平成 16 年新潟県中越地震における崩壊形状の異なる 3 つの盛土の材料特性の把握

名古屋大学　学生会員　○板橋一志　弓崎貴大　西毅
名古屋大学　正会員　中野正樹　野田利弘　山田英司　中井健太郎

1　はじめに

平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震は、道路用盛土に対して側方流動や不同沈下などの被害をもたらした。図 1 は、旧 JH が取りまとめた盛土の被災形態で、大きく 3 つに分類される [1)]。傾斜地盤上に築堤された盛土(以後、越後川口)は法面部が流出する崩壊形状を示し(a)、比較的頑丈な地盤に構築された盛土(以後、川口 1)は盛土自身の不同沈下が生じており(b)、軟弱な地盤上の盛土(以後、川口 2)は周囲地盤ごと沈下して大きな法面変形を起こした(c)。野田ら [2)]は、これらの被災形態に対応する各種地盤、盛土条件を考慮しつつ、土の構成式に SYS カムクレイモデルを搭載した動的／静的水～土連成有限変形計算を実施し、盛土－地盤系の地震時挙動を考察し、盛土の変形・破壊挙動のメカニズムを示している。しかし各盛土を構成する地盤材料については、統一した材料定数を使っていた。

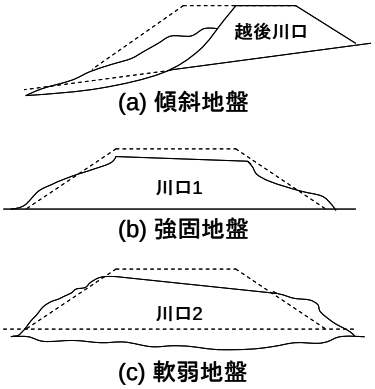

図 1 盛土の崩壊形状の種類

そこで本研究は、盛土材料自身の特性に注目し、各地点で採取した盛土試料に対して各種室内試験を実施して物理特性・力学特性を把握し、盛土 - 地盤系の地震時挙動の数値計算における基礎資料を示す。

2　物理特性および粒度

土質試験により得られた物理特性と盛土崩壊時の現場の状態を表 1 に示す。また、図 2 は盛土材料の粒径加積曲線である。越後川口は非塑性を示して砂分が約 80%と分級された細粒分質砂であるのに対し、川口 1 と川口 2 は粘土～砂までをほぼ均質に含む粒径幅の広い粘性土である。

表 1 各盛土材料の物理試験結果

	越後川口	川口 1	川口 2
土粒子の密度 ρ_S (g/cm^3)	2.63	2.66	2.64
液性限界 w_L (%)	28.7	48.6	63.1
塑性限界 w_P (%)	NP	32.6	31.7
塑性指数 I_P (%)		16.0	31.4
自然含水比 w_n (%)	36.1	25.3	38.7
湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	1.76	1.82	1.83
乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	1.34	1.45	1.33
飽和度 Sr (%)	100	80.9	98.5
比体積 v	1.95	1.83	2.04

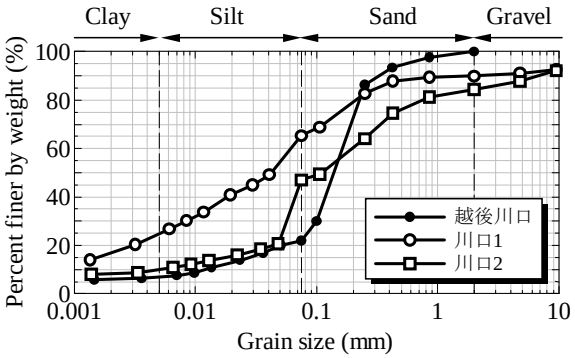

図 2 各盛土材料の粒径加積曲線

3　締固め特性

乾燥繰り返し法による締固め試験(JIS A-1210)で得られた各盛土材料の締固め曲線を図 3 に示す。越後川口は最適含水比より乾燥側では平均して高い密度を示すが湿潤側になると一気に乾燥密度が低下した。図中に崩壊盛土から採取した時の含水比と対応する乾燥密度をプロットしている（図中矢印)。降雨などの影響で崩壊時の含水比を表しているわけではないが、その含水比で締固めても密度増加は期待できない。川口 1 は含水比によって顕著に締固め特性が変化し、川口 2 も同傾向を示すが乾燥密度は低い結果が得られた。

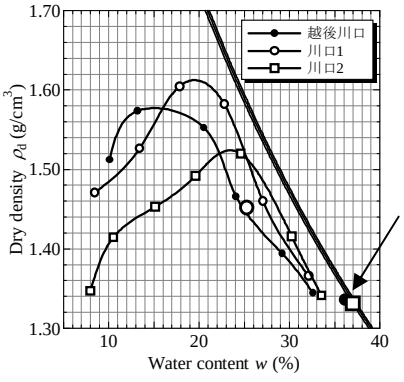

図 3 各盛土材料の粒径加積曲線

4 圧縮・圧密特性

圧縮・圧密特性の把握の為に圧密試験(JIS A-1217)を実施した。図 4 からは圧密の収束が早いのは越後川口試料で、次いで川口 2 試料となる。他と比べて川口 1 試料は透水性が若干低い傾向が得られた。

