

道路供用後の傾斜地盤上盛土の崩壊事例とその対策

Case Studies of Embankment Failures in Sloping Ground after Road Completion and Their Preventive Measures

奥園 誠之 (おくぞの せいし)

九州産業大学教授 工学部

1. まえがき

盛土法面の崩壊は完成直後から数年内に起こることが多く、5年も経てば大幅に減少する傾向があり、これは「雨降って地固まる」という自明の理どおりと言える。

ところが傾斜地盤上の腹付け盛土の場合、完成後10年を超えても豪雨時または地震時にしばしば崩壊を起こしている。

道路等の盛土が崩壊すると交通機能障害ばかりでなく直下の家屋や重要構造物を直撃し人命にかかわる大災害になることがある。

本報告は高速道路で過去に起こった維持管理段階における傾斜地盤上の盛土の崩壊事例を紹介し、降雨や地下水との関係から、あくまでも結果論ではあるが、崩壊原因を推定したものである。さらに点検、補修のあり方について所見を述べるものである。

2. 傾斜地盤上の盛土の崩壊事例

2.1 上信越道富岡地区の例

当地点は新第三紀層よりなる斜面上の盛土（法高20 m）箇所とその法尻は軟弱な沖積層に載っている。

平成13年8月（開通6年後）熱帯低気圧による豪雨（連続降雨量306 mm）で崩壊した。写真一1参照。崩壊断面を図一1に示す。

崩壊の素因としては周辺切土区間の地山からの地下水流入、軟弱地盤の影響による道路路肩の沈下に伴う地下埋設配水管の破損が考えられる。

仮復旧として崩壊した上り車線を下り線側に移し1車線ずつの対面通行とした。本復旧対策は法尻に押さえ盛土、旧法尻部分を排除し軽量材（エアモルタル）で置き換えた。

2.2 山陽道玖珂地区の例

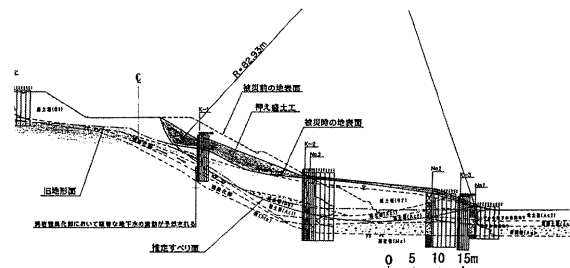
当地点は変成岩の地山に囲まれた谷間の盛土箇所であり、法面（法高23 m）部分は谷の出口に当たり、いわゆるボトルネックとなっている。盛土基盤は出口に向かって傾斜している。

平成17年9月（開通11年後）台風17号による豪雨（連続降雨量500 mm）で突然崩壊し、泥流化した崩土が民家を直撃し3名の犠牲者を出す惨事となった。崩壊状況を図一2、図一3に示す。

