

直下型地震により発生した深層崩壊の発生機構と対策工法

長野県北信地方事務所 中島 利樹, 宮坂 正之

応用地質株式会社 ○池上 忠, 千葉 伸一, 山根 誠

中山 雅之, 岩崎 和彦

1. はじめに

2011年3月12日、長野県・新潟県境付近の地震（深度6強）によって、長野県下水内郡栄村中条川左岸斜面に深層崩壊が発生、V字谷を埋積した堆積物下流側の斜面の一部が1.2km谷を流下し、温泉宿泊施設敷地をかすめて堆積した。

応急対策工の施工と共に、地域との連携のもとで警戒避難システムによる住民の避難勧告・解除が行われた。その後、河道開削・床固工・谷止工等の溪間工が施工されると共に、1号崩壊地及び土砂埋塞部において調査ボーリング・岩石試験等の地質調査が実施された。これら地質調査結果を用いて、2次元FEM解析により地震発生時における局所安全率分布及び変形量を推定し、深層崩壊発生の地質的素因の解明を試みた。更に崩壊後の斜面の緩み発生領域を推定し、恒久対策工を検討した。当発表はこれらの検討成果について報告すると共に、今後の中条川における復旧対策の方向性について紹介するものである。



写真-1 中条川被災箇所全景 (信濃毎日新聞 3.13 記事より)

2. 1号崩壊地の地質調査結果

1号崩壊地では、平成24年度に調査ボーリング (D=145m)、孔内速度検層、ボアホールカメラ、岩石試験等の地質調査が行われた。ボーリング調査位置図を図-1に示す。地質調査結果に基づき作成した1号崩壊地の断面図を図-2に示す。また、各地層から採取した試料を用いて岩石試験（一軸及び三軸圧縮試験）を行うと共に、テストピースの速度値と孔内速度検層による速度値から地山の割れ目を考慮した変形係数を求めた。この結果について表-2-1に示す。

表-1 FEM解析に用いた地盤物性値

地質区分		変形係数 MN/m ²	単体重量 g/cm ³	粘着力 MN/m ²	内部摩擦角 (°)
名称	記号				
風化火山灰	Im	398	1.89	0	30
安山岩質火砕岩	Pya1	1536	1.95	0	30
安山岩溶岩	An	3013	2.33	0.085	35
赤色酸化安山岩溶岩	An-W	1534	2.22	0	40.5
礫混じり凝灰質砂岩	Tss	1337	1.86	0	40

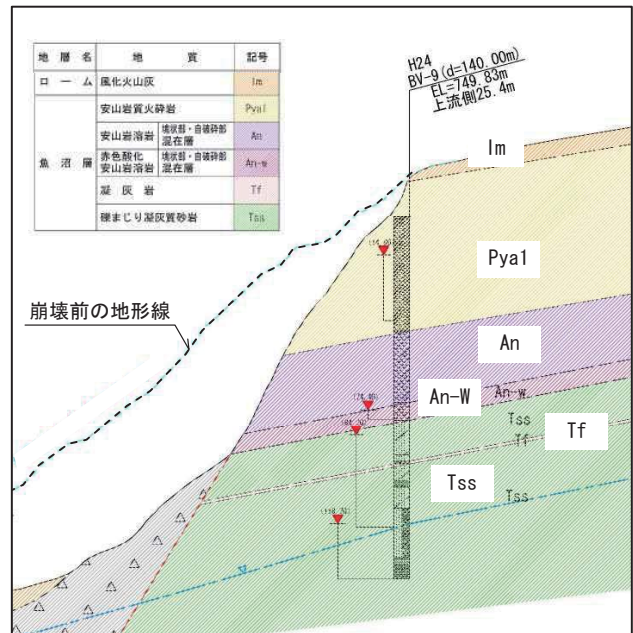


図-1 1号崩壊地地質断面図

3. FEM解析結果

地質調査結果より得られた地質断面図及び地盤物性値を用いて、2次元FEM解析を行った。解析ケースは、(1)地震発生時、(2)崩壊発生後の2ケースである。(1)地震発生時については、気象庁による公開データによる地震力(図-2)を1号崩壊地の斜面方向に換算し、水平方向に与えた。解析結果として、局所安全率分布図を示す(図-3)。

