

災害地の崩壊メカニズム解析および三次元モデル化事例

株式会社日さく ○鮑 沁, 石川 恵司, 長谷川 智史, 仁多見 加奈子

1. はじめに

本報告は、河川小堤施工時に基礎地盤の破壊が生じ、堤体の一部が崩壊した災害事例である。

河川小堤(盛土高 3m)を施工した直後に、崩壊が発生した。崩壊の前後に降水はなく、タイミングから見て、盛土の荷重を誘因とする事象と考えられた。崩壊範囲は、冠頭部で幅 60m、末端部で幅 140m、最大落差 6m 程度である。移動土塊は河川側に約 20m 押しだされ、河道域に堆積した。なお、本事象の特徴として、冠頭部の幅に対し、末端部の幅が広いことがあげられる(図-1)。

本事例では、崩壊発生を受けて、崩壊メカニズムの検討と対策工検討を目的として、地質調査を実施した¹⁾。



図-1 崩壊地の状況

2. 調査方法

(1) 現地踏査および測量

崩壊直後に現地踏査を行い、主滑落崖、側方崖などの位置を確認した。また、崩壊地における微地形を把握するため、UAV による空中写真撮影を行い、SfM 処理データを解析した。

(2) ボーリング調査

崩壊域において計13本のボーリングを実施し、標準貫入試験、サンプリングを行った。サンプリング試料につ

いては、物理試験および力学試験を実施し、物性値・強度定数を把握した。

(3) パイプ歪計

ボーリング地点のうち、移動土塊中央部に位置する2箇所について、パイプ歪計を設置し、自動観測による動態監視を行った。また、歪計データよりすべり面の深度推定を行った。

(4) メカニズム解析および三次元モデル作成

調査結果より、崩壊メカニズムの検討を行うとともに、強度定数を算定し、安定計算に供した。また、崩壊前の安定性を検討するため、崩壊前の層序を復元した。これらの結果から得られた地質モデルについては、後述するように三次元モデル化し、関係者間で共有を図った。なお、モデル作成には、Makejiban(五大開発)を使用した。

3. 結果および考察

(1) 崩壊地の地層構成およびすべり面

① 移動土塊中の地層構成

移動土塊の内部構造は、沖積層(粘性土主体)と盛土層・堤体盛土から構成される。頭部側(削剥域)では複数の副次滑落崖(副すべり面)により、移動土塊は細かく細分されている。一方、末端部側(押出域)では、沖積層の層状構造がほとんど変形せずに保持され、内部層序は保存されている(図-2)。

② すべり面の位置および深度

パイプ歪計のデータより、累積変位が認められる深度は概ねG.L. -8m 以浅であるため、主たるすべり面はG.L. -8m 程度と想定される。この深度は沖積粘性土層中であり、一部で腐植土の分布深度に相当し、すべり面は軟弱な沖積層を切っていると考えられる。一方、頭部側では

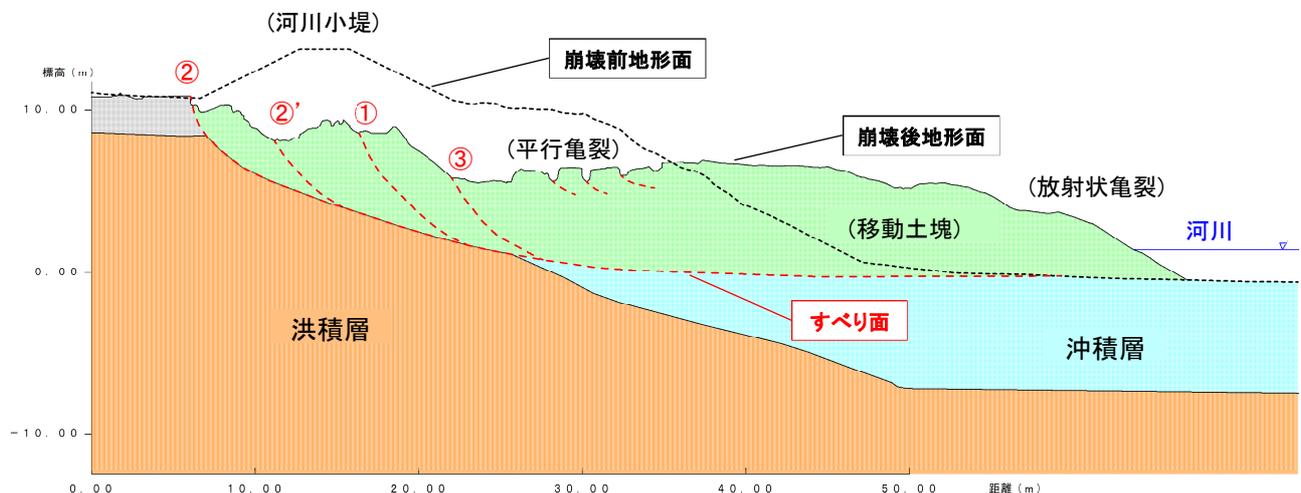


図-2 崩壊域主測線の想定模式地質断面図

洪積層が非常に浅い深度に分布しており、頭部側では、沖積層と洪積層の境界部ですべてっていると想定される(図-2)。

(2) 崩壊の素因

本事象の誘因としては盛土による荷重が想定されるが、地形・地質に由来する素因²⁾としては、調査結果から以下の3点が想定される。

① 埋没地形の特徴

崩壊地近傍には台地が迫っており、沖積層の下位には、洪積層からなる旧地形が埋没している。崩壊の起点となった箇所では、浅所に洪積層が分布する一方で、河川側に向かって旧地形は急傾斜面をなしている(図-2)。したがって、頭部におけるすべり発生時には、傾斜した洪積層-沖積層境界がすべり面として機能した可能性が高い。

