

塑性指数の異なる中間土の単調および繰返しせん断特性

中間土 繰返しせん断試験 塑性指数

環境防災研究室 山本孝幸
指導教官 大塚 悟

1. はじめに

新潟県中越地震および新潟県中越沖地震によって、新潟県は様々な地震災害を被ったが、中でも、盛土被害、斜面崩壊、液状化被害といった地盤災害が顕著に見受けられた。本研究では地盤災害の中でも特に被害盛土の土質に着目し、地震によって多くの被害を受けたにもかかわらず、明確な取り扱い基準が確立されていない中間土を対象とし、圧密非排水三軸圧縮試験および繰返し非排水三軸試験を行い、塑性指数と静的、繰返しせん断特性との関連を把握する。

2. 試料および物理特性の比較

本研究に用いる試料は、珪砂、藤森粘土、M.Cクレイを乾燥重量比で混合し人工的に作成した非塑性、中塑性、高塑性の中間土である。実地盤の一例として中越地震での高町団地崩積土¹⁾を併記した試料の物理特性を表-1に、試料の粒径加積曲線を図-1に示す。

土の活性を把握するために、塑性指数～細粒分含有率関係を図-2に、塑性指数～粘土分含有率関係を図-3に示す。図-2と図-3を比較することで、M.Cクレイの粘土分が藤森粘土の粘土分よりも活性が低いことがわかる。このことから、同じ粒度分布を有する土であっても、細粒分の活性の度合いによって、違った物理特性を示す可能性がある。

3. 試験方法

供試体作製方法および間隙比を表-2に示す。圧密非排水三軸試験は、背圧100 kPa・所定の有効拘束圧（75, 100, 150 kPa）で圧密後、載荷速度0.021 %/minで単調せん断を行った。なお、圧密終了時間は3t 法によって決定し15時間とした。繰返し非排水三軸試験は、背圧100 kPa・有効拘束圧200 kPaで圧密後、周波数0.1 Hzの正弦波で繰返しせん断を行った。圧密終了時間は同じく15時間とした。不飽和供試体の繰返し非排水三軸試験は、有効拘束圧200 kPaを載荷し、非圧密非排水条件にて周波数0.1 Hzの正弦波で繰返しせん断を行った。有効拘束圧載荷時間は2時間とした。

4. 試験結果および考察

1) 単調せん断特性

中間土の単調せん断特性を把握するために有効応力経路を図-4に、軸差応力～軸ひずみ関係を図-5に示す。なお全てのデータは、有効拘束圧100 kPaの試験結果を示す。図-4, 5より、突き固めにて作成した非塑性中間土よりも、予圧密にて作成した中塑性の中間土に砂に特有のダイレイタンスによる強度増加が強く表れることがわかる。これは供試体の作成方法が、力学特性に大きな影響を及ぼすことを示している。また同図より、土の分類基準上²⁾では粘土に分類される高町団地崩積土よりも、高塑性中間土の方が強度は小さいことが

表-1 試料の物理特性

試料名	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	細粒分 (%)	液性限界 (%)	塑性指数 I_p	土粒子密度 (g/cm^3)	間隙比 e
珪砂	98.2	1.8	0.0	1.8	-	NP	2.63	-
珪砂・藤森(3:1) 非塑性中間土	77.2	13.7	9.1	22.8	-	NP	2.66	0.56
珪砂・藤森(1:1) 中塑性中間土	54.4	32.2	13.5	45.6	27.2	13.2	2.68	0.56
珪砂・M.C(1:1) 高塑性中間土	49.4	5.6	45.0	50.6	38.5	20.2	2.71	0.71
高町団地崩積土 粘土	30.8	32.2	37.0	69.2	74.0	33.0	2.69	1.30
藤森粘土	11.3	63.2	25.5	88.7	46.4	21.8	2.74	-
M.Cクレイ	0.0	12.5	87.5	100.0	65.1	33.2	2.79	-

表-2 供試体の作製方法

試料名	作製方法	間隙比
珪砂・藤森(3:1)	突き固め	0.56
珪砂・藤森(1:1)	予圧密 $p = 60kPa$	0.56
珪砂・M.C(1:1)		0.71
高町団地崩積土		1.30

