

盛土材料としての中間土の物理特性、力学特性の把握

名古屋大学 (学) ○西尾直人 山本大輔 板橋一志 (正) 山田英司 中野正樹 野田利弘 浅岡顕

1. はじめに

地震による液状化・地盤流動と揺すり込み変形の地盤災害は、海上埋立人工島や道路・鉄道盛土などの「人工地盤」に集中している。自然堆積地盤と異なり、人工地盤はその大部分ないしは全部が粘土でもない砂でもない細粒分を多く含んだ「中間土」からなる。本報告では、新潟県中越地震で崩壊した高速道路盛土を対象とし、盛土材として用いられた中間土の物理特性、力学特性を調べた。

2. 越後川口試料の物理特性

本報告で用いた試料は、新潟県川口町内の関越自動車道で中越地震によって崩壊した盛土から採取された（以後、「越後川口試料」と記述する）。越後川口試料は、様々な粒径を持つ試料が交じり合っているため、自然乾燥した後に、2mm のふるいにかけて均質にした（写真 1）。この試料を用いて地盤工学会基準の土質試験法



写真 1 越後川口試料

に基づいた物理試験(土粒子の密度試験、砂の最大・最小密度試験、土の粒度試験)を行った。その結果より得られた越

表 1 越後川口試料の物理的性質

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.63
最大間隙比 $e_{\max}$	1.63
最小間隙比 $e_{\min}$	0.88
$e_{\max} - e_{\min}$	0.75
均等係数 U_c	14.2
細粒分(%)	22.0

後川口試料の物性を表 1、粒径加積曲線を図 1 に示す（図 1 には、珪砂 6 号の粒径加積曲線を併記している）。

越後川口試料の細粒分（粒径が 75 μ m 以下の含有率）は 22% になり、粒径に基づく中間土の定義（細粒分含有率 20~40%）では、越後川口試料は「中間土」に分類される。

3. 三軸圧縮試験による力学特性の把握

3.1 供試体作製方法

三軸試験に用いる供試体（直径 5cm×高さ 10cm）は、モールドに設置したメンブレンを脱気水で満たし、そこに十分に蒸留水を加えた試料を静かに落下させ敷き詰める水中落下法によって作製した。盛土の状態を把握するためには、締固め法によって供試体を作製するのが適当であると思われるが、越後川口試料の材料特性を把握することが目的であるので、以下の理由から水中落下法によって供試体を作製した。(1)圧密前の初期比体積が一樣になる。(2)中間土のような透水性の低い材料でも短時間で実験できる。(3)構成式応答でのパラメータ決定がしやすい（締固め法だと過圧密になるので構成式でパラメータを決めるのには適していない）。

3.2 試験結果

越後川口試料の非排水せん断特性を把握するために、側圧一定非排水三軸圧縮試験を行った。直径 5cm×高さ 10cm の供試体を 3.1 で記した方法で作製した後、拘束圧 98.1kPa、196.2kPa、294.3kPa の 3 種類で 24 時間程度等方圧密をする。排水の終了、沈下の収束を確認した後、拘束圧一定のまま軸ひずみ速度 0.01%/min 一定で軸ひずみ 20%程度まで非排水せん断を行った。図 2 に三軸試験結果を示す。応力パス(平均有効応力 p' ~ 軸差応力 q 関係)を見ると、せん断初期(軸ひずみ 0.5%程度まで)には、 p' の減少を伴う q の増加を示すが、や

