

盛土の排水条件に注目した火山灰質砂質土の 繰返し強度に関する実験的研究

日本大学工学部 学生会員 ○柴田 剛
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

常磐自動車道の常磐富岡 IC～相馬 IC 区間の福島県双葉町双葉郡寺沢の工事区間には、火山灰質砂質土を用いた道路盛土が施工されている。この盛土材は、段丘堆積物風化火山層をのせる粘性土質砂であり、地元では「ゆな」と呼ばれ、こね返しによる強度低下、吸水膨張が非常に大きい等の特徴¹⁾があり、施工が進むにつれて盛土が不安定化する可能性が危惧された。そのため、現場では対策として盛土に水平排水工法を実施した。その結果、施工時の盛土の安定性が確保できた。しかし、地震時の安定性に関しては不明な点が多いのが現状である。

そこで本研究では、現場より道路盛土材料を採取し、試料の物理・力学特性を把握した。そして、盛土内の排水条件（水平排水層²⁾の有無）に着目して地震時の繰返し載荷が作用した盛土の安定性について繰返しせん断試験を行い、繰返し強度より評価した。

2. 試験方法

試験に用いた試料は、寺沢地区（図-1 参照）より採取した。供試体は表-2 に示す所定の含水比に調整し、突固めによる土の締固め試験（A 法）より作成した。実験には中空ねじりせん断試験装置を用いた。供試体はトリミング法により外径 7cm、内径 3 cm、高さ 10 cm の中空円筒状に整形した。供試体の飽和には間隙の空気を二酸化炭素に置き換えて、脱気水を通水し、背圧を 100kPa 載荷した。なお、UU 条件においてその後、B 値を測定し、有効拘束圧 100kPa で等方圧密した。圧密終了後に非排水条件にて応力制御で繰返しせん断した。載荷周波数は 0.1Hz とし、せん断ひずみ両振幅（DA）が 10% に達するまで継続した。繰返しせん断が終了した後に排水して、再圧密した。実験ケースを表-2 に示す。排水条件（CU, UU）、背圧の有無、含水比を変えた 6 ケースである。なお、CU 条件は盛土内の水平排水層が機能している状態、UU 条件は盛土に水平排水層を設置していない状態を想定し、各ケースにおいて 3 つの応力比で実験を実施した。UU 条件は、背圧載荷を省略し非排水条件でセル圧 100kPa 載荷し、その後、非排水条件にて応力制御で繰返しせん断した。

3. 実験結果と考察

物理試験の結果を表-1 に示す。本試料は、塑性指数 $I_p=13.7$ となり、塑性図では、低液性限界シルト（ML）に分類された。図-2 に粒径加積曲線を示す。細粒分含有率 32.5% で、三角座標から細粒分質砂（SF）に分類キーワード）：火山灰質砂質土，盛土，水平排水層，ゆな

（連絡先）：福島県郡山市田村町徳定字中河原1. TEL:024-956-8710

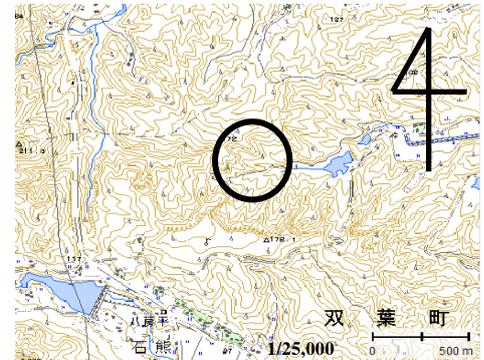


図-1 試料採取現場
(国土地理院より引用)

表-1 物理試験結果

ρ_s (g/cm ³)	w_n (%)	w_L (%)	w_P (%)	I_p
2.615	35.7	49.1	35.4	13.7

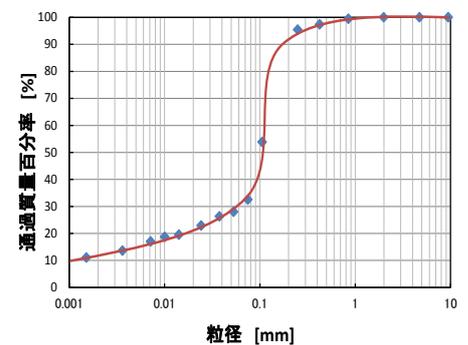
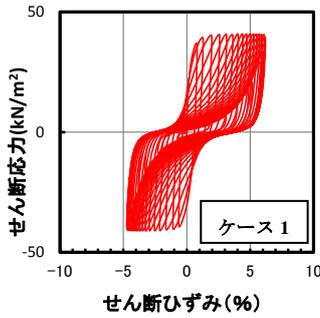


