

九州電力株式会社 総合研究所 正員 赤司六哉 永津忠治
九州産業大学 工学部 正員 石堂稔 学生員 〇丸谷珍仁
電力中央研究所土木技術研究所 正員 緒方信英

1. はじめに

地震時における構造物の安全性を検討するに際しては、土の動的強度特性が把握されていなければならない。この動的強度特性を求める試験法は、液状化試験等と比べて立ち遅れているのが現状である。このため、今回は試験方法の項で述べる考え方によって軟岩の動的強度試験を行い、静的強度との比較検討からその動的強度特性を確かめた。

2. 試験方法

動的試験に用いた試料は、ブロックサンプリング法により採取した安山岩D級の乱さない試料10本である。供試体数に制限があるため、既存の研究結果から設計の安全性を考え、初期せん断応力 τ_0 の静的せん断強度 τ_f に対する比（初期せん断応力比） τ_0/τ_f を静的応力条件とし、その値が0.5以下の場合についてのみ試験を行った。試料の粒度曲線を図-1に、その物理諸定数と試験に用いた τ_0/τ_f を表-1に示す。 τ_f は静的三軸圧縮試験により同様な供試体について別に求めた。

今回の試験方法の載荷パターンを図-2(a, b)に示す。地震時においては地震前の静的応力状態（ τ_0/τ_f ）に動的応力が付加される。よって、円筒形（直径10cm、高さ約24cm）に成形した供試体を振動三軸圧縮試験機にセットし、排水状態で等方圧密を行い（A→B）、等方圧密がほぼ終了した後（B点）に、 τ_0 を付加した（B→C）。こうして静的応力条件（平均拘束圧および地盤内の静的せん断力）を再現し、軸方向のひずみがほぼ変化しなくなった後に、非排水状態で軸方向のみに応力振幅となる繰り返し荷重をN回載荷する。このとき生じた初期せん断応力載荷後からの最大ひずみを ϵ とする。以上の1 Stepにおいて破壊が生じない場合には、同一の振動数、繰り返し回数で次のStepに移行し、 ϵ を大きくして載荷する。以下供試体が破壊するまでこれを繰り返す。同様のことを他の供試体について異なる静的応

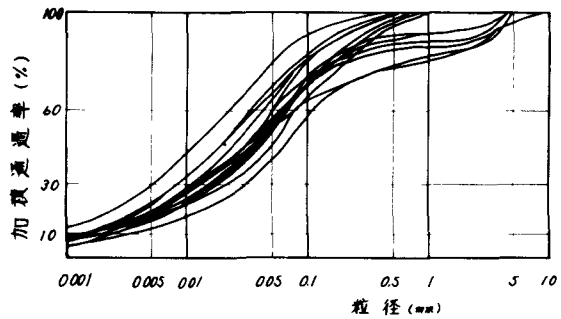
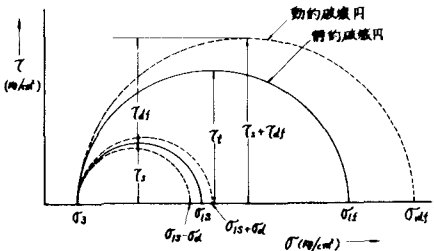