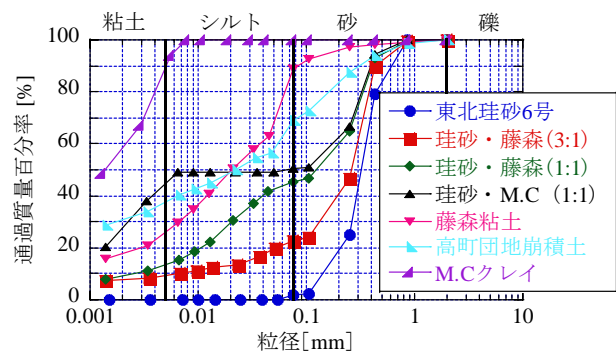


図-1 試料の粒径加積曲線

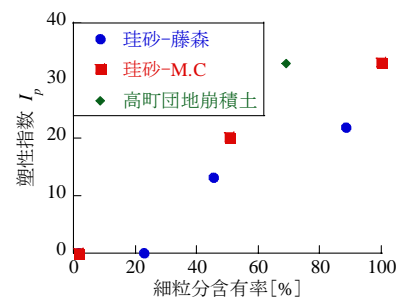


図-2 塑性指数 I_p ～細粒分含有率

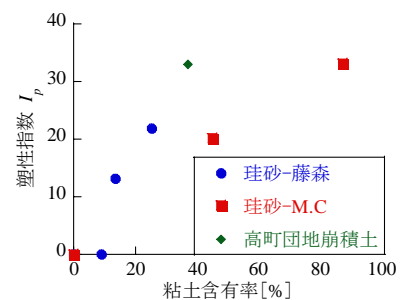


図-3 塑性指数 I_p ～粘土分含有率

Undrained monotonic and cyclic shear characteristics of intermediate soils with different plasticity index

Takayuki Yamamoto, Motomu Mandokoro, Satoru Ohtsuka & Koichi Isobe (Nagaoka University of Technology)

わかる。これは、高塑性中間土がシルトを含まなかったため、粘土分の影響を強く受けた結果である。

2) 最大軸差応力および液状化強度

最大軸差応力および液状化強度に及ぼす塑性指数の影響を把握するため、最大軸差応力・液状化強度～塑性指数関係を図-6に示す。最大軸差応力は圧密非排水三軸圧縮試験の有効拘束圧100 kPaの試験結果より、液状化強度は各試料の繰返し非排水水三軸試験における両振幅軸ひずみ $DA = 5\%$ 、繰返し回数20回の繰返し応力振幅比より参照している。粘土分の影響を強く受けた高塑性中間土を除外すると、図-6より塑性指数の増加に伴い、最大軸差応力は減少し、液状化強度は増加する傾向を示した。

3) 繰返しせん断特性

中間土の繰返しせん断特性を把握するために、繰返し応力振幅比～軟化繰返し回数関係を図-7に、過剰間隙水圧比～軸ひずみ関係を図-8に、非塑性中間土の液状化強度比～飽和度関係を図-9に示す。軟化繰返し回数とは試料の靱性を表すパラメータのひとつであり、液状化強度比とは不飽和土の液状化強度/飽和土の液状化強度を表す。図-8では、液状化強度に最も近い繰返し応力振幅比を用いている。図-7、8より非塑性中間土は靱性が低く、ある過剰間隙水圧比以上になると急激にひずみが増大し、塑性を有する中塑性中間土、高町団地崩積土は比較的緩やかにひずみが増大していくことがわかる。また高塑性中間土は粘土の影響を強く受けた結果、伸張方向にひずみが増大した。

図-9より、非塑性中間土において、飽和度の低下に伴い液状化強度が増大する傾向と、飽和度が十分に低ければ ($Sr = 49\%$) 供試体は繰返し载荷に対して大きな抵抗力を得る。

5. まとめ

- 1) 細粒分の活性度合いにより、物理的、力学的性質が異なる。
- 2) 突固めて作製した非塑性中間土より、予圧密にて作製した中塑性の中間土に、砂に特有のダイレイタンスによる強度増加が強く表れる。
- 3) 塑性指数の増加に伴い、最大軸差応力は減少し（単調せん断）、液状化強度は増加する（繰返しせん断）。
- 4) 塑性指数の低い中間土ほど繰返し载荷を受けた際の靱性が低い。また高塑性中間土においては、繰返し载荷を受けるたび、鉛直方向に供試体が伸張する。
- 5) 土質を分類する簡易なパラメータとして、塑性指数は有効である。以上の結果は、塑性指数をパラメータにとり、一義的に物理特性およびせん断特性を評価したものである。今後、供試体作製方法、粒度分布、活性度合いなど種々の観点から中間土を分類し、中間土で構成される土構造物の崩壊機構との関連を検証する。

