

III-220

外力の不規則性を考慮した液状化強度の推定法

建設省土木研究所 正会員 東 拓生

建設省北陸地方建設局 正会員 常田賢一

建設省土木研究所 正会員 二宮嘉朗

1. まえがき

現在、液状化の判定に広く用いられている F_L 法の概要は、地震時のせん断応力比 L （外力）と地盤の動的せん断強度比 R （強度）から、液状化に対する抵抗率 F_L を求め、その値の大小により液状化の判定を行うものである。ここで、動的せん断強度比 R は、正弦波による繰返し三軸試験によって求められているが、実際の地震波には、不規則性がある。このようなことから、動的せん断強度比 R の算定式中の、波形の不規則性を考慮するための補正係数 C_2 ¹⁾ に関する検討が過去に行われてきている。

本研究は C_2 が、想定する液状化の程度（ひずみ振幅、残留間隙水圧）、外力波形、相対密度によってどのような影響を受けるかを、繰返し非排水三軸試験により検討したものである。

2. 実験概要

実験はこれまでに地盤上で観測された水平方向 394 成分の地震波形から、最大加速度発生前および発生後それぞれの振幅の繰返し低減特性を地震規模（ M ）ごとに整理することにより非一様振幅の正弦波を作成し、繰返し非排水三軸試験にこの波形を入力することにより C_2 の推定を行った。²⁾

作成した载荷波形を図-1に示す。波形Aは一様振幅の正弦波、波形B、Cは非一様振幅の正弦波

表-1 载荷波形の振幅の低減特性

波形名	整理を行った地震規模	a	
		最大加速度発生前	最大加速度発生後
波形B	$5.0 \leq M < 6.0$	1.7	4.4
波形C	$7.0 \leq M < 8.0$	5.2	5.8

$$\eta_n(i) = \frac{1}{1 + \frac{1}{a}(i-1)}$$

$\eta_n(i)$: 最大振幅との比
i: 繰返し回数

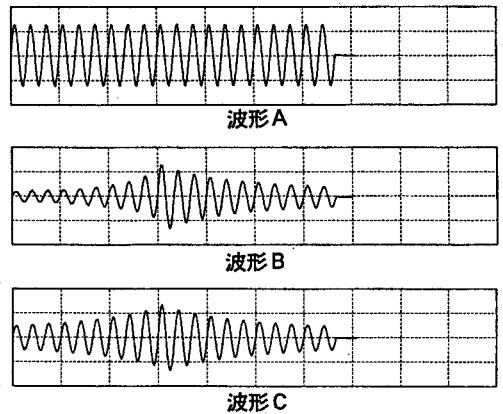


図-1 载荷波形

であり、周波数 0.1Hz、繰返し回数を 20 波とした。なお、波形Bは $5.0 \leq M < 6.0$ 、波形Cは $7.0 \leq M < 8.0$ でそれぞれ整理を行ったものである。なおこれらの波形の振幅の低減特性を、表-1に示す。

試料には豊浦標準砂を使用し、有効拘束圧 0.5 kgf/cm^2 、背圧 2.0 kgf/cm^2 で試験を行った。供試体は、相対密度 55% を空中落下法、90% をタッピング法により作成し、相対密度の影響についても検討した。

3. 実験結果

図-2に実験により得られた有効応力経路を示す。(a), (b)は、相対密度55%でそれぞれ波形B、波形Cの結果である。また(c), (d)に、相対密度90%の結果を示す。(a)(b)を比較すると波形Bは、初期および最大せん断応力 ($\tau_{\max}$) 発生後の微小な振幅によっての有効応力の低下はあまり見られず、ほぼ $\tau_{\max}$ のみの影響しか受けないことが分かる。それに対して波形Cは、 $\tau_{\max}$ 発生後の载荷によってはあまり影響は受けないが、初期の载荷に対しては、かなりの有効応力の低下が見られる。過去に行われた試験によっても $\tau_{\max}$ 発生後の载荷に較べて、発生前のそのの方が過剰間隙水圧の上昇に影響を与えやすいことが確認されている。⁴⁾

(c)(d)は相対密度90%と、非常に密な試験であるが、有効応力の低下は緩詰めの場合と同様の結果が得られた。ただし、(c)(d)ともに完全液状化後の载荷によって有効応力がかなり上昇しており、完全液状化後もかなりの強度を有していることがわかる。

図-3は、20波の载荷で発生した最大過剰間隙水圧比および最大軸ひずみ両振幅と最大せん断応力比（ τ_{max}/σ'_c ）との関係を示しており、(a)は相対密度55%、(b)は相対密度90%の結果を示している。波形Bと波形Cを比較すると、緩結めの場合には結果に大差はないが、密になると波形Bと波形Cの差は大きくなっている。また密結めの場合には、最大軸ひずみ両振幅が5%以上になると強度が急激に増加している。

