

振動荷重下にある粘土の強度特性について

京都大学防災研究所 正員 八木則男
 京都大学防災研究所 正員 ○行友 浩

1. まえがき： 本研究は地震時の巨大構造物下の地盤や動力機械基礎下の地盤が受ける振動荷重および交通荷重などを対象にした動的荷重を、振動三軸試験機を用いてシミュレートし、振動荷重下にある粘土の強度特性について実験的な研究の考察を行なうものである。すなわち、粘土の三軸供試体に水平方向および鉛直方向から正弦波に近い圧力波を作用させ、そのときの応力、ひずみ、間げき水圧の測定値から振動圧力振幅の変化による粘土の強度を、静的な強度の考えにもとづいて考察する。静的な土のせん断強度、 τ_s はHvorslev-Coulombの破壊基準に従えば、 $\tau_s = C + \sigma' \tan \phi$ で表わされる。ここに $\sigma' = \sigma - u$ 、 σ' ：有効鉛直応力、 u ：間げき水圧、 ϕ ：真の内部摩擦角、 C ：真の粘着力。すなわち、 τ_s は C 、 ϕ 、 σ 、 u の4つの要素に関係する。そして動的な荷重が作用した場合のせん断強度、 τ_d は静的な荷重が作用した場合のせん断強度、 τ_s よりも小さいことが一般に知られている。この動的な場合のせん断強度の低下が、上記の4つの要素のうち、どれにもっとも支配されるかをみきわめることは、土の動的な設計を行なううえに重要なことである。本研究では、特に振動圧力振幅が τ_s に与える影響について実験的に求められた結果を報告する。

2. 試料、供試体、実験装置： 試料は、大阪の沖積粘土と京大防災研究所構内の淡水性粘土を混合し、大型圧密容器を用いて1kg/cm²の圧密圧力で圧密したのりかえし試料を、直径φ65cm、高さ8cmの内柱形に成形し、三軸セル内にセットする。実験装置は振動三軸試験機⁽¹⁾である。試料の物性は、比重：2.72、自然含水比：41%、LL：43%、PL：25%、粘土含有量：30%である。

3. 実験条件： ①圧密非排水三軸圧縮試験である。② C 、 ϕ を求めるために、正規圧密状態、過圧密状態において、含水比を同じにした。すなわち、正規圧密粘土に対しては、2kg/cm²の等方圧密圧力で圧密し、過圧密粘土に対しては、等方圧3kg/cm²で圧密したものを0.42kg/cm²の等方圧で膨潤させる。③実験は段階荷重による応力制御式の破壊試験であり、一段階の載荷時間を10分間、その載荷重幅は破壊強度の約13～15等分した値を選んだ。④軸圧（主応力差）と周圧の振動波の位相差は0とし、その圧力振幅の比は2である。⑤全試験を通じて振動数は10cpsとし、その振動波形は正弦波に近いトロコイド波である。⑥圧密および膨潤後、1kg/cm²のバックプレッシャーを与える。

4. 実験結果および考察： 以下の実験結果は、すべて一振動周期の平均値によって整理されており、破壊ひずみは18%に定めた。図-1は正規圧密粘土の応力-軸ひずみ関係を示したものであるが、図から明らかなように、振動圧力振幅が増加するにつれて、任意のひずみに対する主応力差は小さくなっている。これは過圧密の場合にも同様であった。振動圧力振幅の強度に与える影響を調べるため、縦軸に τ_d と τ_s の比、横軸に軸圧の振動圧

力振幅をとれば図-2となる。つまり、正規圧密粘土、過圧密粘土とも振動圧力振幅の増加とともにほぼ直線的に強度低下をおこす。この原因は、 C_e , ϕ_e , σ'_v の低下であり、以下、それぞれについて検討する。図-3は平均の間げき水圧、 $\bar{U}$ と平均の主応力差、 $\sigma'_1 - \sigma'_3$ との関係を軸圧の振動圧力振幅、 $A_p(\sigma'_1 - \sigma'_3)$ をパラメータに、正規圧密粘土と過圧密粘土について示したものである。正規圧密粘土の場合は、振動圧力振幅が増加するにつれて、大きい正の間げき水圧を発生し、過圧密粘土の場合は、ほとんど変化しない。これは、静的試験において、正規圧密粘土では正方向、過圧密粘土では負方向に発生する間げき水圧が、動的試験では、両方とも正方向の間げき水圧を発生することを示しており、それが強度低下の一因となっていることがわかる。図-4は縦軸に $\bar{U}$ 、横軸に $\sigma'_1 - \sigma'_3$ をとった有効応力表示による応力経路図である。X印は45°面上の破壊時の平均のせん断強度、Y印はその最小と最大の値を示し、それらを結ぶ細い実線は、破壊時に供試体が受けている応力の方向と大きさを示している。この図から C_e , ϕ_e について考察する。Hvorslevの C_e , ϕ_e は、図の破壊線の縦軸との切片と勾配であり、平均の値を用いて動的試験の C_e , ϕ_e を静的な場合と同様に求めることができるとすれば、それぞれの振動圧力振幅における正規圧密と過圧密のX印を結んだ線を、それぞれの振動圧力振幅における破壊線と考えることができる。応力制御試験であるための破壊強度のバラツキと、二点と結ぶことによるデータの整理方法などに問題はあると思われるが、このデータから C_e , ϕ_e の変化を考察すれば、振動圧力振幅の増加によって、 C_e はほとんど変化せず、 ϕ_e が減少する傾向にあることがいえる。

5. むすび： 振動圧力振幅の増大は、粘土

のせん断強度を低下させ、その原因が、正の間げき水圧の増加と真の内部摩擦角の減少にあることが考えられる。図-5の ϕ_e の変化は、この実験結果から求められたもので、今後の実験によって、もっと十分な検討を行なうつもりである。

参考文献

(1)村山翔郎, 八木則男, 小沢良夫, 石崎肇士; 土の振動三軸試験, 土質工学会第10回シンポジウム, 昭40, pp13~135.