図-1 粒度曲線（安山岩D級）



τ_0 : 初期せん断応力
 τ_f : 三軸圧縮試験における静的せん断強度
 $\pm\tau_d$: 動的軸応力

図-2(a) 載荷パターン

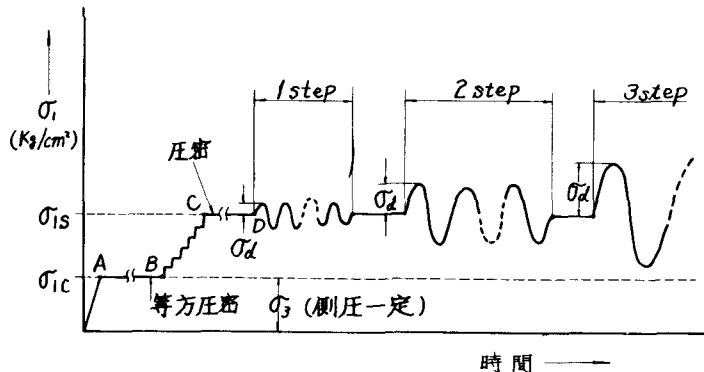


図-2(b) 載荷パターン

他の供試体について異なる静的応

表-1 試験結果一覧表

試料名		物理試験												動的強度試験																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		比重	含水比	粒 度 分 布						コンクリート境界						鉄試体の初期性状				制圧	静的引張強度 T ₀ (kg/cm ²)	初期変形率		動的破壊力 Q _{1/2} (kg/cm ²)	T ₀ +T ₀₁ (kg/cm ²)	T ₀ /T ₀₁																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				最大粒径 (mm)	水分 (%)	砂分 (%)	細砂分 (%)	粘土分 (%)	均等係数 U _C	曲率係数 U _C	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数	高弾性率 T ₂ (kg/cm ²)	T ₁ 弾性率 (kg/cm ²)	間け比 C ₁	弾性率 E ₀ (%)	T ₀ /T ₀₁ (kg/cm ²)	T ₀ /T ₀₁ (kg/cm ²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
岩種	岩級	G _s	W (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

* $C = 2.95 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 31^\circ$ として算出

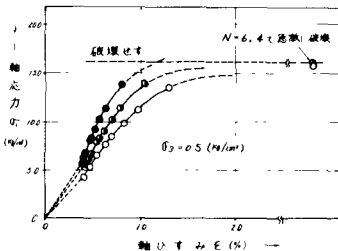


図-3(a) 応力-ひずみ曲線

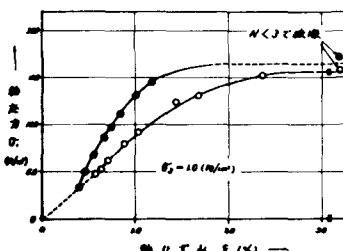


図-3(b) 応力-ひずみ曲線

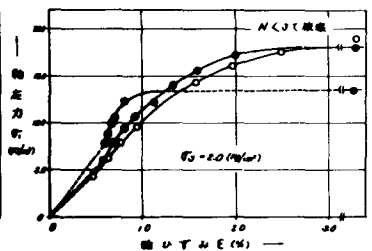


図-3(c) 応力-ひずみ曲線

力条件のもとで、同一載荷条件について行った。繰り返し荷重は、地震応答計算結果を参考にして、各Stepにおいて、 $N = 10$ 回、振動数 $f = 2 \text{ Hz}$ の正弦波状のものをを使った。

3. 結果および考察

試験結果を表-1、図-3 (a, b, c), 4, 5 に示す。実験に先立ち設定した最大応力 (静的強度の約2倍) の載荷において、3本の供試体が破壊しなかったため、破壊した供試体7本についてのみ試験結果を整理した。図-4は、動的破壊時の応力円を各側圧毎に描いたもので、静的三軸圧縮試験から得られた破壊線も併記してある。この図から、動的強度は一例を除けば他はすべて静的強度よりも大きいことがわかる。図-5は、横軸に初期せん断応力比、縦軸に動的強度の静的強度に対する比をとって、それらの関係を示したものである。この図から初期せん断応力比の変化が0.5以下において、動的強度は、一例を除くと静的強度の約1.2倍あることがわかる。さらに、初期せん断応力比が小さくなると、動的強度の静的強度に対する比はやや小さくなる傾向にあるが、静的強度よりも小さくなることはないと思われる (図中の破線参照)。また、動的強度の静的強度に対する比は、あまり側圧の影響を受けない結果が得られた。

(参考文献) 石原研而著「土質動力学の基礎」昭和51年

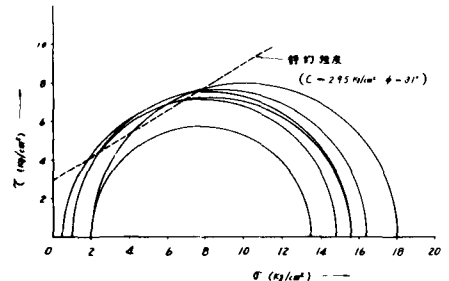


図-4 動的破壊応力円

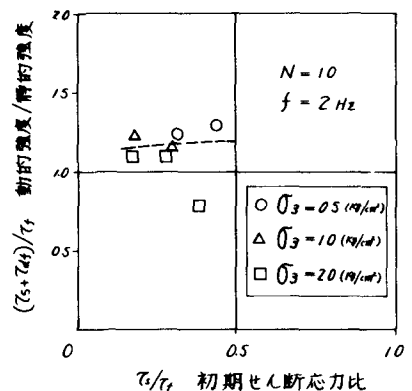


図-5 動的強度と初期せん断応力比