図-3から波形の不規則性に対する補正係数 C_2 を読みとった結果を表-2に示す。図-4からも分かるように密結めの場合には、ひずみレベルの増大および载荷波形の特性の変化にともなって C_2 も大きく変動することがわかる。

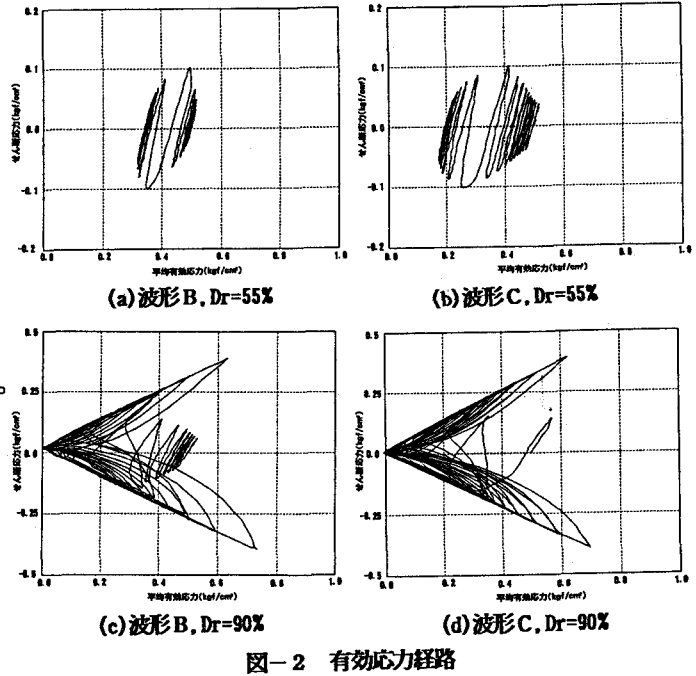


図-2 有効応力経路

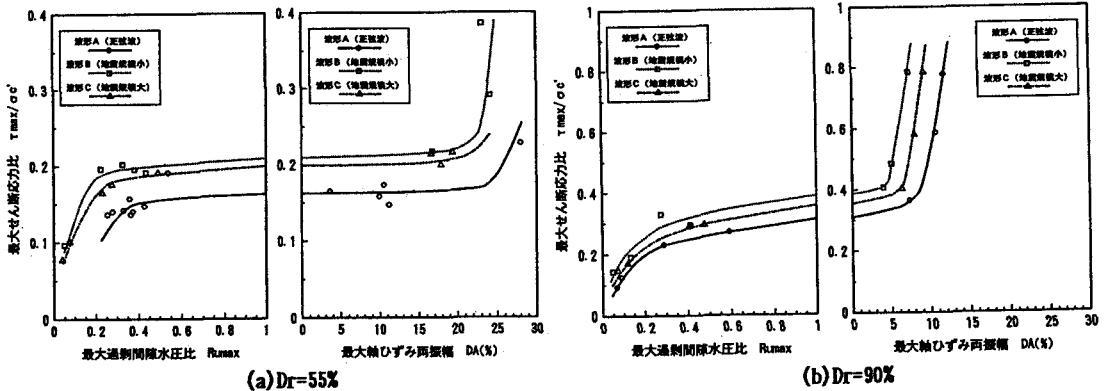


図-3 最大過剰間隙水圧比および最大軸ひずみ両振幅と最大せん断応力比の関係

4. あとがき

波形の不規則性に関する補正係数 C_2 は、衝撃的な波形ほど大きくなり、また相対密度の増加にともなって大きくなることが分かった。今後はさらに今回と同じ実験方法を用いた詳細な検討を行い、 C_2 の設定法を確立したいと考えている。

表-2 波形の不規則性に関する補正係数 C_2

供試体の 相対密度 Dr (%)	波形 B (地震規模小)			波形 C (地震規模大)		
	Ru=1.0	DA=5.0%	DA=7.5%	Ru=1.0	DA=5.0%	DA=7.5%
55	1.290	1.294	1.300	1.220	1.222	1.230
90	1.244	1.395	2.288	1.136	1.145	1.449

(参考文献)

- 1) 日本道路協会(1990):道路橋示方書IV 耐震設計編, 平成2年2月
- 2) 二宮, 常田:地震動波形の不規則性に関する基礎的研究, 第48回土木学会年次学術講演会概要集 平成5年9月
- 3) ISHIIHARA(1977):SIMPLE METHOD OF ANALYSIS FOR LIQUEFACTION OF SAND DEPOSITS DURING EARTHQUAKES, SOIL AND FOUNDATIONS, Vol.17, No3, Sept.1977
- 4) 東, 常田, 松本:外力の不規則性に関する繰返し非排水三軸試験, 第27回土質工学研究発表会発表講演集 平成4年6月