

東日本大震災で被害を受けた福島県内造成盛土の崩壊機構について

○日本大学工学部 学生会員 吉田 武弘
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により東北から関東にかけて激しい揺れに襲われた。福島県内陸部では造成盛土地盤で大規模な被害が発生した。盛土被害は盛土基盤が沢地形で傾斜した沢埋め盛土と、沢埋め盛土開口部で水田等の軟弱地盤上に造成された盛土に大別された。被害は福島市、いわき市、須賀川市をはじめ福島県内各地で多数報告¹⁾されている。しかしながら、造成地の被害は広範囲にわたるため、被害の全容は解明されていない。そこで本研究では、典型的な沢埋め盛土である福島市あさひ台団地の崩壊機構に着目し、地形及び盛土材料の保水性、動的性質から被害のメカニズムを明らかにするための基礎資料を得ることを目的とする。

2. 新旧地形比較

対象地点を図-1に示す。あさひ台団地は福島市の南にあり、福島盆地の南東部に位置する。昭和40年代に造成された比較的古い団地である。新旧の航空写真及び地形図を比較し、造成前後の土地利用状況の変化を調べた。図-2に新旧地形図を示す。団地は、丘陵地を切盛して造成が行われたことがわかる。さらに、今回の盛土被害は2箇所が発生し、崩壊はいずれも沢部で発生した。その内、被害の大きかった北側崩壊箇所の平面図を図-3に示し、旧地形の等高線(点線)を記す。同箇所の断面図を図-4に示す。地震後の地盤調査では、盛土地盤のN値がほぼ10以下であったことや、地下水位がGL-3m付近で確認されている。このことから、集水地形により盛土内の地下水位が高かったことが推察される。

3. 室内試験によるメカニズムの検討

盛土材の物理特性を表-1に示す。試料採取場所を図-3に示す。盛土材料は火山灰質粘性土(ローム)であり、自然含水比は約50%であった。この盛土の高含水状態の原因は集水地形に加え、土の保水性の高さにも起因すると考えた。そこで、JGS 0151に準拠し保水性試験を行った。実験には比較として火山灰質砂質土である長沼第三工業団地の試料も合わせて行った。あさひ台団地の試料については、現場湿潤密度に合わせて試料を突固めて作製した。長沼第三工業団地の試料についてはJIS A 1210のA法で定める50%のエネルギーで締固めて作製した。実験結果を図-5に示す。比較のために、既往の実験結果^{3),4)}も合わせて示す。あさひ台団地の試料は火山灰質砂質土(ゆな)に類似した性質であることが分かる。他の試料はサクションが10kPaまでに多く排水されているが、180kPaでもほぼ排水が見られない。このことから、他の火山灰質砂質土と比較しても、高い保水性を有していることが分かる。このため、降雨の有無によらず盛土地盤内の含水比は高い状態であったと推察できる。

キーワード: 東日本大震災 造成盛土 火山灰質粘性土 保水性試験 動的変形特性

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地, TEL 024-956-8710, FAX 024-956-8858



図-1 対象地点
(1/25000 地形図から引用)



1952年 2007年
図-2 新旧地形図の比較



図-3 平面図

表-1 物理特性

	含水比 (%)	土粒子の密度 (g/cm ³)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	分類名
あさひ台 団地1	26.9	2.690	66.8	35.8	火山灰質粘性土(I型)
あさひ台 団地2	44.6	2.746	74.5	38.8	
長沼第三 工業団地1	30.4	2.692	NP	NP	細粒分質 様質砂
長沼第三 工業団地2	6.94	2.696	NP	NP	細粒分質砂

