

Ⅲ - A 96 繰返し三軸試験における砂の液状化強度の予測法

立命館大学 学生員 ○橋本琢治  
フェロー 竹下貞雄  
学生員 宮嶋英次

1. はじめに

砂の液状化強度に影響を及ぼす要因としては、粒径、均等係数、細粒分含有率、最大最小間隙比、余裕間隙比などが考えられる。そこで本論文では、これら砂の物理的性質から繰返し液状化強度の予測法を検討してみた。また、試料に混合砂を使用することで、混合砂への適用性についても併せて検討したので、ここに報告したいと思う。

2. 試験概要

試験で用いた試料は①和田砂、②腰越砂、③三国砂、④杉津砂、⑤琴引砂の 2mm ふり通過分および、あらかじめ粒度調整された砂である⑥相馬砂 6号、⑦相馬砂特 4号、そして両相馬砂を混合した⑧ 1 : 1 混合砂（以下、混合砂 1 と呼ぶ）、⑨ 1 : 2 混合砂（⑥:⑦ = 1 : 2、以下混合砂 2 と呼ぶ）の 9 種類の砂を使用した。試料の物理的性質および粒径加積曲線を表 2.1 および図 2.1 に示す。

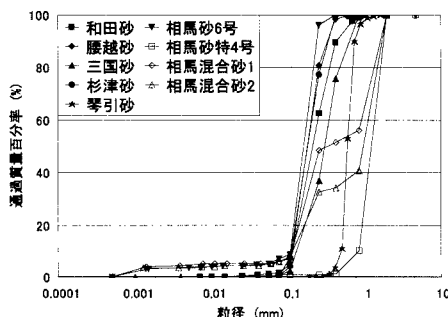


図 2.1 試料の粒径加積曲線

供試体は、直径 50mm、高さ 100mm とし、モールド内に装着したゴムスリーブ中に所定の相対密度となるよう試料を空中落下法によりつめて作製した。そして CO<sub>2</sub> と脱気水を通し背圧を 3 kg f/cm<sup>2</sup> かけることにより飽和させ、B 値 97 % 以上とした。載荷試験は、等方圧密を行った後、載荷周波数 f = 0.1Hz の繰返し軸荷重を加え、軸荷重、軸変位、間隙水圧を連続的に記録した。試験は軸ひずみ両振幅 (DA) が 5 % 以上になるまで行った。なお供試体の相対密度 Dr は 70 % に設定し、試験を行った。

表 2.1 試料の物理的性質

	和田砂	腰越砂	三国砂	杉津砂	琴引砂
G <sub>s</sub>	2.764	2.709	2.735	2.686	2.633
e <sub>max</sub>	1.088	1.097	1.059	0.949	0.784
e <sub>min</sub>	0.691	0.669	0.636	0.607	0.529
D <sub>50</sub> (mm)	0.21	0.18	0.30	0.18	0.60
U <sub>s</sub>	2.18	1.54	2.00	1.82	1.31
	相馬 6号	特 4号	混合砂 1	混合砂 2	
G <sub>s</sub>	2.647	2.641	2.584	2.627	
e <sub>max</sub>	1.278	0.838	0.846	0.826	
e <sub>min</sub>	0.742	0.580	0.461	0.479	
D <sub>50</sub> (mm)	0.16	1.3	0.32	0.97	
U <sub>s</sub>	1.64	1.76	7.50	10.0	

3. 試験結果および考察

繰返し三軸試験の結果を用いて砂の液状化傾向を把握する方法として、一般に繰返し応力比 ( $\sigma'_{v2} / \sigma'_{v1}$ ) と繰返し回数との関係を  $N_f$  とすることにより求められる液状化強度曲線が用いられる。この強度曲線に図 3.1 で示した限界繰返し回数を用いることで、試料の液状化強度を定量的に表すことができる。ここで DA=5% 時の液状化強度曲線における、限界応力比を 0.3 に固定したときの各試料の限界繰返し回数 ( $(N_s)_{\sigma'_{v2}/0.3}$  と定義する) を表 3.1 に示す。

キーワード：繰返し三軸試験、液状化強度、限界繰返し回数、

連絡先：〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL : 077-566-1111 FAX : 077-561-2667

