

(2) 地震時の粘土地盤の安定性の評価

山口大学工学部	兵動正幸
同 上	河田頼治
同 上	杉山太宏
復建調査設計(株)	藤井照久
同 上	福田直三

1. まえがき

地盤の耐震設計において、これまで主として飽和砂の液状化の問題に注意が注がれてきた。地震時に粘土はむしろ砂に比べ安定なものとしてとらえられてきた。しかしながら、1985年メキシコ地震においては、厚い粘土層上の構造物の被害が報告された。地震時における粘土地盤の被害として地震動の増幅による地盤の大変形が確認された。さらにわが国では、新潟地震や宮城県沖地震などにおいて、多くの河川堤防や道路盛土などが基礎地盤の粘土地盤の破壊により崩壊した事例¹⁾が報告されている。一方、海洋構造物の波浪に対する設計においては、粘土の繰返しせん断挙動が重要視されており、設計の中にも組み込まれている。粘土の動的問題は砂ほど深刻にとらえられていないが、今後多くの問題が顕在化してくるものと予想される。本研究では、構造物基礎地盤としての粘土地盤を想定して、種々の初期せん断状態下における粘土の動的強度を繰返し三軸圧縮試験により求めた。さらに、繰返し三軸試験結果を用いて、粘土地盤上の盛土の円弧すべり法による安定解析を行った。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、広島市五日市で採取した海成粘土であり、物性値は $G_s=2.532$, $w_L=124.2\%$, $w_p=51.4\%$, $I_p=72.8$ を示すものであった。これを260%の含水比状態でスラリー化し、 $420\mu\text{m}$ ふるいで裏ごしを行った後、予圧密容器内で 0.5Kgf/cm^2 まで予圧密を行い、直径5cm、高さ10cmの供試体として成形し三軸室にセットした。三軸室において、供試体はまず等方応力で圧密された後、側圧一定のもと軸圧載荷により平均有効主応力200kPaで所定の初期せん断応力となるよう排水状態で載荷が行われた。このような初期状態からなる供試体に非排水状態で0.02Hzの正弦波載荷を加えた。0.02Hzという低い周波数選んだ理由は、非排水繰返し三軸圧縮試験における供試体内の間隙水圧分布の一様性に対応²⁾するためであった。実験は、初期軸差応力 $q_{e0}=0, 60, 120, 180, 240\text{kPa}$ のそれぞれの大きさの初期せん断応力を有する供試体に対して、各4~6種類の繰返し軸差応力 q_{eyc} が作用され行われた。

3. 動的強度

繰返しせん断破壊として、ピーク軸ひずみ10%(PS=10%)を基準にとり、破壊に至るに必要な繰返し軸差応力比 q_{eyc}/p_c と繰返し回数との関係を図-1に表した。図中各々の初期せん断応力 q_{e0} に対応した繰返しせん断強度線がそれぞれ描かれている。また、繰返し回数 $N=20$ に着目して破壊に至るに必要な繰返しせん断応力比と初期せん断応力比 $\eta_s(=q_{e0}/p_c)$ との関係を図-2に示した。これらの図から、繰返しせん断強度は初期せん断応力が増大するにともない、次第に低下していく傾向が認められる。図-3は、等方圧密下の粘土の繰返しせん断強度と豊浦砂の強度との比較を行ったものある。粘土は載荷周波数によって、また砂は相対密度によって結果が多少異なるが、粘土の強度は砂に比べ約2倍程度の大きさを示している。さらに、図-4に $N=20$ における動的強度と初期せん断応力比の関係を粘土および豊浦砂について示した。等方圧密下および初期せん断応力の低いところは、粘土は砂に比べ高い強度を示しているが、初期せん断応力が大きくなるに従い、両者の強度は逆転し、高い初期せん断応力においては粘土の方が砂よりも低い強度となっていることがわかる。これは、砂が破壊の前にダイレイタンスーを起し非排水強度を増大させるのに対し、粘土はcritical stateに近づくとつれ強度を弱める特徴を有することに起因するものと思われる。また、このことは、構造物や盛土の基礎地盤においては地震時に砂よりもむしろ粘土の方が注意を要することを示唆したものと考えることができる。

4. 地震時の粘土地盤を基礎とした盛土の安定解析

図-5に解析対象となった粘土地盤上の盛土の断面図を示す。この図は、新潟地震において崩壊した河川堤防盛土であり¹⁾、地震による基礎地盤の破壊により、盛土表面に約40cmの沈下が生じたものである。ここでは、図のような円弧すべり面を粘土層に設定し、水平方向に震度 k_h を与え盛土および地盤の自重も加えた外力に対して、図-1で得られた各初期せん断応力に対応する繰返しせん断応力を抵抗力として与え、安全率を求めた。また、盛土内の土の抵抗力は解析には加えず、粘土地盤の破壊により引きつられる形で破

