

新潟県中越地震で被災した傾斜地盤上盛土のすべり変位量の解析

東京電機大学理工学部	フェロー会員	安田	進
高速道路総合技術研究所	正会員	横田	聖哉
高速道路総合技術研究所	正会員	藤岡	一頼
東京電機大学理工学部	学生会員	○鶴田	隆文
東京電機大学大学院	学生会員	毛利	龍司

1. まえがき

2004 年新潟県中越地震では関越自動車道の盛土で 3 タイプの被害が発生した。そのうち、山間部における緩やかな傾斜地盤上の盛土の被災であるタイプ 1 の被害においては、走行車線にまで達する大規模な崩壊が生じた¹⁾。このような崩壊に対してはすべり土塊に震度を加えた安定解析を行うことが一般的であるが、この解析ではすべり量までは分からない。また、地震動が非常に大きいと、震度法による安定解析自体が安全性を過小評価してしまう傾向もある。これらを解決する方法として、FEM により静的および動的応力分布を求め、それをもとに Newmark の方法ですべり変位量を推定する方法がある。ただし、まだ、この方法の妥当性は十分には検証されていない。そこで、関越自動車道の代表的な被災箇所を対象にし、静的有限要素解析「ALID」と動的応答解析「Advanced FLUSH」、動的滑り解析「ARCF」を組み合わせる解析を行い、この手法の妥当性を検討した。

2. 解析対象箇所および被災概要

解析地点は関越自動車道の堀之内 IC ～ 越後川口 IC 間にある 215.90KP 地点である。215.9KP では中央分離帯を崩壊頂部として沢地に沿って盛土が流出し、下り車線側の側道およびその先の民地まで（下り車線法尻より約 105m）崩壊した土砂が達している。上り車線側法面は大きな変状は見られない。上空から見た被災状況を図 1 に示す。



図 1 215.9KP の被災状況

3. 解析条件および解析方法

解析に用いた入力波形は、JH 川口 IC で観測された最大加速度 667Gal の実波形を用いた。また地下水位は、地下水が盛土内に存在しない場合 地震後の調査で観測された水位（観測水位） ボーリング掘削時に確認された宙水より地下水位を推定した水位（推定水位）の 3 つの条件とした。調査箇所は、盛土が崩壊した地点であることから、盛土内にほとんど水位がない状態として観測されている。そこで、図 1 に示す推定水位の条件も設定した。図 2 に解析に用いたブロック図および地下水位線を示す。図 2 の着色部が自然地盤で、水位が盛土の半分程度と高い方が の推定水位とし、低くなっている方が の測定水位である。また、各ブロックは有効上載圧を考慮し設定した。

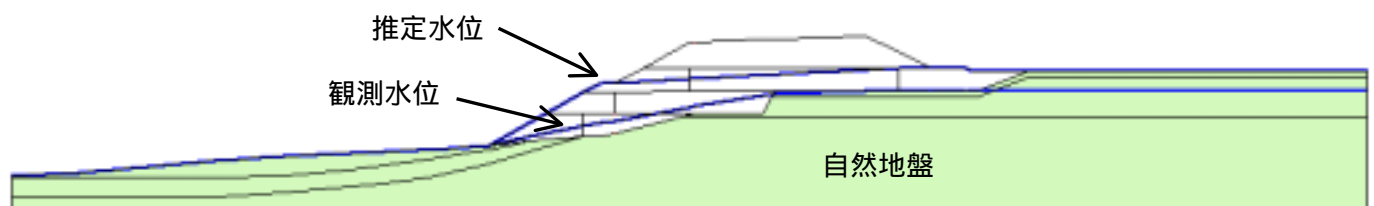


図 2 ブロック図および地下水位線（推定水位と観測水位）

キーワード 解析、盛土

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部 TEL: 049-296-0496

解析は次の手順で行った。なお、紙面の都合上説明は省略するが、解析に必要な諸地盤定数は、現地でのPS検層や三軸圧縮試験などの試験結果により設定している。

a) 静的有限要素解析「ALID」：各メッシュの常時の応力分布を求めた。

b) 動的応答解析「Advanced FLUSH」：地震時に各メッシュに加わる応力分布を求めた。

c) 動的滑り解析「ARCF」：常時および地震時に働く応力を合わせて各メッシュの要素安全率を求めた。そして実際に崩壊した面を円弧と仮定し、その円弧に沿った変位量をNewmarkの考えに基づいて解析した。