② 軟弱な沖積層の存在

河川側(末端部側)では、洪積層は14m以深のかなり深い深度に分布し、地表付近には厚い沖積層が分布する。沖積層は腐植物を含む軟弱な粘性土主体でN値は0~2程度である。

③ 地下水の関与

主滑落崖基底には湧水を確認した。周辺地形より、崩壊地近傍は集水地形であり、不圧地下水が浅いと想定されるため、相対的に高い地下水位が素因の一つとなった可能性がある。また、洪積砂質土層は被圧帯水層であるた

め、すべり面に間隙水圧が働いた可能性も考えられる。

(3) すべりの形態について

本事象については、当初は河川小堤から河道部の移動土塊までを覆う大円弧すべりとする見解もあったものの、調査結果からはこのような大円弧は想定されない。頭部においては、洪積層上面を利用した円弧状のすべりであるものの、末端部側では、すべり面はほぼ水平に沖積層中を切っている。末端部においては軟弱な沖積層が広く分布したことから、円弧の末端は跳ね上がらず、沖積層の内部層序を保持したまま、水平に押し出された(併進運動)と想定される(累進合成すべり²⁾)(図-3)。その際、旧地形面や地下水の影響を受け、末端部が扇状に広がったことから、相対的に規模の大きな崩壊になったと考えられる。

4. 三次元地質モデルの作成

本調査の結果、移動土塊の内部構造はかなり複雑であると想定され、また、崩壊前の層序についても、埋没地形が複雑であることが明らかとなった。発注者・設計者と地質構造についての理解・情報を共有することを目的として、通常の地質断面図に加えて、三次元地質モデルを作成した(図-4)。モデルは「崩壊後モデル」及び「崩壊前の復元モデル」の2パターンを作成した。作成した三次元地質モデルにおいては、すべり面と洪積層-沖積層境界との位置関係を再現することができた。

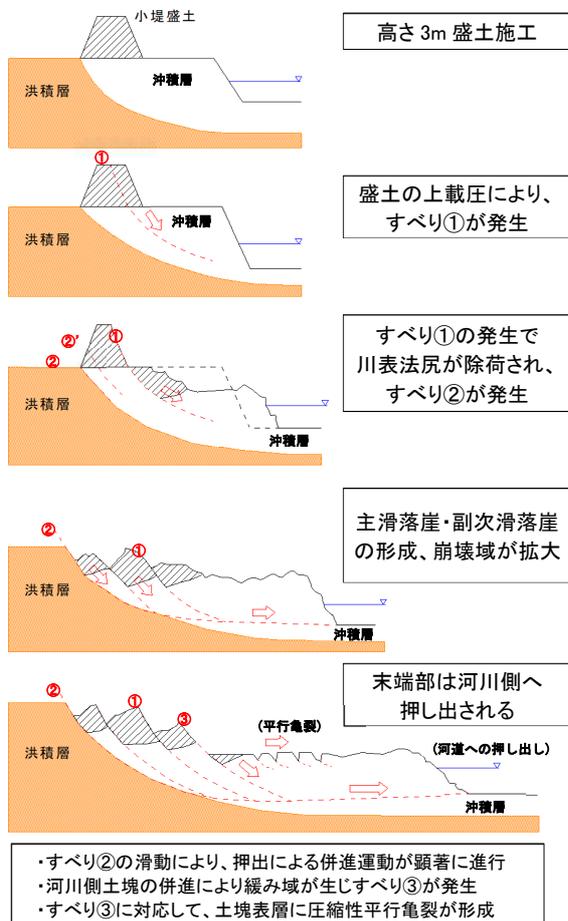


図-3 想定される崩壊メカニズム

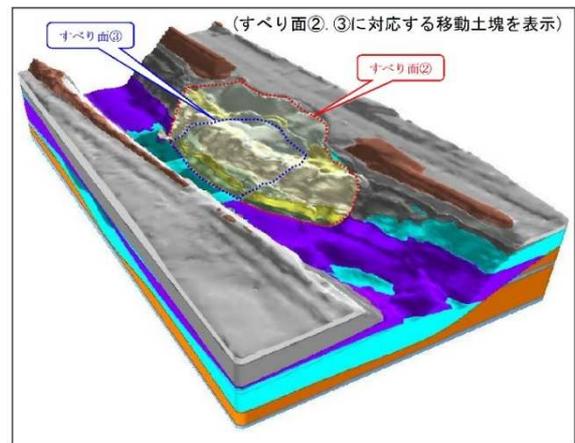


図-4 作成した三次元地質モデル

5. おわりに

本調査の結果、埋没地形や地質特性に起因する崩壊メカニズムを明らかにできた。また、調査結果から導かれた三次元地質モデルについて、発注者・設計者間におけるリスクコミュニケーションの一環として有効な手段であることを確認できた。今後も三次元地質モデルの活用を図っていきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 藤原明敏: 地すべり調査と解析, 222p. 理工図書, 1981.
- 2) 古谷尊彦: ランドスライド 地すべり災害の諸相, 213p. 古今書院, 1996.