

### III-A 120 礫混入ベントナイト混合土の動的変形・液状化試験

鹿島技術研究所 正会員 田中俊行  
 鹿島技術研究所 正会員 深沢栄造  
 鹿島技術研究所 正会員 平 和男

#### 1. はじめに

高い遮水性能が要求される構造物の遮水材料に適用することを目的として、礫材を混合して締め固めた『礫混入ベントナイト混合土』（礫+砂+ベントナイト+水）を開発して、一連の研究を実施中である<sup>1)</sup>。

礫を混合する理由は、①締め固めを容易にして、間隙が小さく透水係数を低くすること、②礫の骨格形成によって支持力を増加させること、である。礫分を含有する材料については、兵庫県南部地震以降、礫質土であるまさ土の液状化現象が確認されてから、液状化に対する抵抗性に対して懸念されているのは言うまでもない。そこで、この材料も含めて、礫を混合する材料の動的変形・液状化強度を把握する必要があると考えられる。

今回、動的変形及び繰返し非排水三軸試験を実施して、礫混入ベントナイト混合土の動的変形・液状化特性について調べた。また、比較するため礫混じり土や砂について調べた。本報文は、これらの結果について報告するものである。

#### 2. 使用材料と試験条件

使用材料は、礫(G)はコンクリート用粗骨材(粒径20~5mm)を、砂(S)は珪砂6号、ベントナイト(B)は、Na型ベントナイト(山形県産)を用いた。図-1に対象材料の粒度分布を示す。対象材料は、①礫混入ベントナイト混合土、②礫混じり土<sup>2)</sup>、③砂の3種類である。表-1に礫混入率 $G_m(=G/(G+S+B)\%)$ 、砂混入率 $S_m(=S/(G+S+B)\%)$ 、ベントナイト混入率 $B_m(=B/(G+S+B)\%)$ 、(いずれも乾燥土重量比)、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(t/m^3)$ 、最適含水比 $w_{opt}(\%)$ 、相対密度 $Dr(\%)$ を示す。

動的変形係数は、振動三軸試験で、液状化強度は、土の繰返し非排水三軸試験方法(JSF T 541-1990)に準拠して求めた。拘束圧 $\sigma'c$ は $1.0kgf/cm^2$ と一定にし、載荷周波数 $f$ は $0.1Hz$ とした。試験試料は、表-1に示すように $w_{opt}$ で調整した $\rho_{dmax}$ の試料を用いた。

#### 3. 試験結果

##### 3.1 動的変形特性

図-2にせん断剛性率 $G/G_0$ とせん断ひずみ $r$ の関係を、図-3に減衰定数 $h$ と $r$ の関係を示す。図中には、既往の砂質土と粘性土の範囲<sup>3)</sup>とまさ土<sup>4)</sup>の結果を示す。

図-2、3から、礫混入ベントナイト混合土の $G/G_0$ 、 $h$ と $r$ の関係は、既往の砂質土に近い性質を示しており、

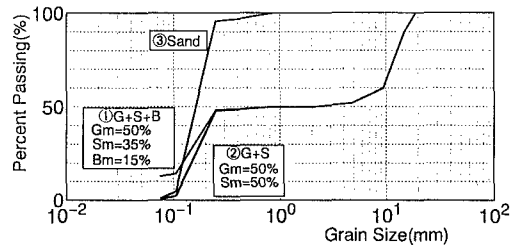


図-1 対象材料の粒度分布

表-1 配合条件

	$G_m$ (%)	$S_m$ (%)	$B_m$ (%)	$\rho_{dmax}$ ( $t/m^3$ )	$w_{opt}$ (%)	$Dr$ (%)
①礫混入ベントナイト混合土	50	37.5	15	2.036	8.9	95
②礫混じり土	50	50	0	1.946	11.1	71
③砂	0	100	0	1.618	0	55

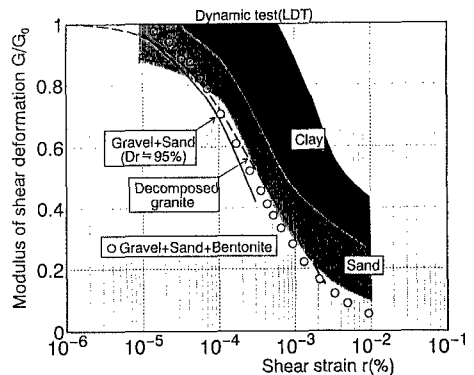


図-2  $G/G_0$ と $r$ の関係

礫混じり土やまさ土と同程度の試験結果が得られている。

### 3.2 液状化特性

図-4に土の繰返し非三軸試験から得られた軸ひずみと経過時間の関係を示す。

これらの図から、礫混入ベントナイト混合土では、軸ひずみの増加は小さくなっている。それは、密度が大きく間隙が小さく、高塑性であるベントナイト粒子の粘性によると考えられる。礫混じり土では、透水性が大きいため、発生した間隙水圧が瞬時に逸散しており、軸ひずみは急激に増大していると考えられる。砂では、載荷時間の経過とともに、軸ひずみが徐々に増加する傾向が認められる。