謝辞

本研究は、科学技術振興調整費（研究代表者：小長井一男）のご支援を頂いて実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 好井ら：中越地震における高町団地の盛土崩壊地の土質特性，第42回地盤工学研究発表会，p.p.1811-1812, 2007.
- 2) 土質工学会：ジオテクノート2 中間土-砂か粘土か-，1992.

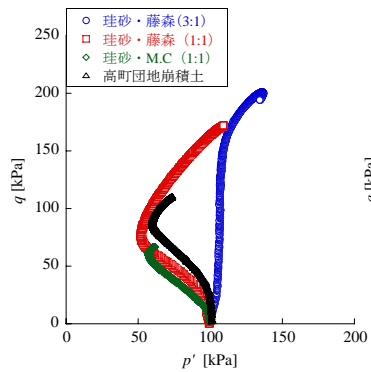


図-4 有効応力経路

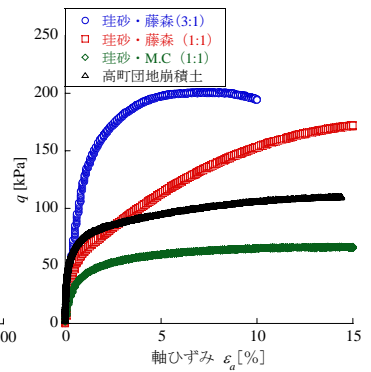


図-5 軸差応力 q～軸ひずみ εa

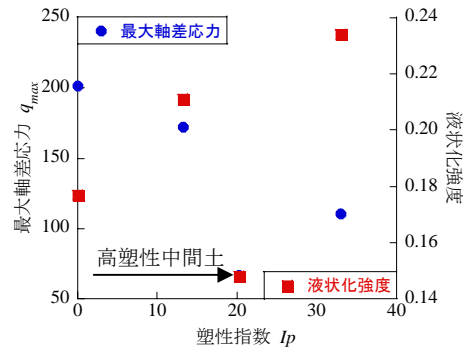


図-6 最大軸差応力・液状化強度～塑性指数 I_p

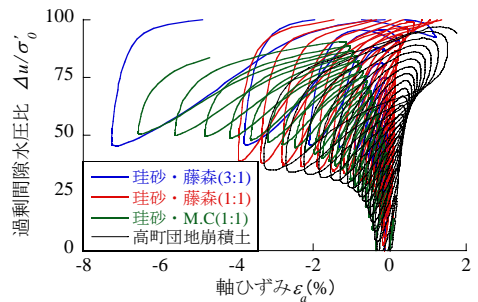


図-7 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_0$ ～軟化繰返し回数

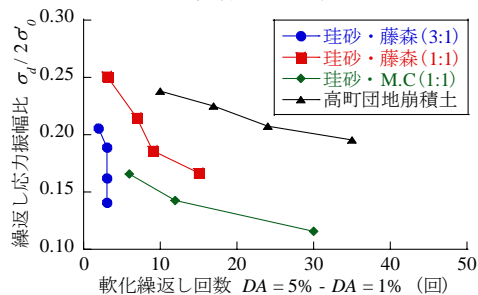


図-8 過剰間隙水圧比 $\Delta u / \sigma'_0$ ～軸ひずみ εa

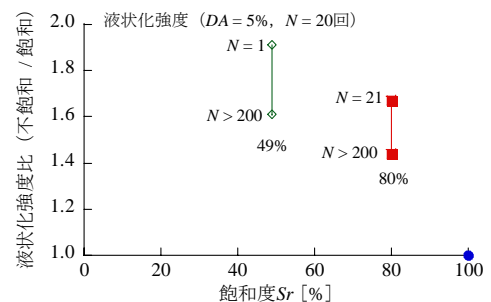


図-9 液状化強度比～飽和度 S_r (非塑性中間土)