

地震時の盛土の沈下量に与える地震動などの影響に関する試算

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 大窪克己 藤岡一頼
 東京電機大学大学院 学生会員 ○毛利龍司 白鳥翔太郎

1. はじめに

2004年新潟県中越地震では小千谷 IC 付近の水平地盤上を通過する関越自動車道の盛土で沈下が生じ、カルバートボックスなどとの間に数 10cm の段差が発生した。2007 年新潟県中越沖地震でも北陸自動車道柏崎 IC 付近の水平地盤上の盛土で沈下が生じたが、カルバートボックスとの段差は 10cm 程度と小さいものであった。このような水平地盤上の盛土の地震時沈下量にはいくつかの要因が影響していると考えられる。そこで、筆者達がこれまで研究を行ってきた土の繰返し载荷後の変形特性を利用して、この様な沈下量に与える地震動、原地盤・盛土材料の違いの影響に関してその傾向を見るための試算を行ってみた。

2. 地震時の盛土の沈下量に影響を与える要因と今回検討した要因

地震時の盛土の沈下量に影響を与える要因はいくつかあると考えられるが、主なものを挙げてみると、次のようなものがあるのではないかと考えられる。①地震動、②盛土：盛土高さ・盛土材料・盛土内の地下水位、③地盤：土質・傾斜・軟弱層の厚さ・液状化する場合はその程度である。本研究では地震動と盛土材料、地盤の土質の影響に関して検討を行った。

3. 解析対象地盤モデルと解析条件

検討対象としたモデルは、新潟県中越地震の際に沈下を生じた関越自動車道の小千谷 IC 付近の盛土とした。参考として図 1 に今回用いる飽和・不飽和条件の小千谷、厚木の盛土材の $G_1/\sigma'_c - F_L$ 関係を示した。図 2 にはこの盛土のモデルを示す。地震後の地盤調査によると盛土内に地下水位がある。新潟県中越地震では地盤の側方変形に伴い、盛土の沈下および、カルバートボックスの目地の開きが生じた。

このような被害形態を残留変形解析の

“ALID/Win”で説明できることが示されてお

り¹⁾、本研究においてもこの手法で解析を行ってみた。ただし、地震

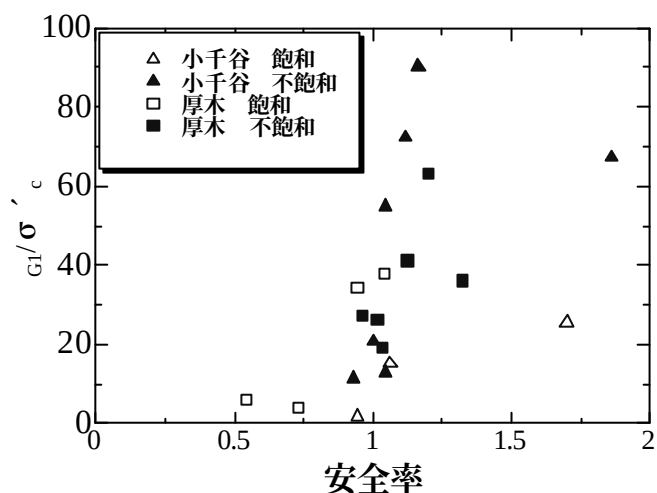


図 1. 使用した盛土材のデータ

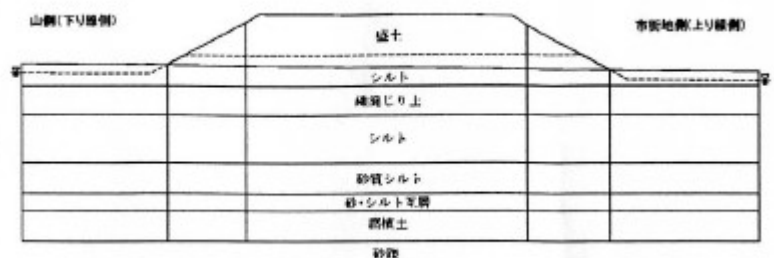


図 2. 解析に用いたモデル図

キーワード：有限要素法、盛土、地震動

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂・TEL.049-296-2911・FAX.049-296-6501