4. 解析結果

一連の解析結果として、観測水位における結果を図3～5に示す。まず、図4に示すように、盛土内で加速度は増幅し、盛土法面付近では最大で800Gal強といった大きな加速度が発生する結果となった。静的応力とこの動的応力を加え合わせた要素安全率を見ると、図4のように1を下回る部分が生じた。なお、この要素安全率は最大地表面加速度が発生した時点での分布図で、後述するように盛土が滑り始めた時刻と一致している。図5は実際に崩壊を起こしたすべり面における最大等価震度、最大相対速度、最大相対変位の時刻歴を示している。17秒ですべりが生じ、約1秒間で2.6mすべて止まる結果となった。

表1に各水位における断面内の最大加速度と、すべり変位量を示す。最大加速度は水位による差は生じなかったが、すべり変位量は水位が高くなるにつれ急増した。推定水位だと大変大きな変位量となり、実際に大きくすべった事実と一致した。

5. まとめ

新潟県中越地震で崩壊した傾斜地盤上の盛土に対し、地震応答解析とNewmark法で解析してみたところ、実際の被害を解析で説明でき、また、

盛土内水位が変形量に与える影響が大きいことが考察できた。ただし、地震動に伴う過剰間隙水圧の上昇による影響は考慮していないので、今後は、過剰間隙水圧も考慮するようにしたいと考えている。なお、解析にあたっては(株)地盤ソフト工場の安達氏にお世話になった。感謝する次第である。

参考文献：1) 地盤工学会新潟県中越地震被害調査委員会：2004年新潟県中越地震災害調査報告書、2007。



図3 最大加速度分布

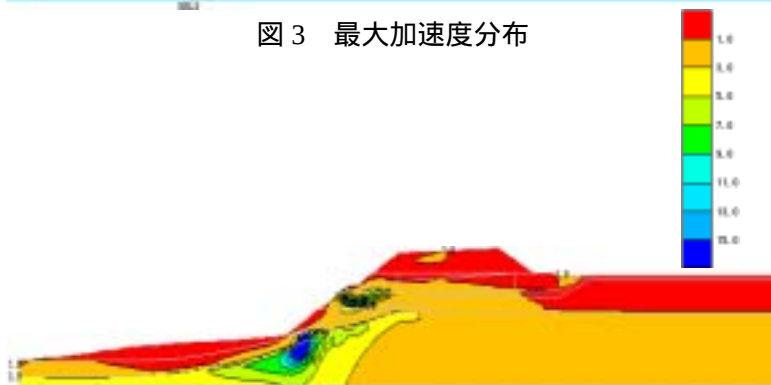


図4 要素安全率分布

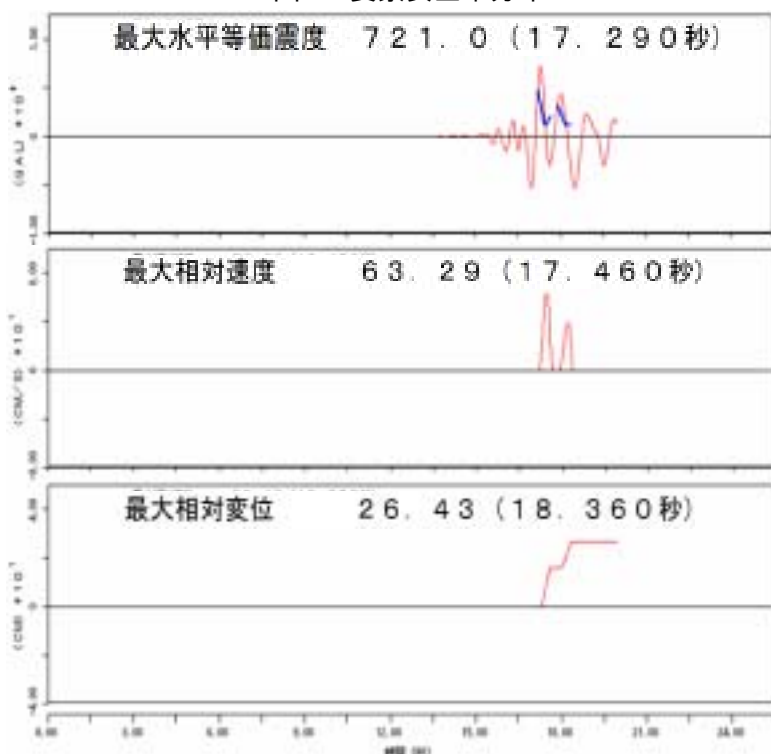


図5 動的滑り解析結果

表1 最大地表面加速度とすべり変位量

	最大地表面加速度	すべり変位量(m)
水位なし	899	1.74
観測水位	869	2.63
推定水位	842	109.3