図-5に今回の試験で得られた液状化強度曲線（軸ひずみの両振幅 $DA=5\%$ の場合の繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c'$ と繰返し載荷回数 $N_c$ の関係）を示す。図中には、まさ土<sup>4)</sup>の試験結果も示す。

この図から、 $N_c=20$ のときの液状化強度 $R(=\sigma_d/2\sigma_c')$ は、礫混入ベントナイト混合土が0.45、礫混じり土が0.31、砂が0.10という結果が得られた。したがって、砂に礫を混入することで、液状化強度を0.2程度増加させることができる。また、礫と砂にベントナイトを混入すると、さらに0.15程度強度を増加させることが可能であることが分かった。また、礫混入ベントナイト混合土は、まさ土( $R=0.22$ )と比較した場合、十分大きい液状化強度を有している。

### 4. まとめ

以上の結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 礫混入ベントナイト混合土のせん断剛性率と減衰定数のひずみ依存性は、砂質土に近い性質を示すことが分かった。
- ② 繰返し非排水三軸試験を実施して液状化特性を調べた結果、礫混入ベントナイト混合土は、まさ土や礫混じり土と比較して、大きな液状化の抵抗力を有していることが分かった。

### 参考文献

- 1) 田中・深沢・平・須山：人工地盤構築材料の開発(その3)，鹿島技術研究所年報，Vol.43，1995.12.
- 2) 田中・工藤・国生他：砂礫材料の動的変形特性について，第20回地盤工学研究発表会，1985.2.
- 3) 石原：土質動力学の基礎，鹿島出版会，p.197.
- 4) 善・山崎：埋立地に用いたまさ土の液状化特性，土と基礎，Vol.44 No.2 Ser.No.457,1996.2.

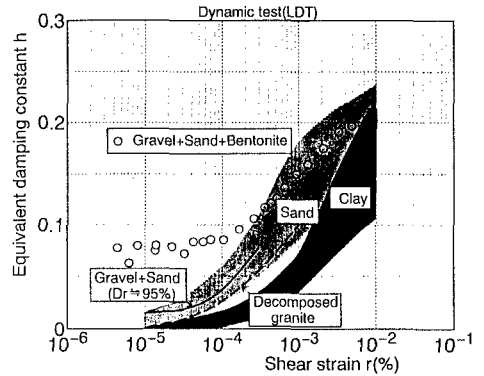


図-3 hとrの関係

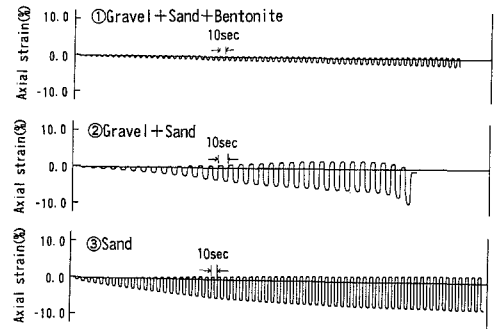


図-4 軸ひずみと経過時間の関係

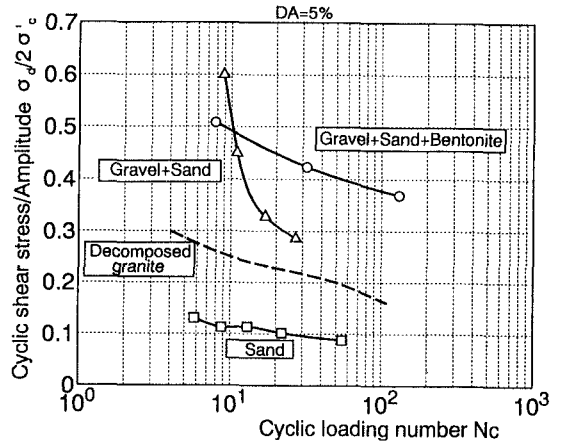


図-5 液状化強度曲線 ( $DA=5\%$ )