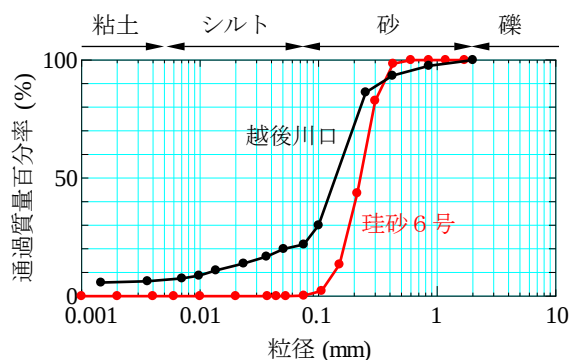


図 1 越後川口試料の粒径加積曲線

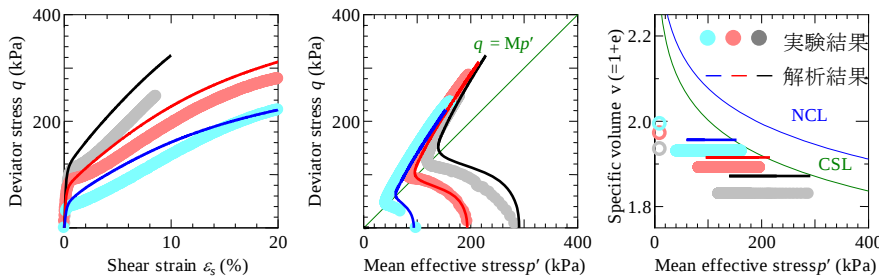


図2 拘束圧が異なる越後川口試料の非排水せん断挙動

がて p' は増加の増加を伴う q の増加に転じる。相対密度は 88% 程度であるが、このせん断挙動は図 3 に示す典型的な中密詰め砂のせん断挙動に類似していることがわかる。

3.3 SYS カムクレイモデルによる三軸試験結果の再現

図 2 中の実線は、三軸試験結果を軸対称条件下の一様変形場における SYS カムクレイモデル¹⁾の応答によって再現した計算結果を示す。表 2 は計算に用いた材料定数、表 3 は計算に用いた初期値を示す。モデルの応答（計算結果）は十分に試験結果を再現できることが分かる。図 4 は、同じ構造、過圧密、異方性を有する砂、粘土、越後川口試料の非排水せん断応答の計算結果を示す。 R^* （構造の程度）、 R （過圧密の程度）～せん断ひずみ ϵ_s 関係で、 R^* 、 R が 1 に近づく程、構造は劣化・破壊、過圧密は解消することを表す。せん断の進行に伴い、砂は構造の劣化・破壊が過圧密の解消より早く進展し、粘土では逆に、過圧密の解消の方が構造の劣化・破壊より早く進展する²⁾。これらと比較すると、中間土に分類される越後川口試料の構造、過圧密の変化は、「砂」に近いことが分かる。

4. おわりに

細粒分含有率から「中間土」に分類される「越後川口試料」の非排水せん断挙動は、典型的な中密詰め砂の挙動に類似していることが分かった。今後は、細粒分が締め固め挙動・液状化に及ぼす影響を調べる予定である。

参考文献

1) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, Soils and Foundations, Vol.42, No.5, pp.47-57. 2) Asaoka, A. (2003): Consolidation of Clay and Compaction of Sand -An elasto-plastic description-, Keynote lecture, Proc. 12th Asian Regional Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Singapore, Vol.2, pp.1157-1195.

図3 中密詰め砂の非排水せん断

表2 越後川口試料の材料定数

弾塑性パラメータ	
圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.12
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.012
限界状態定数 M	1.00
NCL の切片 N	2.08
ポアソン比 ν	0.3
発展則パラメータ	
構造劣化指数 a	3.00
b	0.10
c_s	0.95
正規圧密土化指数 m	0.15
回転硬化指数 br	5.00
回転硬化限界定数 m_b	0.85

表3 計算に用いた初期値

有効拘束圧 p_0' (kPa)	98.1	196.2	294.3
圧密前比体積 v_0'	1.99	1.97	1.93
圧密後比体積 v_0	1.93	1.89	1.83
構造の程度 $1/R_0^*$	9.00	9.00	9.00
過圧密比 $1/R_0$	257.7	317.4	445.1
異方性 ζ_0	0.00	0.00	0.00

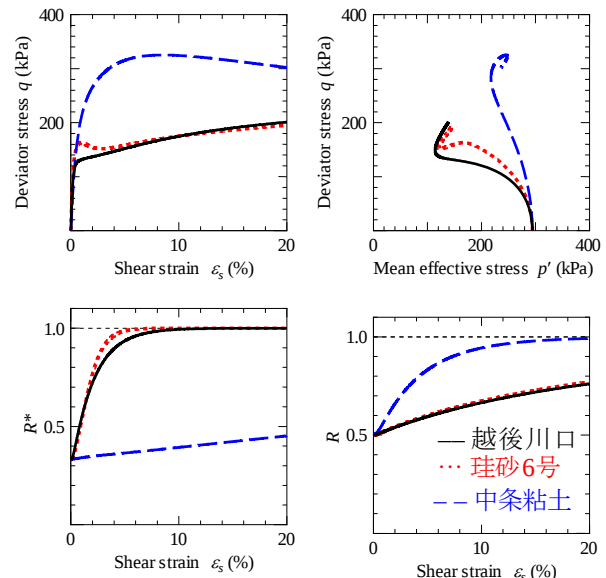


図4 SYS カムクレイモデルによる非排水せん断応答