

地すべり移動方向が交差する大規模地すべりの力学解析モデルの構築事例

国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所 藤田 重敬, 安達 忠浩
日本工営株式会社 ○細谷 健介, 倉岡 千郎
太田 敬一, 中根 昌士

1. はじめに

甚之助谷地すべりは、一級河川手取川源流域の柳谷上流部に位置する。地すべりは標高 1,400~2,000 m の区域で発生しており、全国的にも極めてまれな高山地域にある地すべり地である。

地すべりの規模は、甚之助谷地すべり地で最大規模を誇る「中間尾根ブロック」において、長さ 1,200m、幅 400m、すべり面層厚は 120~130m を有し、日本有数の大規模な地すべりである。

甚之助谷地すべり地域では、地すべりの徴候が発見される以前から、白山の砂防事業として、明治 44 年 (1911) から石川県により治山治水対策が行われていた「白山砂防発祥の地」であるが、大正 13 年の砂防法の改正の結果、昭和 2 年に当時の内務省土木局を経て、現在の国土交通省金沢河川国道事務所に砂防事業が受け継がれている。

甚之助谷地すべりは、大正 14 年にその存在が発見され、昭和 30 年頃から石川県が本格的な調査を開始した。

調査は、昭和 32 年度より国直轄となり基幹堰堤の倒壊を未然防止する防災対策の検討と、地すべりの機構解明を目的に集中的に実施した。

地すべり対策事業は、昭和 37 年度から抑制工を主体として実施され、その進捗に伴い徐々に沈静化が見られてきたため、昭和 47 年に対策事業を既成とした。

ところが昭和 50 年頃より計器変動や構造物の変状・破壊等から地すべりの再活動が懸念され、昭和 54 年度から調査、昭和 56 年度から地すべり対策事業を再開したが、現在に至るも依然として年間 10cm 程度の移動が続いている。

甚之助谷地すべりはそれぞれの地すべりブロックの規模が大きく、かつ地すべりブロックの相互間の力の伝達が複雑に絡み合っている。このような状況下において今後実施される「万才谷排水トンネル工」による地すべり安定度への影響や、対策工の効果評価を行うことを目的として、甚之助谷地すべり独自の 3 次元地下水解析、及び 3 次元力学モデルを構築した。本稿では、これら構築したモデルの内、特に 3 次元力学モデルの概要、及び今後の課題について報告する。

2. 解析モデルの構築

現在、国土交通省所管の直轄地すべりでは、多くの地すべり地において、対策工の効果を評価する手法として、3 次元地下水モデルと 3 次元力学モデルが構築されている。

甚之助谷地すべりは直轄地すべりの中でも特に大規模であり、かつブロック間の複雑な地すべり移動状況を呈する。これらの地すべりの移動方向や変位量を再現することは、今後の対策工の配置計画・効果評価に大きく寄与すると考えられる。

そこで、平成 22 年度から地下水モデル及び力学解析モデルの構築に着手し、平成 23 年度で精度向上及びモデルの改良を行った。

3. 3 次元力学モデル (1) : ブロック相互間の力の伝達

甚之助谷地すべりの解析モデル構築においては、今後の対策工効果を評価する上での指標として、地すべり移動方向や変位量、及び安全率が算出できる様、甚之助谷地すべり独自の解析手法となる、FEM 粘弾塑性解析モデルを用いた。

モデル構築に当たり、GPS 観測による甚之助谷地すべりの変動状況は、「中間尾根ブロック」と「左岸大規模ブロック」が互いに交差する位置関係となっており、変位量・移動方向が共に異なっている。

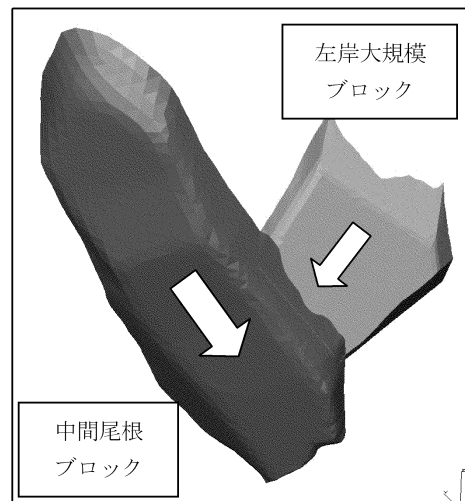


図-1 甚之助谷 3 次元力学モデル図 (すべり面)

特に、左岸大規模ブロックの末端部は中間尾根ブロックの側部に位置しており、左岸大規模ブロックの末端部が中間尾根ブロックに衝突する形状を呈している。このようなブロックの位置関係を考慮したモデルを構築するに当たり、左岸大規模ブロックのすべり面を中間尾根ブロックの側部のすべり面に交差させ、中間尾根ブロック、左岸大規模ブロックの相互作用を検討できるモデルとした。

