

III-225

単純せん断状態における低塑性粘性土の繰返しせん断特性に関する研究

東京工業大学 学○久川 裕史

正 廣岡 明彦

正 竹村 次朗

正 木村 孟

1 はじめに

本研究では単純せん断状態における低塑性粘性土の力学特性を調べることを目的とし、塑性指数の異なる2種の低塑性粘性土について、NGIタイプの単純せん断試験機を用いて非排水静的並びに繰返し載荷試験を実施した。そしてその結果を通常行われている三軸試験の試験結果と比較することにより、せん断状態の違いがこれらに及ぼす影響について調べた。

2 試料および試験方法

本研究で用いた試料は、塑性指数約30の川崎粘土に豊浦標準砂と砕砂を混ぜて人工的に作成した塑性指数が約2および約10の低塑性粘性土であり、その物理特性は表1に示す通りである。これらの試料を以後その塑性指数に応じてM2, M10と称す。M10ではスラリー状の試料を大型モールド内で98kPaにて圧密して作成したブロックサンプルからトリミングして直径7cm、高さ3cmの供試体を作成するのにに対し、塑性指数が著しく低いM2では、乱れの影響を強く受けるので、通常のトリミング法では供試体を作成することが不可能である。そこで試験機のベDESTAL上に設置した内径約7cmの特殊モールド内側にメンブレンを取り付け、これに所定量のスラリー状の試料を投入し、98kPaの鉛直圧力にて圧密することにより直径7cm、高さ約3cmの供試体を作成した。その後、単純せん断試験機セル内で圧密圧力 $\sigma_{vc}' = 392 \text{ kPa}$ にて等方圧密を行い、非排水条件下で静的並びに繰返し載荷試験を行った。静的載荷試験は、ひずみ速度 $\dot{\gamma} = 0.12\%/ \text{min}$ にてひずみ制御方式で載荷し、繰返し載荷試験では、供試体に周波数 $f = 1.0 \text{ Hz}$ でせん断応力振幅 τ_a を種々変えた正弦波荷重を最高80回まで与えた。また静的載荷試験は、川崎粘土(M30)についても実施した。

3 試験結果及び考察

図1は静的試験から得られたM2、M10並びにM30の圧密圧力で除したせん断応力(τ_a / σ_{vc}')、間隙水圧($\Delta u / \sigma_{vc}'$)とせん断ひずみ(γ)との関係を示したものである。全ての試料でせん断応力～せん断ひずみ曲線はほぼ同様であり、その勾配は $\gamma \approx 1.0\%$ で急激に低下するが、M2において $\gamma \approx 7\%$ 以降M30、M10と比べひずみ硬化現象が観察される。これに対し間隙水圧とせん断ひずみの関係は塑性指数により大きく異なり低塑性な土ほど大きな間隙水圧が発生しており、またM2ではひずみ硬化現象が観察される7%以降で間隙水圧が低下しておりこれに伴う有効応力の増大がせん断抵抗の増大に寄与していることが示唆される。本試験では三軸試験と比較することを考慮し、せん断ひずみ1.5%時のせん断応力を破壊強度と定めた。図2に静的試験より求めたせん断ひずみ1.5%時のせん断応力 τ_a を圧密圧力 σ_{vc}' で除した非排水強度増加率と塑性指数の関係を示す。

表1 試料の物理特性

	M2	M10	M30
比重 G_s	2.65	2.66	2.69
液性限界 w_L	19.2	27.0	54.0
塑性限界 w_P	16.7	15.8	25.5
塑性指数 I_p	2.0	9.9	28.5
砂分 (%)	79.0	62.2	23.0
シルト分 (%)	13.3	22.0	42.4
粘土分 (%)	7.7	15.8	34.6

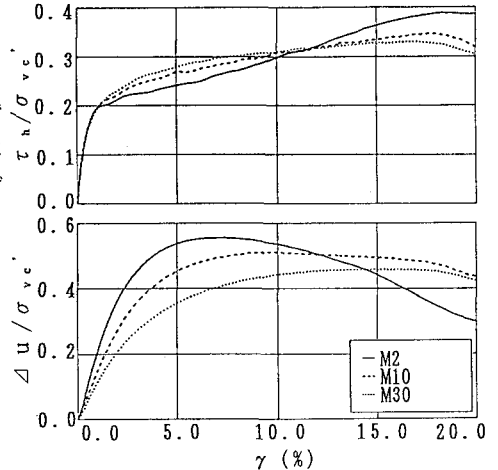


図1 静的試験結果

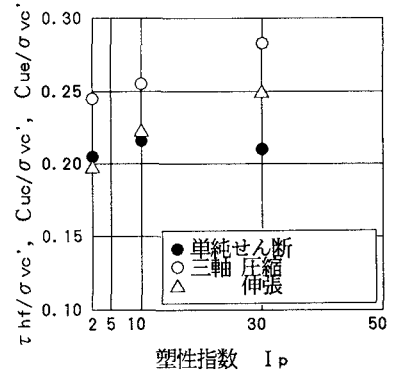


図2 塑性指数と強度増加率との関係

この図には三軸圧縮、伸張試験より求めた軸ひずみ1.0%時の非排水強度増加率も同様に示した。これによるとM2、M10とも単純せん断試験より求めたせん断強度は三軸試験での伸張強度とはほぼ等しくなる。