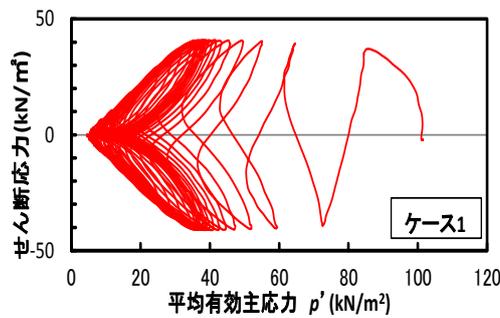
図-2 粒径加積曲線

表-2 実験ケース

ケース	排水条件	背圧	含水比
1	CU	有	現場含水比(w=36%)
2			高含水比(w=44%)
3	UU	有	現場含水比(w=36%)
4			高含水比(w=44%)
5		無	現場含水比(w=36%)
6			高含水比(w=44%)



(a) せん断応力—ひずみ関係



(b) せん断応力—有効応力経路

図-3 試験結果の一例

された。図-3に試験結果の一例(ケース1)を示す。図-3 (b) の有効応力経路よりサイクリックモビリティ現象³⁾が現れている。また、本試料ではせん断ひずみの増加とともに有効応力が減少するものの完全にゼロとはならない。ほかのケースでも同様な結果が得られた。各ケースの初期およびせん断前の飽和度を表-3に示す。供試体の飽和度が100%近くあるが、本試料は完全な液状化⁴⁾にはならなかった。これは、細粒分を多く含む砂質土の場合は細粒分の粘着成分により完全な液体状にならない傾向と同様である⁴⁾。図-4は排水条件で比較した繰返し強度曲線 (DA=5%) を示す。CU条件では圧密により強度増加したことで繰返し強度が大幅に上昇している。図-5は背圧の有無で比較した繰返し強度曲線である。背圧载荷によって飽和度が増したことでより間隙水圧が上昇しやすくなり、繰返し強度が減少している。また、含水比の違いによって繰返し強度が変化した。自然含水比 ($w=36\%$) の繰返し強度は、高含水比 ($w=44\%$) のそれよりも強度が大きく、施工時の含水比管理が、繰返し強度にも影響をおよぼすことがわかる。以上の結果から、本試料は緩い砂のような液状化状態にならず、水平排水層が十分に機能していれば粘り強い挙動を示す。また、水平排水層の設置により施工時に上昇した間隙水圧を消散させ、圧密による盛土の強度増加を促進させることができる。そのことは、地震時の繰返し強度の増加にも反映されるため重要になる。よって、施工時のみならず地震時にも盛土を安定化させる可能性が高く有効な対策と考えられる。

4. まとめ

寺沢地区の試料は砂質土と分類されているが、細粒分を多く含む粘性土の性質を持っていることがわかった。また、地震時のせん断応力を受けることで間隙水圧が上昇するものの、粘り強い変形挙動を示す。地震前の盛土内に間隙水圧が残留しないように水平排水層により排水し、圧密による強度増加を促進することで地震時の盛土の安定性にも寄与することがわかった。

5. 謝辞

東日本高速道路株式会社東北支社いわき工事事務所の工事関係者各位に、現場見学及び試料採取について多大な御協力をいただきました。記して謝意を示します。

6. 参考文献

- 1) 宮越信・佐々木龍良・園部昭・滑川英紀(2009)：火山灰質粘性土質砂 (ゆな) による大規模施工について、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集,III-46,375-376.
- 2) 日本道路協会(2010)：道路土工—盛土工指針,pp163.
- 3) 地盤工学会(2007)：地盤の動的解析—基礎理論から応用まで-,pp10-11.
- 4) 前掲 3),pp12.

表-3 初期飽和度とせん断前の飽和度

ケース	S_{r0} (%)	S_{r1} (%)
1	94.1	93.4
2	100(104.7)	100(103.8)
3	90.8	93.0
4	100(105.8)	100(107.8)
5	93.3	93.3
6	100(108.9)	100(108.9)

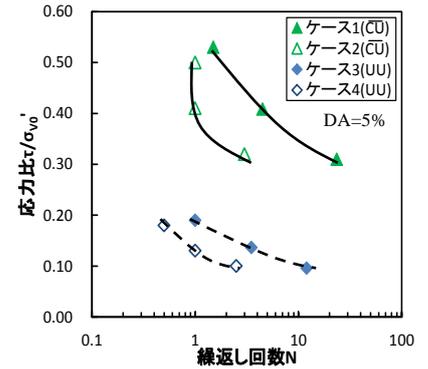


図-4 排水条件が繰返し強度曲線に及ぼす影響

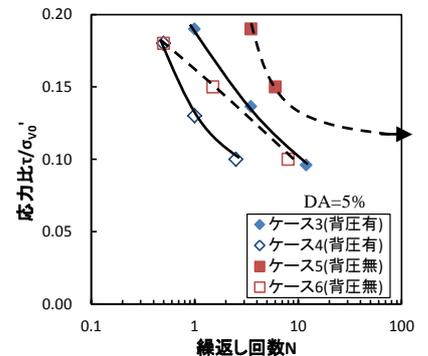


図-5 背圧の有無が繰返し強度曲線の及ぼす影響