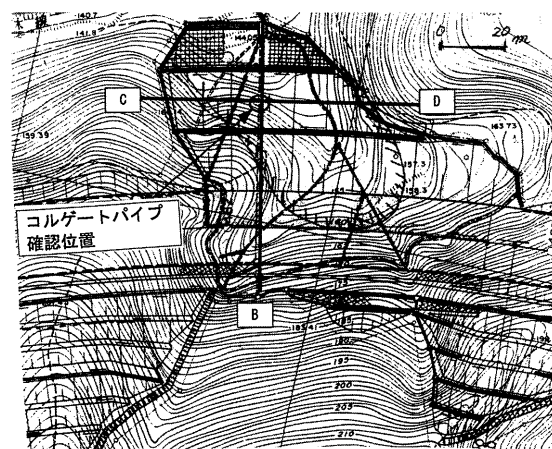
崩壊の原因としては、周辺地山からの表流水、地下水



写真一1 富岡地区崩壊状況



図一1 崩壊後の断面図



図一2 玖珂地区平面図

がボトルネックに当たる法面に集中したことが考えられる。

復旧対策は、崩土を取り除き砕石で置き換え、表面を

布団籠で保護した。この間全面通行止めとなったが、その後の突貫工事により85日後に全線交通開放した。

2.3 山陰道玉湯地区の例

当地区は新第三紀層の崩積土よりなる緩斜面上の盛土(法高約10 m) 箇所である。

平成18年7月(開通5年後)梅雨末期の豪雨(累積降雨量450 mm)で地盤ごと滑り、近隣集落住民が一時避難を強いられた。崩壊状況を図-4, 図-5に示す。

崩壊の素因としては地山の地下水位が極めて高く盛土中に浸透水が多量に流入したことが考えられる。

応急対策として路面に出来た滑落崖にロックボルトを打設(鉄筋補強土工)し、残った路面を一時的に安定させ、残った上り線を利用して1車線ずつの対面通行とした。

本復旧対策はすべり末端に押さえ盛土、法中腹に鋼管杭を、また旧法肩部分を削除し軽量盛土(エアモルタル)で置き換えた。なお、地山の地下水位を下げため、集

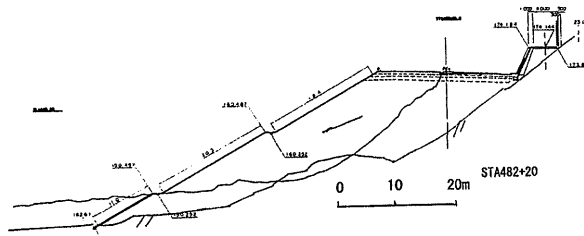


図-3 崩壊断面図

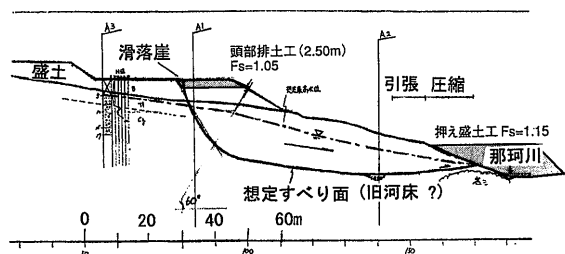


図-4 玉湯地区崩壊断面図

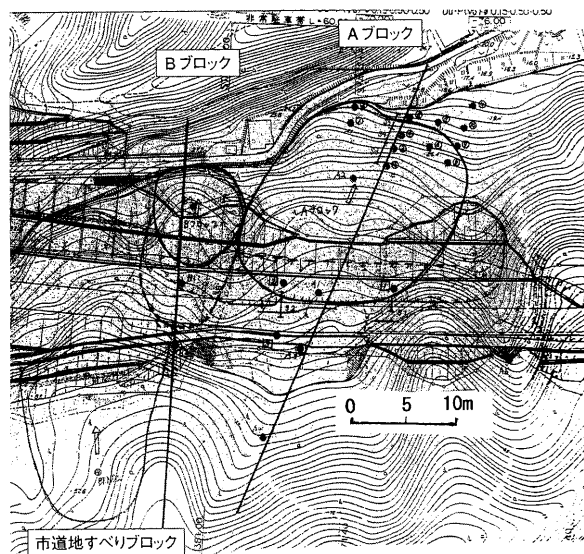


図-5 崩壊平面図

水井戸(水平ボーリング併用)を5基配置した。図-6参照。

2.4 宮崎道高原地区の例

当地区はしらす、ローム台地を開析した谷間の盛土(法高28 m) 箇所である。法面部分は谷の出口に当たりボトルネックとなっている。

平成19年7月(開通30数年後)台風5号の豪雨(累積降雨量540 mm)で崩壊した。崩壊状況を図-7, 図-8に示す。

応急対策として、路面法肩付近のクラック部分を掘り下げ、掘削面からロックボルトを打設(鉄筋補強土工)し、前面を土嚢(トンパック)で押さえた。残った上り線を利用して1車線ずつの対面通行とした。

