

初期せん断に着目したまさ土の動的強度特性

九州大学工学部 学○平野 憲裕 正 落合 英俊
正 安福 規之 正 大野 司郎

1.はじめに

まさ土は粒度分布がよい砂質土系の地盤材料であり、今までの粒度分布を規準にした液状化判定法に基づくと液状化しにくいと判定される。しかし、阪神・淡路大震災では、このまさ土によって埋め立てられた地域に液状化が発生し、大きな被害をもたらした。そのため、まさ土のせん断強度特性を改めて調べることの重要性が指摘され、現在多くの機関で精力的に研究がなされている。本研究では、構造物直下の埋め立て地盤を想定し、初期せん断を与えたまさ土を対象に繰り返し三軸試験を行い、その繰返し変形挙動を考察した。

2. 試料と試験方法

試料は、2mm ふるいを通過した福岡県新宮町のまさ土とそれより粒度調整したまさ土3種の計4種類を用いた。まさ土A1は原試料である。まさ土A2とA3は均等係数 U_c が、それぞれ8及び60となるように原試料の75 μ m以上の成分を調整したものであり、まさ土Bは、原試料の細粒分を2倍にし均等係数を原試料とほぼ同じ35にしたものである。表1に、それぞれの試料の物理特性を示す。供試体は、直径5cm 高さ10cmの円柱形で、湿潤締め法により相対密度 $Dr=40,70,90\%$ になるように作製した。この供試体を用いて、B値が0.95以上であることを確認した上で、それぞれ所定の圧まで等方圧密し、そこから排水三軸試験を行うことにより数種の初期せん断を与えた。その後、載荷周波数を0.1Hzとし繰返し三軸試験を行った。

3. 試験結果の比較法

初期せん断を与えて繰返し三軸試験を行うと、図1に示すように片振りになるため、両振りのせん断ひずみ $DA=5\%$ を定義することができない。さらに、間隙水圧も、 $\Delta u/\sigma'_c=0.95$ まで上がることはなくこれを用いて比較することはできない。そこで、初期せん断の大小が液状化強度に及ぼす影響を知るために、以下のような比較法を導入する。

表2は、初期せん断を与えていないまさ土の繰返し三軸試験の結果を示したものである。この表のように、 $DA=5\%$ 、 $\Delta u/\sigma'_c=0.95$ 、変相状態における応力比 η_{pt} に至るまでの繰返し回数は、ほぼ等しいものとなっている。また、 η_{pt} に至るまでの繰返し回数をを用いたのは、有効応力経路上で η_{pt} に至ったところからひずみが急激に大きくなるためである。ここに示す η_{pt} は図1(a)に示しているように静的三軸試験より求めたものである。

以上のことから、初期せん断を与えた繰返し三軸試験の結果を比較する方法として、変相線に至るまでの繰返し回数をを用いるのが有効であると考え、ここではそれを用いて考察した。このよう

表1.試料の物理特性

Sample	A1	A2	A3	B
均等係数	33.2	8	60	35
細粒分(%)	16	16	16	30
e_{max}	1.309	1.579	1.25	1.56
e_{min}	0.835	1.01	0.86	0.92

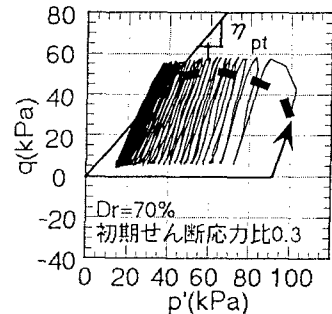


図1(a).有効応力経路と概念図

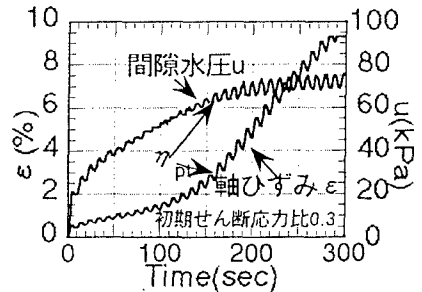


図1(b).軸ひずみ、間隙水圧の時間変位

表2.繰返し回数の相違

繰返し応力比 σ_d/σ'_c	繰返し回数		
	$DA=5\%$	$\Delta u/\sigma'_c=0.95$	η_{pt}
0.335	7	7	7
0.250	18	19	18
0.231	40	40	40
0.224	51	50	50

