しすべり面が後退した。その結果さらに背後にあった鞍部箇所を巻き込む地すべりとなった。

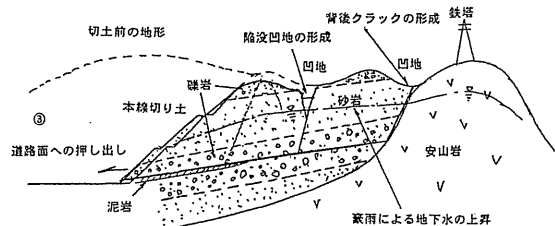


図-7 地すべり過程模式図

6. 被災要因のまとめ

災害の要因としては、以下の事項が挙げられる。

- (1) 開通以来初めて経験する異常降雨。
- (2) 流れ盤構造および断層破碎に伴う劣化ゾーンの存在。
- (3) 断層などの劣化ゾーンを介した東側尾根部からの地下水の供給。

これらの要因が複合的に作用し、建設時に想定していた岩盤すべりを上回る想定以上ののり面崩壊が発生したと考えられる。

7. 対策工の基本方針

崩壊は豪雨時に発生しており、地下水の上昇が崩壊の誘因であったと考えられるため、対策として地下水排除工(集水井)を計画した。集水井は地すべり東側からの地下水の供給を効果的に遮断できるように東側翼部に配置した。

地すべりは尾根部を巻き込んで、大きく変位していることが特徴である。このため排土により地すべり力を軽減し、不足分はアンカー工によりを補うことを基本方針とした。

地すべり発生後の安全率を $F_s=0.98$ と設定し、計画安全率を $F_s=1.20$ として、安定解析を実施し対策工設計を行った。対策工は、排土工、地下水排除工、アンカー工の組み合わせとし、安全率の分担比はそれぞれ59%、4%、37%とした。

対策工平面図を図-8に、断面図を図-9にそれぞれ示す。

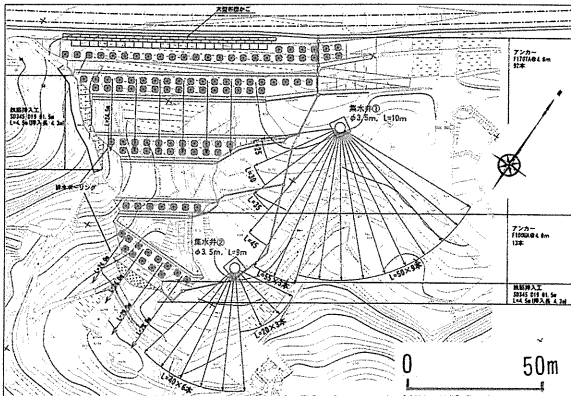


図-8 対策工平面図

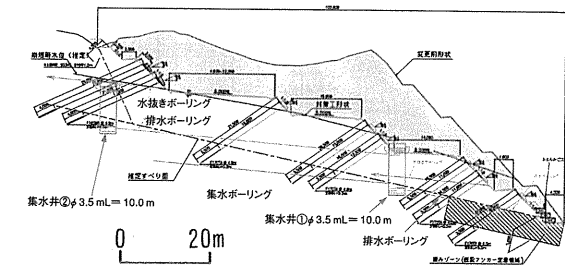


図-9 対策工断面図

8. おわりに

何年もの間安定していたのり面がこれまで無かった局地的な集中豪雨によって被災するケースが増えてきている。

崩壊に至った斜面は、地形・地質の素因に加え地下水が供給されやすいという特異な条件下にあったことが確認されており、切土・盛土計画や維持管理に当たっては地形地質状況を慎重に評価し対策工設計にフィードバックさせていくことが必要であると考えます。

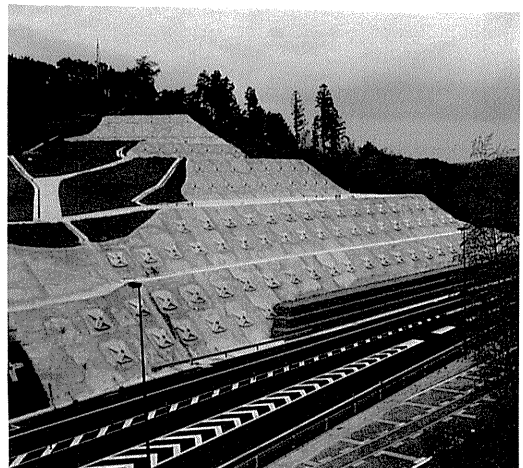


写真-2 のり面对策完了後 (19.5撮影)

【引用・参考文献】山陰自動車道松江玉湯地区災害調査検討報告書
平成19年7月 西日本高速道路株式会社 中国支社