図3は繰返し载荷試験中のせん断応力、せん断ひずみおよび間隙水圧と繰返し回数の関係の代表例である。M2試料においては初期にはせん断ひずみ振幅がほとんど増加せず、間隙水圧の塑性分の増加も緩やかだが、ある点を越えると間隙水圧の塑性分が急増しせん断ひずみ振幅も増加する。これに対しM10試料においてはひずみ振幅は初期から徐々に増加し、間隙水圧の塑性分も徐々に増加してゆきM2のような著しい急増点はみられない。図4は各試料ごとの劣化指数 δ と繰返し回数 N の対数の関係を単純せん断試験と三軸試験とで比較したものである。ここで劣化指数は、各繰返し回数における割線弾性係数と繰返し载荷1波目のその値の比であり、剛性の低下を表す指標である。M10試料においては試験方法によらずせん断応力振幅がほぼ等しければ繰返し回数に対する劣化の割合は同じ程度であるが、M2においては同じせん断応力振幅においても単純せん断試験のほうが三軸試験より急激に劣化していることが分かる。 $\delta=0.6$ 前後で劣化の進行が顕著になることより、この点を破壊規準とした時のせん断応力振幅を圧密圧力で除した τ_d/σ_{vc} と破壊時繰返し回数の関係を表した液状化曲線を図5に示す。この図より三軸試験によるものでも単純せん断試験によるものでも塑性の高いM10のほうが塑性の低いM2と比べ液状化強度は大きく

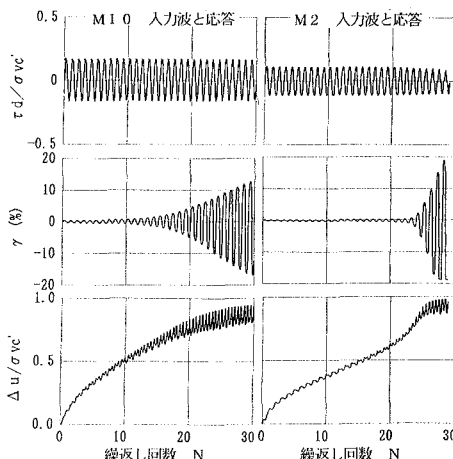


図3 繰返し载荷試験結果

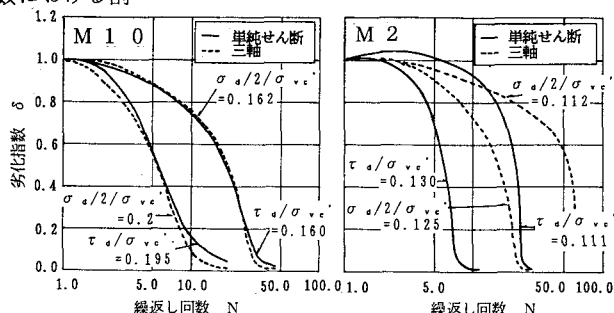


図4 劣化指数と繰返し回数の関係

した時のせん断応力振幅を圧密圧力で除した τ_d/σ_{vc} と破壊時繰返し回数の関係を表した液状化曲線を図5に示す。この図より三軸試験によるものでも単純せん断試験によるものでも塑性の高いM10のほうが塑性の

低いM2と比べ液状化強度は大きくなることが分かる。またM10においては三軸試験と単純せん断試験による液状化曲線はほぼ一致するが、M2試料では単純せん断試験の方が三軸試験よりやや下に位置する。岩松らは¹⁾繰返し三軸試験より求めた低塑性粘性土の液状化曲線はその試料の静的三軸伸張強度で繰返し応力振幅を除した値を縦

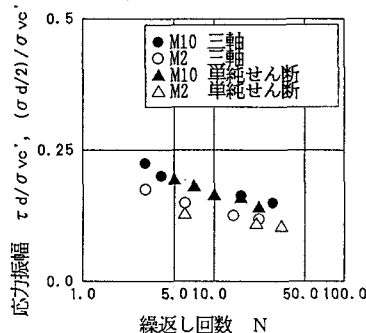


図5 液状化曲線

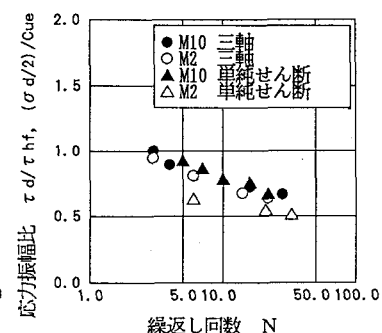


図6 液状化曲線

軸にとることにより試料によらず一つの曲線ではほぼ近似することができることを示した。図6に本実験での繰返し単純せん断強度(τ_d)を静的単純せん断強度(τ_{hf})で除した値(τ_d/τ_{hf})と破壊時繰返し回数の関係を示す。尚、この図には比較のために繰返しせん断応力振幅($\sigma_d/2$)を静的三軸伸張強度(Cue)で除した値($(\sigma_d/2)/Cue$)も併記した。これによるとM2試料の繰返し単純せん断試験から求めた液状化曲線を除き他の液状化曲線はほぼ一致している。これは両試験で観察される劣化挙動がM10では同様であるのに対し、M2では単純せん断試験でより急速な劣化が生じていることによるものと考えられる。

（参考文献）1）岩松 他，低塑性粘性土の繰返しせん断特性に及ぼす過圧密比の影響：

第28回土質工学研究発表会講演集，1993。