壊が起こる状態を仮定した。図-6に円弧すべり解析による各震度に対する最小安全率 F_d を示した。図中最小安全率を与えた時の初期せん断応力と繰返しせん断応力が、与えた震度に対してそれぞれ示されている。水平震度0.20において、安全率は1以下となり破壊を示している。地震記録においても約200Galの加速度が記されていることから、解析結果は妥当な結果を与えているものと考えることが出来る。

参考文献

- 1) 佐々木康他, "土構造物の地震被害事例", 土木研究所資料, 第1576号, 1980.
- 2) 山本陽一, 兵動正幸 他, "粘土の非排水繰返しせん断特性に及ぼす載荷周波数の影響", 第27回土質工学研究発表会, pp.903-906, 1992.

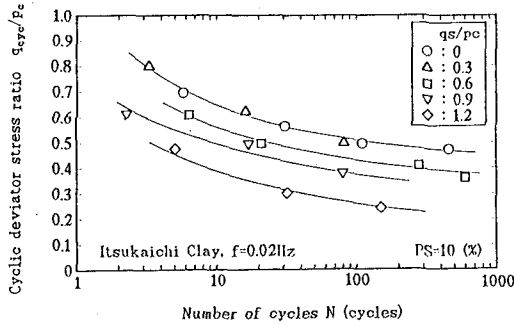


図-1

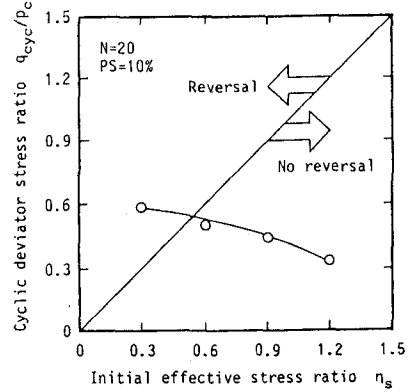


図-2

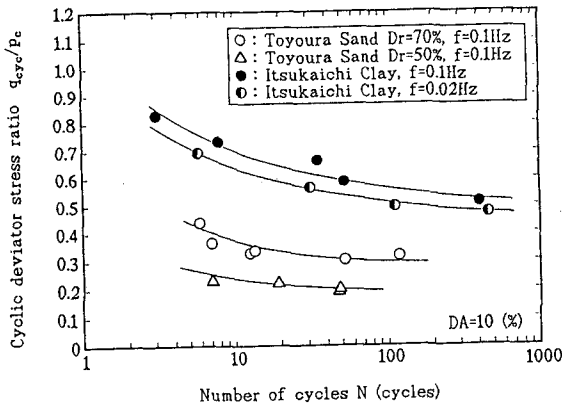


図-3

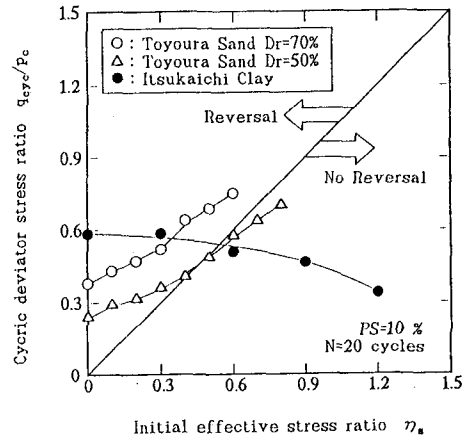


図-4

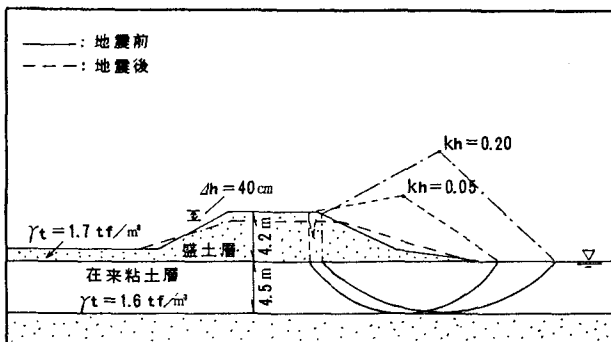


図-5

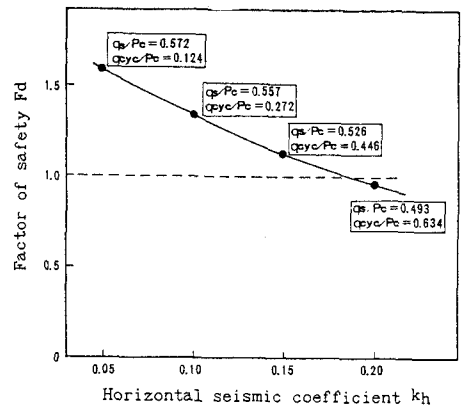


図-6