本復旧対策は崩土の大半を取り除き、残った盛土部分

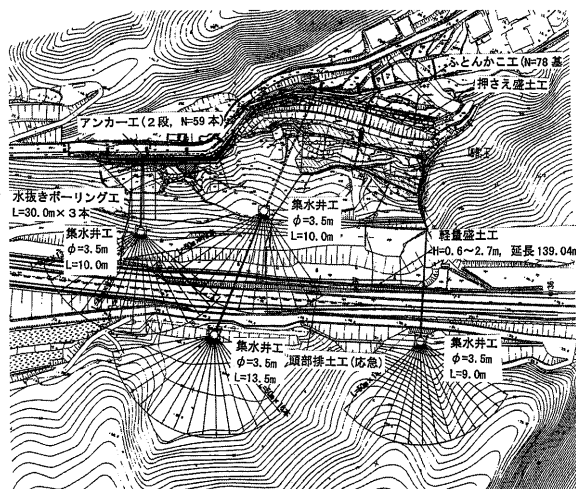


図-6 地下水排水工施工状況

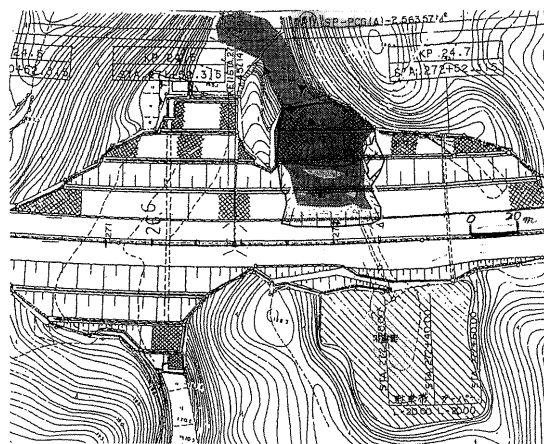


図-7 高原地区崩壊平面図

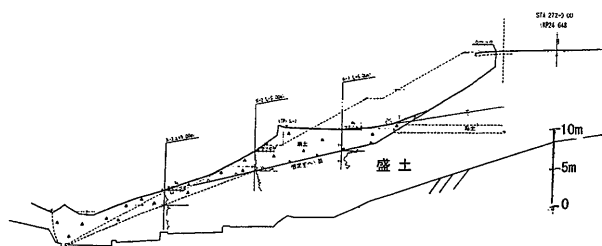


図-8 崩壊断面図

論 説

を地盤改良し、旧断面まで碎石で埋め戻した。

なお、上り線より山側盛土（レベルバンク）部分に水抜き井戸（水平ボーリング併用）を掘り山側からの浸透水を排除した。

3. 盛土の安定と水

3.1 降雨と崩壊の関係

図一9は前述の各崩壊事例地点における崩壊時までの累積降雨量（または連続降雨量）の時間的な経緯である。

富岡では雨が降り止んで一たん通行止めを解除したがその後に変状が確認され再度通行止めとなった。崩壊は雨が上がって6時間後に起こっている。

玖珂では最大時間雨量（68 mm、図の最大勾配時点）を過ぎて雨が上がる寸前の段階で崩壊が急速に起こった。

玉湯では一たん豪雨が止んで5日後の小雨時に崩壊している。

高原では4日間の先行降雨（約160 mm）の後1回目の集中豪雨（最大時間雨量40 mm）に見舞われ、更に3日後の2回目の豪雨時（連続雨量170 mm）に崩壊している。

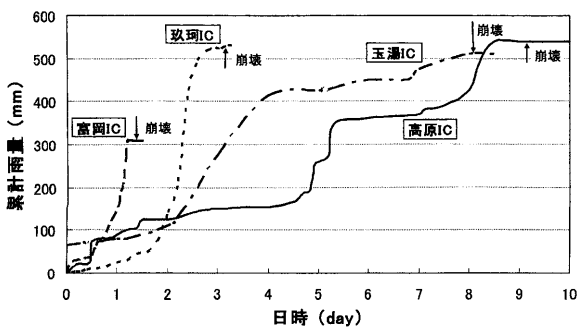
以上のことから次のことが言える。

- ① 玖珂地区以外は崩壊は豪雨の最中ではなく、かなりの時間経過後に起こっている。傾斜地盤上の盛土は地山からの浸透水が引き金となるため、タイムラグ（時間差）があるためと思われる。
- ② 豪雨の後には小雨でも崩壊の引き金となることがあり点検を怠ってはならない。（玉湯、高原）
- ③ 玖珂の場合、突然一気に崩壊している。これは降雨が短期間に集中し、しかも降雨中の崩壊で崩土が泥流化したためと思われる。