な理由により、粒度分布、相対密度の違いがまさ土の動的強度特性に及ぼす影響を考察する場合においても、変相線に至るまでの繰返し回数を用いて考察する。

4. 試験結果と考察

図2は、まさ土A1の相対密度 D_r が $D_r=40, 70, 90\%$ の液化化強度曲線である。これより、まさ土は相対密度の違いに依らず、ほぼ一定の強度を持っていることから、相対密度による影響をあまり受けないことが分かる。

図3は、相対密度の異なるまさ土A1に初期せん断応力比 $\eta=0.6$ を加えて繰返し三軸試験を行った結果であり、変相線に至るまでの繰返し回数と繰返し応力振幅比との関係を示している。この図より、初期せん断を与えないときには、相対密度による影響をあまり受けていなかったが、初期せん断を与えると繰返し载荷回数の少ない範囲では相対密度による差が出てきており、相対密度が大きいほど初期せん断を与えたときの強度が増加することが分かる。また、図4は、20回で変相線に至り破壊するときの繰返し応力振幅比と初期せん断の関係を示しているが、この図からは、初期せん断応力比が0.3のときに相対密度による強度の差が出てきており、初期せん断応力比が0.6のときには、差がみられなくなっている。これは、初期せん断を与えているうちに粒子が詰まっていき、繰返し载荷をかけるときには供試体が同程度の詰まり方になっているためではないかと考えられる。

図5は、相対密度 $D_r=40\%$ のまさ土A1,A2,A3およびBに初期せん断応力比 $\eta=0.3$ を与え繰返し三軸試験を行った結果であり、変相線に至るまでの繰返し回数と繰返し応力振幅比の関係を示している。これらの図より、均等係数のみに強度が依存すると言うことはなく、相対密度に関係なく小さな粒子の多い試料ほど強度が小さくなり、細粒分の量が同じ試料では均等係数が大きくなるにつれて強度も増加することが分かる。

5. まとめ

以上のように試験によりまさ土の動的強度特性を調べた結果、次のようなことが明らかになった。①等方状態でのまさ土の動的強度は相対密度による液化化強度の差はほとんど見られない。②しかし、初期せん断を与えたときには相対密度による強度の差が見られるようになり、相対密度が大きいほど強度が大きくなる点がある。③いずれの相対密度においても初期せん断応力が大きくなるほど所定の繰返し回数に至るに必要な繰返し応力振幅比は低下する。④細粒分が同じなら均等係数が大きいほど強度が大きくなり、均等係数が同じなら細粒分の少ない方が強度がやや大きくなる。

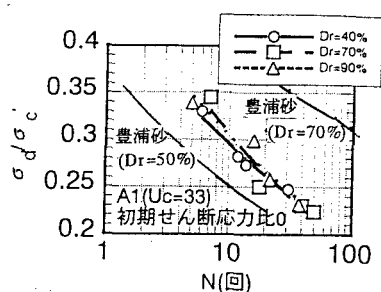


図2. 変相線に至る回数と強度

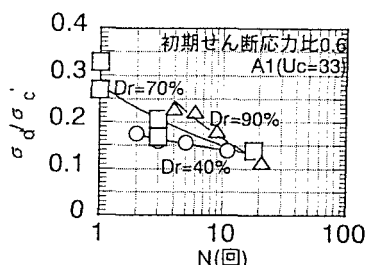


図3. 変相線に至る回数と強度

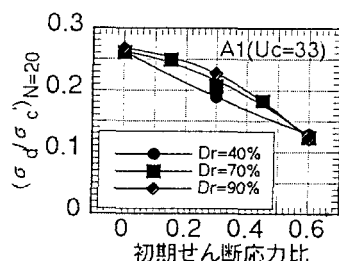


図4. 20回強度-初期せん断関係

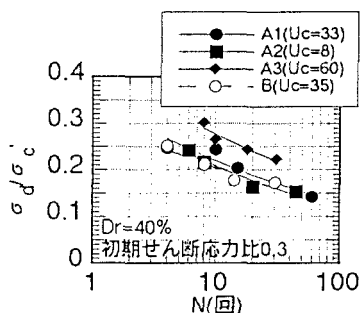


図5. 変相線に至る回数と強度