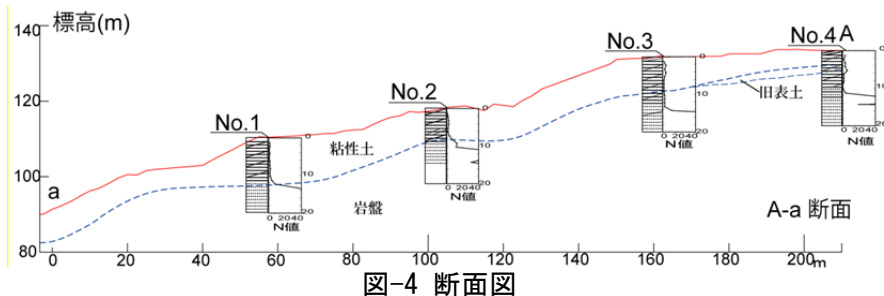


図-4 断面図

次に、盛土の地震応答を求める解析のための基礎的データを得るために、中空ねじりせん断試験機を用いて JGS 0543 に準拠し、動的変形特性を求めた。試験時の圧密圧力は 100kPa とし、供試体は攪乱・不攪乱試料とした。攪乱試料は突固めによる締固め方法(A 法)により作製し、トリミング法で外径 7cm 内径 3cm 高さ 10cm の中空円筒状に成形した。攪乱試料は $w=56.4\%$ 、 $\rho_t=1.671\text{g/cm}^3$ であり、不攪乱試料は、 $w=48.0\%$ 、 $\rho_t=1.787\text{g/cm}^3$ であった。動的変形特性を図-6 に示す。同図には砂と粘土の代表的な結果²⁾を併記した。本試料のせん断剛性比(以下 G/G_0)はせん断ひずみの増加に伴い減少し、履歴減衰定数(以下 h)はせん断ひずみの増加とともに増加する。また、攪乱試料と不攪乱試料の結果を比較すると、 G/G_0 及び h はほぼ類似した値を示しており、供試体作製の違いによるせん断特性の変化はあまりみられない。さらに、本試料は火山灰質粘性土に分類されるが、剛性低下挙動は砂質土に似た性質を示す一方、減衰は粘性土に似た性質を示すことがわかる。さらに、初期せん断弾性係数(G_0)から S 波速度(V_s)を求めると $V_s=191(\text{m/s})$ となった。また、この試料の強度定数を定体積一面せん断試験(JGS 0560)に準拠し求めた。有効応力経路を図-7 に示す。有効応力表示の強度定数は $c'=25\text{kN/m}^2$ 、 $\phi'=32.5^\circ$ 、全応力表示の強度定数は $c_{cu}=29\text{kN/m}^2$ 、 $\phi_{cu}=14.8^\circ$ となった。

4. まとめ

福島市あさひ台団地の盛土崩壊について、地形変化の考察及び室内試験により以下のことがわかった。盛土材は火山灰質粘性土(ローム)に分類され、集水地形及び高い保水性により盛土内の地下水位が高く高含水比であったことが崩壊の要因の一つと考えられる。盛土材の剛性低下は砂質土に近く、減衰は粘性土に近いことがわかった。

一方で崩壊は盛土下の旧表土が弱層となり生じた可能性も考えられる。崩壊のメカニズムを明らかにするためには、本試験結果をもとに地震応答解析を行う必要がある。

5. 謝辞

福島市及び国土交通省東北地方整備局よりあさひ台団地に関する調査データを提供していただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 中村: 福島県中通り地区およびいわき地区の地盤災害, 地盤工学会誌, vol.59, No.6, pp.44-47 (2011)
- 2) 吉田: 地盤の地震応答解析, 鹿島出版会, pp.104 (2010)
- 3) 阿部: 不飽和土の力学特性の評価手法に関する実験的研究, pp.196-201 (1999)
- 4) 仙頭・中里・堀: 2008 年岩手・宮城内陸地震で被災した造成盛土の保水特性, 第 47 回土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, III-53, pp.105-106 (2010)

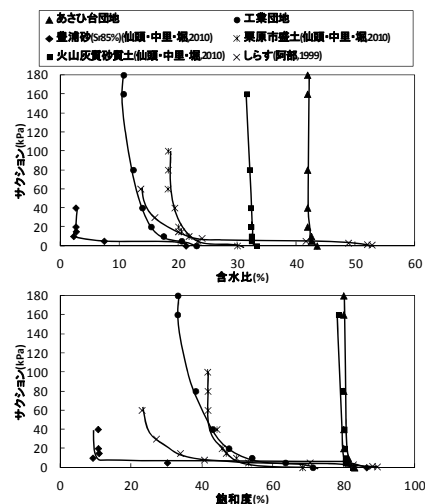


図-5 水分特性曲線 (阿部³⁾, 仙頭・中里・堀⁴⁾から引用)

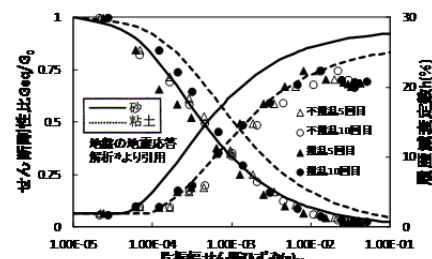


図-6 動的変形特性

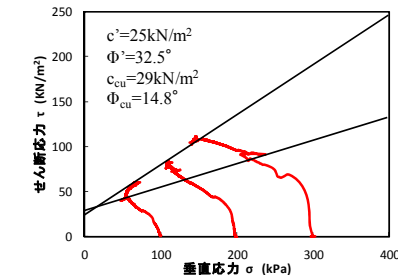


図-7 有効応力経路