3.2 浸透水と崩壊の関係

高速道路の盛土の締固め基準は名神高速道路建設時以来ハイレベルといつてよい。しかし滑り残った部分で標準貫入試験（ボーリング）を行った結果、例外なしにN値が5以下の箇所が確認されている。崩壊部分はさらに低い値であったことが予想される。これは完成後時間経過とともに浸透水の影響をうけて土が大幅に脆弱化したことが予想され、最初に述べた「雨降って地固まる」の理に反する事になる。

いま、仮に盛土のせん断強度を $c = 25 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 30^\circ$, 単位体積重量 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, 飽和単位体積重量 $\gamma_{\text{sat}} =$



図一9 各事例の降雨量と時間の関係

20 kN/m^3 , 水中単位堆積重量 $\gamma_{\text{sub}} = 10 \text{ kN/m}^3$ として半無限長斜面の安定計算をやってみる。

図一10は斜面の浸透条件を変えて安全率の関係を試算したものである。なお、安全率の式は図中に示す。図の上半1.は長雨で地下水水位が盛土中を徐々に上昇した場合の水位と安全率の関係を示したものである。この場合盛土厚7 mのうち、地山から4 m（深さ3 m）を超えた時点で安全率が1.0を切っている。この時点で盛土は地山との境界か地山表層を巻き込んで崩壊する事になる。

図の下半2.は集中豪雨の最中に上から浸透水が入り、飽和領域が上から急速に降りてきた場合のその深さと安全率の関係を示している。この場合深さ5 mの位置で安全率が1.0を切っており、この時点でその深さで崩壊することになる。したがって地山とは直接関係なしに崩壊する可能性がある。

実際の現場では図の上下の現象が同時に起こるため、両方につながった時点に最も大規模な崩壊が起こる。

4. 盛土の維持管理

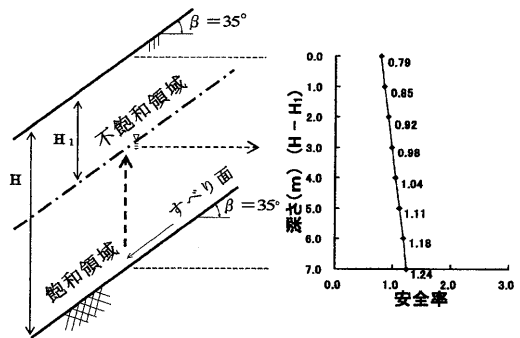
4.1 崩壊の誘因

前述のとおり傾斜地盤上の腹付け盛土は時間と共に脆弱化しその後の豪雨によって遂には崩壊する可能性を持っている。図一11 1.（上段）はその要因を説明したものである。

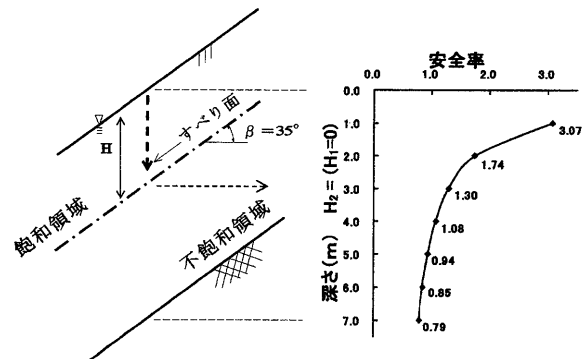
まとめると次のとおりとなる。

- ① 盛土上流の自然斜面や周辺地山から流水が流れ込む。

1. 地下水が下から上昇する場合



2. 浸透水が上から低下する場合



$$\text{安全率 } F_s = \frac{C + (\gamma \cdot H_1 + \gamma_{\text{sub}}(H - H_1) \cos^2 \beta \cdot \tan \phi)}{\gamma \cdot H_1 + \gamma_{\text{sat}}(H - H_1) \cos \beta \cdot \sin \beta}$$

図一10 無限長斜面上盛土の地下水、浸透水が安全率に与える影響