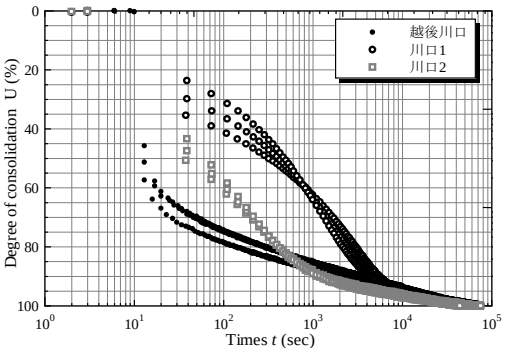

図 4 時間～圧密度関係図

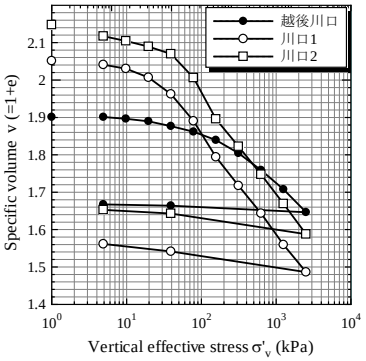

図 5 比体積～鉛直有効応力

図 5 からは越後川口試料の圧密特性が最も低く、川口 1 と川口 2 試料は両者の切片は異なるがどちらも高い圧縮指数を示している。これらの結果より、越後川口試料は砂質土であり、川口 1 と川口 2 試料は粘性土材料であることが圧縮特性からも明らかとなった。

5 せん断特性

せん断特性の把握のために、側圧一定非排水三軸せん断試験を実施した。川口 1 試料と川口 2 試料については、試料採取時の含水比から図 3 の締固め曲線に対応する乾燥密度になるよう、突き固めて供試体を作製した。越後川口試料は砂分の影響で突き固めの方法では自立可能な供試体が作製できなかったので、水中落下法を用いて崩壊試料採取時の密度になるように作製した。拘束圧は 98.1kPa と 294.3kPa で試験を行い、24 時間等方圧密後、軸ひずみ速度 0.015%/min で非排水せん断を行った。図 6 にせん断過程での試験結果を示す。

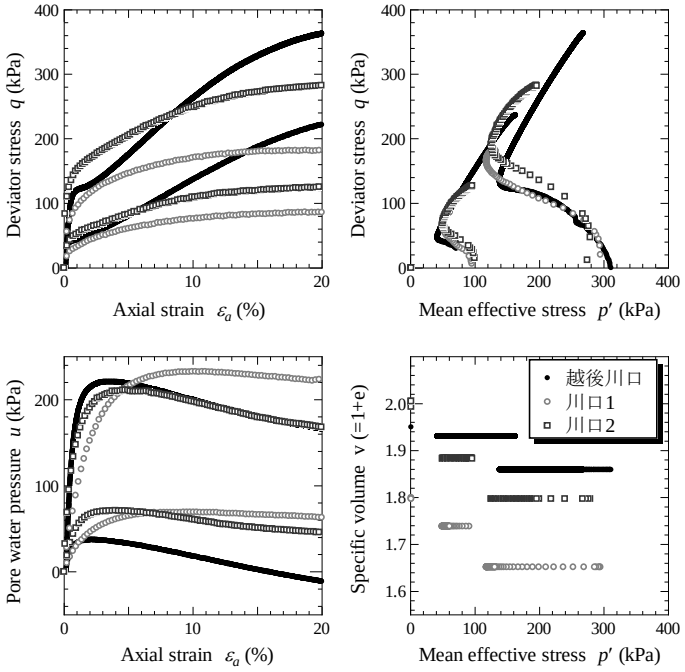

図 6 側圧一定非排水三軸試験結果

越後川口試料は、等方圧密によってほとんど体積変化は生じずに圧縮性は低い。せん断挙動は軸ひずみの進行と共に強度が増加し続ける結果が得られた。川口 1 試料は圧密前後の比体積の変化量が大きく(圧縮性が高く)、せん断前の密度が高いにも拘わらず 3 材料の中で最も剛性が低くて変形し易く、そして低強度(q=110kPa 程度)で限界状態に達している。川口 2 試料も、川口 1 試料同様に圧密前後で高い圧縮性を示す。川口 1 試料と比較して比体積が約 0.15 高いが、強度は逆に川口 2 試料が 1.5 倍程度高い。その他の違いとして、軸ひずみが進行するに従って強度が増大する硬化も見られる結果が得られた。

6 おわりに

中越地震において被災形態により分類された 3 つの盛土の材料特性について、室内試験を通じて整理した。その結果、被災形態は、基礎地盤の状態だけでなく、盛土材料にも大きく影響することが推察される。このことは、今まで地盤の物性については、地盤調査を通じて精度よく計測されてきていたが、盛土材料の物性についても地盤と同程度の精度で調査する必要があることを示唆している。今後は、本成果をふまえ、地震時応答解析を行う予定である。

参考文献

1)大窪克己他(2005)：土構造物における被災状況、ハイウエイ技術、177、27-33.

2)野田ら(2007) ：中越地震時に見られた盛土－地盤系の変形／崩壊形態に関する計算土質力学的考察 第 42 回地盤工学研究発表会 No. 857