この結果、左岸大規模ブロックのすべり面の勾配に沿った変位の方向に加え、中間尾根ブロックに引きずられるような変位の方向を示す結果が得られた。特に左岸大規模ブロックと中間尾根ブロックが交差する部分では、その傾向が顕著に発生している。これは、構築したモデルが、中間尾根ブロックに生じる地すべり変動に対し、左岸大規模ブロックの末端部分が中間尾根ブロックに引っ張られる機構を示すことを可能としたもので、ブロック間の相互の影響を反映させたモデルと考えられる（図-2）。

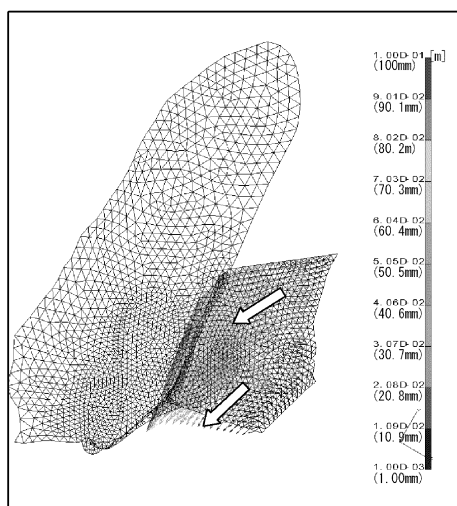


図-2 解析結果で得られた変位ベクトル

4. 3次元力学モデル（2）：すべり面部のモデル

3次元力学モデルで採用している「粘弾塑性有限要素法解析」では、すべり面部に相当する箇所「ジョイント要素」を組み込むことで不連続体の挙動を再現している。

甚之助谷地すべりのすべり面は、数m程度の厚みを有する、いわゆる「せん断帯」の形状を呈していることが近年の地質調査により明らかとなってきたため、解析モデルにおいても通常用いられるジョイント要素に上下面の厚みを持たせた厚みのあるジョイント要素をモデルに新たに組み込んだ（図-3）。

この要素モデルを採用することで、地すべりの断面挙動において、シャープなせん断変位からある程度の変動幅をもった傾斜変動を再現することが可能となった。

現在の孔内傾斜計で観測されている変動形態を考

慮すると、今回構築したモデルがより現実の変位状況を再現しているものと考えられる（図-4）。

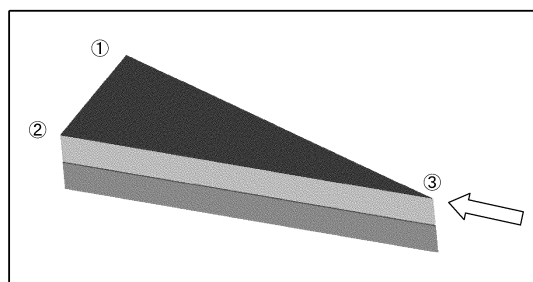


図-3 本解析で用いたジョイント要素（すべり面）

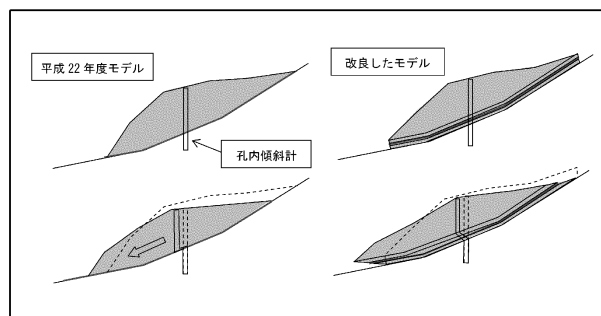


図-4 要素の違いによる断面変位形状の違い

既往の地すべり移動状況を再現可能な3次元力学モデルの構築・再現解析により、数cmオーダーの地すべり変位量及び変位方向を良好に再現する事が可能となった。

将来的には直轄地すべり防止工事の完了を睨んで、対策工効果評価の基礎資料として、地すべり移動方向、変位量の試算や安全率の算出に適用できるものとする。

5. 今後の課題

甚之助谷地区において構築した3次元解析モデルは、当該地すべりの地すべり機構、実現象を再現可能としているが、地すべり地内の調査観測計器が地すべり変動により破壊されてしまうため、今後の検証が難しい状況にある。今後は、新規に実施される調査結果を迅速にモデルに反映して、その精度を向上させつつ、より効果的且つ合理的な地すべり防止対策検討に適用していく必要があると考えている。

6. 参考文献

- 1) 有限要素法による地すべり解析
(社) 日本地すべり学会