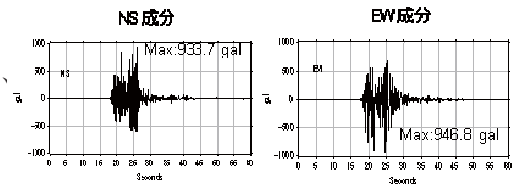


図-2 作用させた地震力

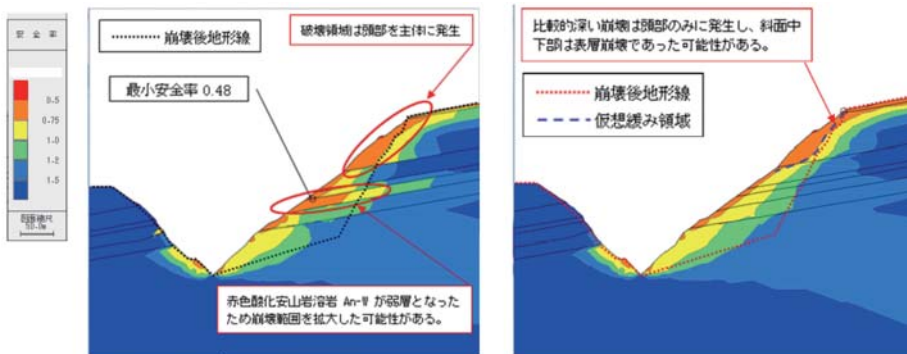


図-3 地震発生時の安全率分布
(表-1の物性値を入力)

図-4 地震発生時の安全率分布
(An-WにAnの値を入力)

図-3に見られるように、局所安全率0.75と1.00の境界付近が崩壊後の地形とよく近似している。斜面中下部に分布する赤色酸化安山岩溶岩(An-W)が弱層となって崩壊拡大を助長した可能性があると考え、当該地層の地盤物性値を上位の安山岩(An)と入れ替え解析を行ったところ、図-6に示すように局所安全率 >0.75 の範囲は崩壊地頭部のみにとどまった。このことから、崩壊拡大の地質的素因として、相対的に強度が低い赤色安山岩層が斜面中下部に挟在していることを挙げる事ができる。

4. 対策工法及び今後の方針

崩壊後の斜面は除荷作用により応力が解放され、その局所安全率は図-5のように示される。局所安全率 >0.75 を緩み領域とみなし、排土による対策工を検討した(図-7)。この結果、1号崩壊地では切土量約60万 m^3 、盛土量約37万 m^3 、残土処理量23万 m^3 を要することとなった。対象地は全国有数の豪雪地帯であり、その施工可能期間は6カ月/年程度であること、崩壊地頭部へアクセスする工事用道路が存在しないこと等を考慮すると、

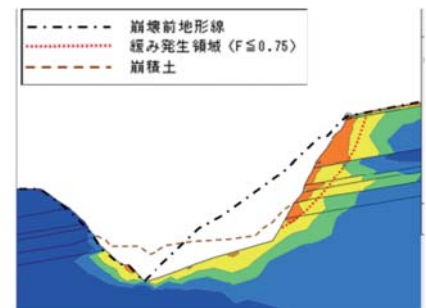


図-5 崩壊発生後の安全率分布

現実的には実施困難であり、完了には膨大な年月を要することが予想される。

このように、中条川土砂災害はその規模、立地及び気象特性から、発生源対策には容易に着手し難い側面を有していることが今回の検討によって明らかになった。今後の方針としては、主として溪流及び埋塞部の安定を図ることとし、1,2号崩壊地については地質調査を進め崩壊機構に関して更に知見を積むと共に、孔内傾斜計・地表移動杭観測等による移動量モニタリングを進めていくこととしている。

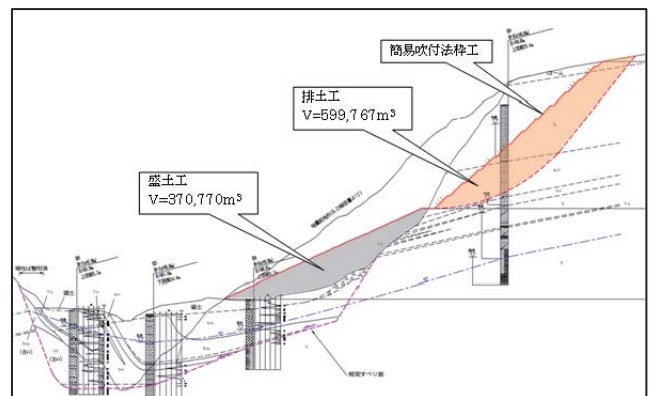


図-6 対策工標準断面図