動と盛土材、地盤の土質が沈下量に与える影響を見るため、以下のような条件で解析を行った。①地表最大加速度 A_{max} : 250、750、1250、1750 (Gal)、②盛土材の剛性値: 小千谷付近の盛土材と厚木の盛土材の実験結果(厚木の盛土材は関東ロームで、小千谷の方が砂っぽい粘性土である。)²⁾、③原地盤: 粘性土が卓越している小千谷の原地盤と、仮想の砂地盤(平均 N 値=6 の緩い砂地盤) ALID による解析では、液状化に対する安全率 F_L の分布をまず推定し、それに応じた繰返し載荷後のせん断剛性 G_1 を与える必要がある。これらを求めるために、筆者達は小千谷および厚木付近の盛土材に関して、飽和・不飽和の供試体について繰返しねじりせん断試験を行い、非排水繰返しせん断強度比 R_L や繰返し載荷後のせん断剛性 G_1 などを求めてきている²⁾。そこでこの試験結果を利用して、以下のように入力する値を定めた。

a) 盛土の地下水位上、地下水位以下の R_L と $F_L \sim G_1$ 関係: 繰返しねじりせん断試験結果²⁾を用いた。

b) 原地盤の R_L と G_1 : N 値と粒径から R_L を求め、 G_1 は安田・稲垣の式³⁾で求めた。

c) 地盤内および盛土内で生じる繰返しせん断力比 L は、原地盤に関しては地表に最大加速度 A_{max} を与え、また、盛土に関しては盛土天端に同じ値の最大加速度を与え、それぞれ道路橋示方書に示されている簡易式で深さ方向の L の分布を求めた。そして、 R_L と比較して F_L の深度分布を推定した。

4. 解析結果

代表的な変形図として原地盤と小千谷の盛土材の組み合わせで地震動を 750Gal の条件で解析した結果を図2に示す。このケースでは盛土下の地盤が水平方向に押し出され盛土が沈下している。次に、地表最大加速度と盛土中央部の天端沈下量の関係を図3に示す。いずれのケースにおいても 250Gal 程度の加速度ではわずかな沈下量であるが、ある地震動を超えると急激に沈下量も増加する結果となった。原地盤が粘性土の卓越した小千谷の条件に比べて、緩い砂地盤だと液状化の影響が大きく影響して沈下量は大きくなった。また非排水・排水条件とも非排水繰返しせん断強度および G_1 が小さい小千谷の盛土材の方が、厚木の盛土材より大きい沈下量となった。

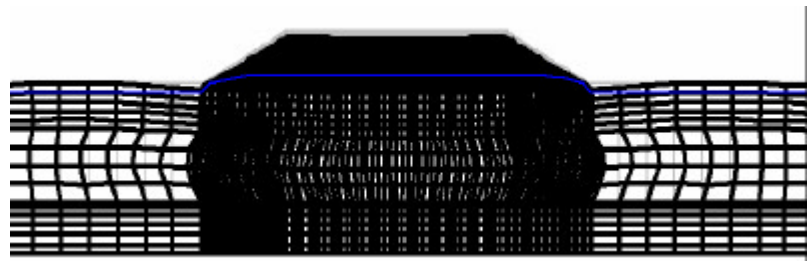


図 3. 代表的な変形図 (原地盤で 750gal のケース)

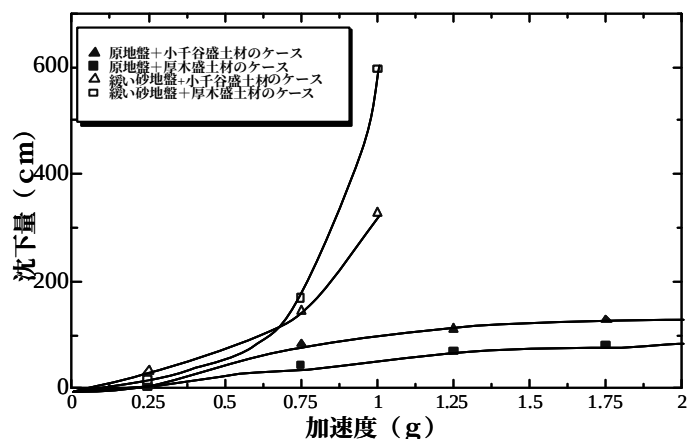


図 4. 盛土中央部の鉛直下方向の沈下量の大きさ

5. まとめ

“ALID/Win” を用いて水平地盤上の盛土の沈下量の解析を行った結果次のような結果を得られた。①加速度の増加によって沈下量が増える。②粘性土が卓越する地盤より緩い砂地盤のほうが沈下量が大きくなる傾向がみられる。③粘土っぽい盛土より砂っぽい盛土材の方が沈下量が大きくなる傾向がみられた。

参考文献: 1) 稲垣太浩・板清 弘・粕田金一・亀井祐聡・安田 進: H16 新潟県中越地震による粘性土地盤上の土構造物の変形挙動(その2)、第4回日本地震工学会大会—2005 梗概集、2) 安田進・沼田大介: 盛土内の飽和部が地震時被害に及ぼす影響と排水対策効果に関する研究、2007 年度東京電機大学修士論文、3) 安田進・稲垣太浩・長尾和之・山田真一・石川敬祐: 液状化を含む繰返し軟化時における種々の土の変形特性、第40回地盤工学研究発表会、pp.525-526, 2005.