

建設省土木研究所 正員 龍岡文夫
建設省土木研究所 学生員 堀内俊一

§ 緒言

筆者らは、これまでに共振法土質試験機を用いた砂の動的変形特性を求める実験を行、てきて、主にせん断変形係数について報告してきた。(1), (2), (3) 今回は、種々の砂の減衰特性について報告する。

§ 砂の減衰特性の表現

砂の内部の減衰は、応力歪関係が非線型であるために生ずる。従、て砂の中を伝播する波の振動減衰は、砂の粘性減衰ではなく、履歴減衰性によるものと考えてよいから、図-3のように定義した履歴減衰係数 η で、砂の減衰特性を表現する。一方、共振法土質試験は、図-1の応力状態で行なう。図-2は、解析モデルであり、上端に一定の質量を付加してあり、ねじり振動力の周波数を制御して共振状態を作り出し、引き続き自由振動を生じさせ、上端での振動減衰を測定することによって、対数減衰率 Δ_t を求める。測定された Δ_t は、図-2であらわされた系の振動減衰性をあらわして、一般には、その構成物質の減衰特性との直線的な関係はない。しかし、供試体を、(1)式であらわされる応力・歪関係を持つ線型物質と仮定すると、その履歴減衰係数 η は(2)式であらわせ、(1)式を用いた系の自由振動の解から(3)式が求まる。このことは、系の対数減衰率は、供試体の履歴減衰特性にのみより、供試体の形状、密度、付加質量の大きさ、境界条件、振動回数にはよらないことを意味しており、 Δ_t から直接、砂の履歴減衰係数 η が求まることを意味している。

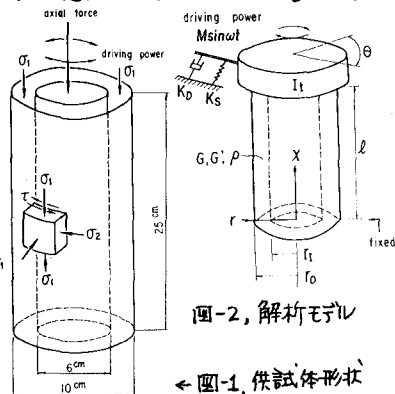


図-2, 解析モデル

← 図-1, 供試体形状

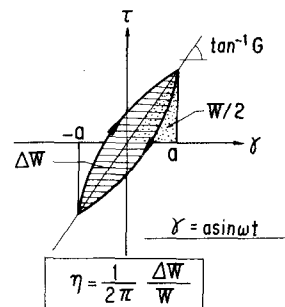


図-3, 履歴減衰係数 η の定義

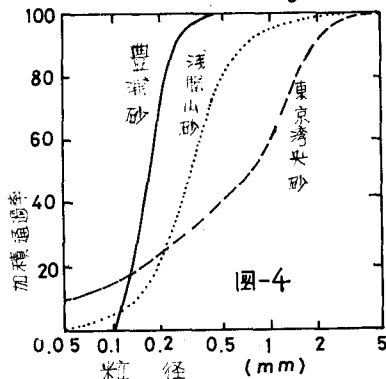


図-4

(1)式 ... $\sigma = (G + iG')\gamma$ σ, γ = 複素表現のせん断応力, 歪,
 G = 弾性をあらわす定数, G' = 減衰をあらわす定数
 (2)式 ... $\eta = \frac{G'}{2G}$ (3)式 ... $\Delta_t = 2\pi\eta$

§ 実験結果

図-4, 及び下表に示してある三種の砂(豊浦砂, 浅間山砂, 東京湾央砂)について実験を行った。東京湾央砂は、東京湾深さ35mの所から採取した洪積層の資料を完全に乱したものであり、5mm以上の粒径分をカットしてある。実験は、 $\sigma_1/\sigma_3 = 1.0$ の状態で行った。

図-5は、 η とせん断歪振幅 γ との関係を示したものであり、 η は、 $\gamma = 5 \times 10^{-5}$ あたりから急に増加しはじめること、同じ γ なら、拘束圧

表-1, 砂の物理定数

	G_s	D_{10}	D_{60}	U_c	$d < 0.075^{mm}$	e_{max}	e_{min}
豊浦砂	2.641	0.12 ^{mm}	0.145 ^{mm}	1.21	0.0 %	0.953	0.686
浅間山砂	2.695	0.16	0.38	2.37	3.3	0.961	0.484
東京湾央砂	2.740	0.06	1.00	16.7	12.5	0.870	0.382

が大きい程、 η が小さいこと、同じ
 γ , $p = \frac{1}{3}(\sigma_1 + 2\sigma_3)$ なる、間隙比の
 大きさによらないこと、が分る。
 以上の事は、既に、豊浦砂、浅間
 山砂についても確認されている。^{(1), (2)}
 しかし、同じ、 γ , p , e でも、 η
 は、砂の種類によって、かなり値
 が変わる様である。図-6には、
 η と p の関係を三種の砂について
 示してあるが、東京湾中央砂と浅間
 山砂は、ほぼ同じ η の値を示すが、
 豊浦砂ではその $1/2$ の値の η であ
 る。又、 p の値の影響は $\gamma = 10^{-5}$
 のときより、 $\gamma = 10^{-4}$ のときの方が
 はるかに大きくなっている。

考察

η が、どのような砂の性質の差
 によって変化するのか、明確な事は、分か
 らない。ただ、豊浦砂は、粒形が丸く、こ
 シルト分を含んでいないが、浅間山砂、東京湾
 中央砂は、粒形がやや角ばっており、シルト分を
 含んでいる違いがある。豊浦砂とほぼ同じ
 粒形、粒径、 e を持つオタワ砂の η は、
 Hardin (1965)⁽⁴⁾ によると、次式であらわせる。

$$\eta = \frac{1}{10} \gamma^{0.2} p^{-0.5} \dots (4)$$

両者の η の値が、ほぼ一致することから、
 η の値は、シルト分の含有の有無、粒子形状
 によって変化する可能性があることが分る。

まとめ

- (1) 同じ砂では、履歴減衰係数 η は、間隙比
 の大きさによらない。
- (2) シルト分を含む場合、粒子形状が角ばる場合
 は、 η が大きくなる可能性がある。

本研究をすすめるにあたって御指導して下
 された栗林栄一室長、建研岩崎敏男室長、
 振動研、吉田精一氏、千葉工大福留義文氏に
 感謝します。

参考文献 (1) 岩崎・龍岡・堀内 (1974, a) "砂質資料の動的変形係数の一測定法" 土木学会第一回関東大会
 (2) 岩崎・龍岡・堀内 (1974, b) "共振法土質試験装置による土の動的変形特性" 第9回土質工学会、3) 栗林・岩崎・龍岡・堀内 (1974,
 c) "砂の動的変形特性に及ぼす応力状態の影響" 第13回地震工学会 4) Hardin, (1965) "The Nature of Damping in Sand" ASCE, 101, 915-916

