

東日本大震災における福島県内の 造成盛土の崩壊形態とその対策工に関する研究

○日本大学工学部 学生会員 横木 秀行
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

日本は台地や丘陵地を切り盛りによって平坦化し生活圏を広めてきたが、それに伴って地震による造成盛土の崩壊による宅地被害は増えていった¹⁾。2011年の東日本大震災でも東北地方を中心に広い地域で強い揺れに襲われ、福島県内では福島市、須賀川市、いわき市など各地で被害が報告された²⁾。造成盛土の被害には様々な崩壊形態が見られたが崩壊形態を詳細に分類した研究は行われていない。本研究では県内の盛土の崩壊形態を分類し、崩壊要因について考察する。さらに大規模な流動性崩壊を起こした長沼運動公園については地盤調査結果、測量結果から被害現場の地層、盛土厚、盛土材、地下水位、地盤などの観点から造成盛土の崩壊原因について分析を行う。また復旧に際してどのような対策工が施工されたのかについてもまとめる。

2. 盛土崩壊形態の分類と考察

原の提案した谷埋め盛土のり面の変状分類案³⁾を表-1に示す。本研究ではこの分類を基に変状した盛土をのり肩に亀裂を伴う軽微なAからすべり崩壊で土砂流出を伴うHの8タイプに分類し、各被害地点の盛土厚、盛土材、地下水位、地盤、対策工と崩壊タイプの関連性について考察する。表-2は原の行った分類に新たにデータを加えたものである。

表-1 盛土のり面の変状の分類³⁾

変状のタイプ	Type A のり肩に浅い亀裂(表面沈下も含む)	Type B のり肩に深い開口亀裂(表面沈下も含む)	Type C のり肩に開口亀裂、のり面にはらみ出し(表面沈下も含む)	Type D のり肩に開口亀裂、のり面にはらみ出し(表面沈下も含む)
変状の形態				
変状のタイプ	Type E のり面に沈下、段差開口亀裂、のり面にすべり崩壊	Type F のり面に表層崩壊、のり面に土流出	Type G のり面全体に表層崩壊、のり面に土流出	Type H すべり崩壊し土砂流出、滑溜面明瞭、すべり線確定
変状の形態				

表-2 造成盛土崩壊形態の分類

地名	長沼運動公園	須賀川市 南上町	福島市 あさひ台団地	いわき市 忠多 ⁴⁾	須賀川市木之崎 ⁴⁾	長沼 第三工業団地 ⁴⁾	須賀川市 北横田 ⁴⁾
地形変状	TypeH	TypeE	TypeH	TypeE	TypeH	TypeE	TypeE
盛土厚	5.65m	6.40m	12.7m	?	?	?	?
盛土材料	凝灰質砂質土	粘土質砂	火山灰質粘性土	細粒分質 礫まじり砂	凝灰質砂質土	凝灰質砂質土	凝灰質砂質土
地下水位	GL-1.80~3.50m	GL-1.80m	GL-3m	?	?	?	?
地盤	沢埋め/水田	水田	沢埋め/水田	水田	沢埋め	沢埋め/水田	沢埋め/水田
対策工	ジオテキスタイル工 セメント固化 暗渠工	-	軽量盛土工、鋼管杭工 置換工、アンカー工 横ボーリング工、暗渠工	?	ジオテキスタイル工 かご工 水路工	かご工 水平排水工 のり尻セメント改良	かご工
地名	須賀川市 大久保 ⁴⁾	須賀川市 松塚団地 ⁴⁾	本宮市岩根地区 公園盛土 ³⁾	本宮市岩根地区 南側盛土 ³⁾	郡山市安積町 笹川地区C-C'断面 ³⁾	小野町運動公園 体育館側 ³⁾	小野町運動公園 グランド側 ³⁾
地形変状	TypeH	TypeD	TypeC	TypeB	TypeE	TypeE	TypeE
盛土厚	?	?	17.75m	15.15m	3.81m	5.5m	13.5m
盛土材料	凝灰質砂質土	?	流紋岩の岩塊他	流紋岩の岩塊他	シルト・砂互層	まさ土	まさ土
地下水位	?	?	GL-12.7m	GL-13.65m	GL-1.07m	GL-4.23m	GL-2.356~3.20m
地盤	水田	沢埋め	谷埋め	谷埋め	谷埋め	水田	谷埋め
対策工	-	擁壁工	排土再盛土	亀裂充填 沈下修正盛土	くさび杭 水路再設置	排土再盛土 水路再設置	排土再盛土 水路再設置

盛土材を見ると大きな変状を起こした地点は火山灰質粘性土や砂質土が多いが、一部まさ土の盛土も存在した。特にタイプHの崩壊を起こした地点は火山質土の盛土であった。火山灰質土は過去の保水性試験結果より高い保水性を持つことがわかっている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。また、地下水位を見るとタイプHでは地表から5m以内に地下水位が存在していたことが分かる。さらに集水地形である沢や水田等の軟弱地盤に施工された盛土で被害が発生している。これらのことから保水性の高い火山性質土が盛土材として用いられており、盛土内部が