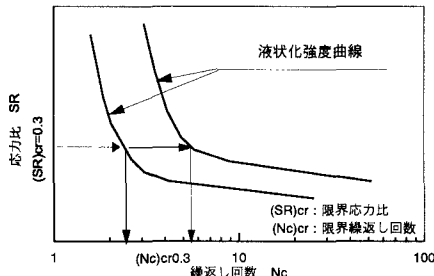


図 3.1 境界応力比および境界繰返し回数の説明図

図 3.2 は上述した境界応力比および境界繰返し回数を用いて、液状化強度曲線を正規化した正規化液状化強度曲線である。縦軸に  $SR/(SR)_{cr}$  を、横軸に  $N_c/(N_c)_{cr0.3}$  をとっている。このグラフを見てわかるように、正規化された各砂の強度曲線はほぼ 1 つのラインを形成する。したがって、境界繰返し回数  $(N_c)_{cr}$  を砂の液状化抵抗を表す指標とすれば、境界繰返し回数が求まると砂の種類に関わらず、正規化液状化強度曲線を用いることで砂の液状化抵抗を基本的曲線の形として表現することができる。つまり砂の基本的性質から境界繰返し回数が求めれば、砂の種類に関わらず正規化液状化強度曲線を用いて液状化強度曲線を簡易的に予測することが可能となるわけである。そこで各試料の余裕間隙比  $V_d (=e_c - e_{min})$  と  $D_{60}$  の二つの要素を抽出して、境界繰返し回数との相関関係を得られるよう整合したものが図 3.3 である。グラフを見てわかるように、粒径の影響を考慮することによって余裕間隙比  $V_d$  と境界繰返し回数  $(N_c)_{cr0.3}$  は、ほぼ直線関係をもって表すことができると考えられる。この線形関係から導出した、境界繰返し回数の予測式を式(3.1)に示す。また、この予測境界繰返し回数よりえられた予測液状化強度曲線の一例を図 3.4 に示す。

$$(N_c)_{cr0.3} = -700/3\{V_d + 0.052D_{60}\} + 40 \dots (3.1)$$

以上の作業より、余裕間隙比  $V_d$  および 60%粒径  $D_{60}$  の二つの因子を用いて境界繰返し回数  $(N_c)_{cr0.3}$  を予測することができよう。

#### 4. 結論

砂の液状化強度は、境界繰返し回数を指標とすることで余裕間隙比  $V_d$  に依存し、さらに粒径の影響を考慮することで直線関係を結ぶことができ、またこの関係を定式化することが可能である。

表 3.1 境界繰返し回数

	和田砂	腰越砂	三国砂	杉津砂	琴引砂
$(N_c)_{cr0.3}$	9.0	7.0	5.5	13	15
	相馬 6 号	特 4 号	混合砂 1	混合砂 2	
	0.8	2.5	1.0	1.5	

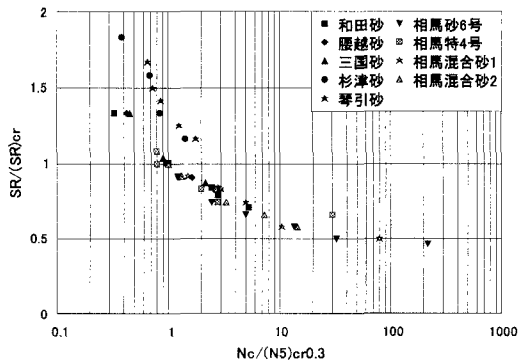


図 3.2 正規化液状化強度曲線

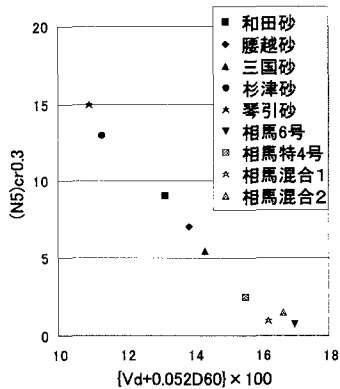


図 3.3  $(N_c)_{cr0.3}$  と  $V_d$  および  $D_{60}$  との関係

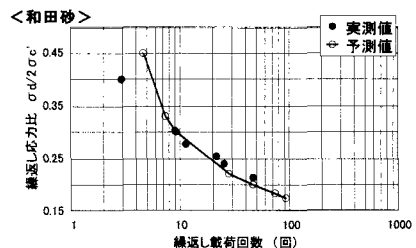


図 3.4 実測値と予測値との比較