キーワード: 東日本大震災 盛土 崩壊形態 対策工

〒963-1165 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地, TEL 024-956-8710

高含水状態であったと考えられる。これらの要因により地震によって地盤変状が大きくなったと考えられる。

対策工について見ると次のことがわかる。多くの地点で抑制工として暗渠工、横ボーリング工、かご工、水路工、水平排水工、排土再盛土などの排水対策が行われている。タイプ B の比較的小さい変状であった地点では変状を修正するような対策工が取られているが、タイプ C などのり面に変状が生じ始めるあたりから抑制工が施工されている。タイプ E では盛土内の排水を考えた抑制工がされており、タイプ H になると地点によっては抑制工に加えて抑止工を組み合わせた対策工が取られている。対策工は原則としてまず抑制工が検討される⁹⁾とされている。今回まとめた崩壊地点では多くの地点で抑制工のみの施工であったが重要な保全対象がある地点は抑制工に加えて抑止工を施工している。特に福島市あさひ台団地では鋼管杭工、アンカー工といった抑止工を含めた大規模な対策工が行われた。これは保全対象に国道 4 号が含まれていること、斜面上方に住宅があるためである。

3. 長沼運動公園の被害分析

10m を超える流動崩壊が発生し、タイプ H の崩壊形態を示した長沼運動公園の事例について詳しく分析する。図-1 はボーリング調査が行われた地点の断面図である。盛土材は凝灰質砂質土であり、N 値は 1~10 と緩い状態であった。物理試験結果より、 $\rho_s=2.662\text{g/cm}^3$ 、 $w_n=19.3\%$ 、 $w_L=32.9\%$ 、 $w_p=19.7\%$ 、 $I_p=13.2$ で塑性図より CL(粘土、低液性限界)となった。NO.1 地点の地下水位は GL-1.80m、NO.2 地点では GL-3.50m であった。このため盛土内部は飽和していたと考えられる。したがって緩い飽和した砂質土が繰返しせん断を受けて、液状化状態となり崩壊したと考えられる。

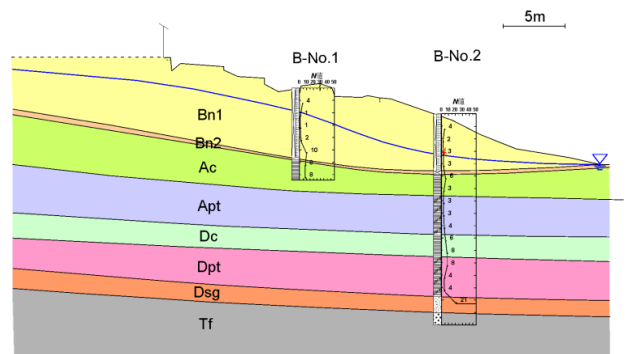


図-1 長沼運動公園断面図

4. 対策工

長沼運動公園ではジオテキスタイルによる補強土盛土が採用された。理由は敷地境界の制約から安定勾配の施工ができないためである。なお盛土材に適さない現地発生土は原発事故の影響で捨土が困難なため、セメント地盤改良してのり面以外の埋戻しに再利用された。さらに排水工として暗渠管を施工し、層厚管理材として排水効果のある長繊維不織布がのり面に設置された。

5. まとめ

造成盛土の崩壊形態の分類と復旧で行われた対策工から以下のことがわかった。沢など集水地形や水田など軟弱地盤上に火山質土等の保水性の高い盛土材で施工した盛土に大きな変状が生じていた。造成盛土の崩壊に対する対策工は、のり面に変状が見られた段階で抑制工が施工され、大規模崩壊や重要性の高い保全対象があった場合に抑制工と抑止工を組み合わせた対策工が行われていた。今後の課題としては、かご工などの抑制工は今回の地震の対策でも施工実績が多く、その効果も高いことが知られているものの理論的な裏付けがなされていないため、メカニズムに関する研究が必要である。

6. 謝辞

須賀川市及び株式会社赤羽組から、長沼運動公園に関する情報の提供と現地調査に協力していただきました。新協地水株式会社の原勝重技術長には、のり面変状の分類に関する資料をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 安田進(2007): 都市域における既設造成盛土宅地の地震時安定性, 日本地すべり学会.
- 2) 中村晋(2011): 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.
- 3) 原勝重(2012): 東北地方太平洋沖地震によって生じた谷埋め盛土の変状とその対策工について, 新協地水株式会社, 社内技術発表会.
- 4) 吉田武弘(2011): 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, 卒業論文, pp.6-17.
- 5) 柳沼太希(2011): 火山灰質砂質土で造成した盛土の流動的崩壊メカニズムに関する研究, 卒業論文, pp.21-25.
- 6) 社)全国防災協会(2005): 災害復旧における地すべり対策の手引き, 東光整版印刷株式会社, 189p.