

地震時主働土圧に対する裏込め粗石層の影響

山口大学工学部 正会員 大原資生
 山口大学工学部 正会員 松田 博
 広島市役所 正会員 ○竹重弘行

1. まえがき 現在、岸壁などの背後には裏込め粗石層が設置されているが、これは透水性の増大による残留水位の低下、内部摩擦角の増加による土圧の軽減などを目的としている。しかし、裏込め粗石層が地震時土圧に及ぼす影響については、実測例及び実験例が少なく、今だ不明な点が多く残されている。

地震時土圧の計算には、物部一岡部の計算式が広く用いられているが、裏込め土の均一性を前提としているために、裏込め粗石層を設けた場合には適用できない。松沢らは裏込め粗石層を設けた場合の地震時主働土圧の計算式を、震度法を応用して提案している。また、著者の一人は従来から岸壁に作用する地震時土圧を裏込め地盤を弾性体とみなして計算し、その結果を実験結果と対比、考察してきた。

今回は、裏込め粗石層が地震時主働土圧に及ぼす影響を調べることを目的とし、砂槽内に裏込め地盤を作り可動壁の3種の移動形態について振動実験を行なった。そして得られた結果を考察するとともにいくつかの理論式と比較、検討した。

2. 実験 図-1に実験装置を示す。砂槽はジュラルミン製で、内法寸法は、高さ、幅、長さがそれぞれ、97cm×98cm×180cmである。一方の壁は可動壁となっており水平方向に3個、鉛直方向に2個の荷重交換器により支持され、土圧合力、着力点、壁面摩擦角が測定される。また、可動壁はギヤの比を変えることにより、図-2に示すような3種の移動形態（下端ヒンジ移動・上端ヒンジ移動・平行移動）が可能となる。

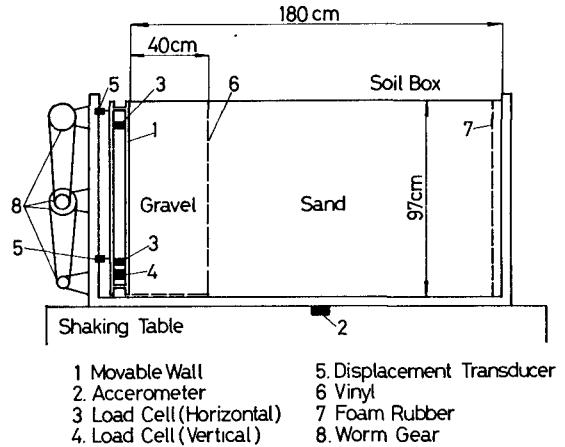
この砂槽を振動台上に可動壁面が振動方向と直角になるように固定し、粗石及び乾燥砂を入れて模型裏込め地盤を作り周期 1.0sec の正弦波状加速度の水平振動を与えた。そして可動壁を所定の移動形態で外側に変位さし、可動壁に作用する地震時主働土圧合力、着力点、壁面摩擦角を測定した。加速度は水平震度で 0.3、0.2、0.1、0 とした。

試料には、気乾状態の豊浦砂及び中粒の粗石を用いた。その物理定数を表-1に示す。

3. 弾性理論解 裏込め粗石層のある裏込め地盤を図-2に示すように密度、弾性常数の異なる2種の弾性体から成るものとする。この裏込め地盤が $K_h \cdot g \cdot \cos \phi t$ なる水平加速度を受けるとすれば、運動方程式は次式となる。

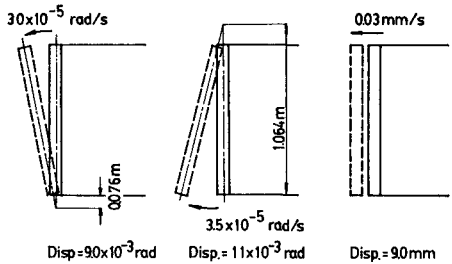
$$\partial^2 u_1 / \partial t^2 = (C_{11})^2 \cdot \partial^2 u_1 / \partial x^2 + (C_{21})^2 \cdot \partial^2 u_1 / \partial y^2 + K_h \cdot g \cdot \cos \phi t \dots (1)$$

$$\partial^2 u_2 / \partial t^2 = (C_{12})^2 \cdot \partial^2 u_2 / \partial x^2 + (C_{22})^2 \cdot \partial^2 u_2 / \partial y^2 + K_h \cdot g \cdot \cos \phi t$$



- 1 Movable Wall
- 2 Accelerometer
- 3 Load Cell (Horizontal)
- 4 Load Cell (Vertical)
- 5 Displacement Transducer
- 6 Vinyl
- 7 Foam Rubber
- 8 Worm Gear

図-1 実験装置



(A). Rotation about Toe (B) Rotation about Top (C) Translation

図-2 可動壁の移動形態

表-1 物理定数

	Toyoura Sand	Medium Gravel
Gs	2.648	2.700
Uc	1.55	2.89
D50 (mm)	0.17	11.50
Dmax (mm)	0.84	25.40
C (kN/m ²)	0	0
φ (deg)	34.2	45.9
γ (kN/m ²)	14.1	13.5

ここで、 u_1, u_2 は各媒体の水平変位、 C_{11}, C_{12} は縦波の伝播速度、 C_{21}, C_{22} は横波の伝播速度、 $\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2$ はラーメの常数、 ρ_1, ρ_2 は密度である。

境界条件は両面が壁面、下端が固定で上端が自由とすると次のようになる。

- (a) $y=H; \partial u_1 / \partial y = \partial u_2 / \partial y = 0$ (b) $y=0; u_1 = u_2 = 0$ (c) $x=-b; u_1 = 0$
 (d) $x=a; \partial u_2 / \partial x = 0$ (e) $x=0; u_1 = u_2, (C_{11})^2 \cdot \partial u_1 / \partial x = (C_{12})^2 \cdot \partial u_2 / \partial x$

(1)式をこれらの境界条件のもとで解くことにより、岸壁に作用する振動土圧(振動による土圧の動的増加量で、地震時主働土圧は静的主働土圧と振動土圧の和と考えられる)を得る。

$$(v)_{x=-b} = (C_{11})^2 \cdot \rho_1 \cdot \Sigma [\alpha_{1m} \cdot \{-A_{1m} \cdot \exp(\alpha_{1m} \cdot b) + B_{1m} \cdot \exp(-\alpha_{1m} \cdot b)\} \times \sin\{(2 \cdot m + 1) \cdot \pi \cdot y / (2 \cdot H)\}] \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $\alpha_{1m}, A_{1m}, B_{1m}$ は各モードにおける積分定数である。

図-4に裏込め粗石層を設けた場合のこの理論式の計算結果を示す。ここで、 B/H (裏込め比)とは粗石層の幅 B と壁高 H の比である。 $(Ts)_B / (Ts)_{B=0}$ (裏込め係数)とは、裏込めが砂のみの場合の振動土圧合力 $(Ts)_{B=0}$ に対する裏込め粗石層を設けた場合の振動土圧合力 $(Ts)_B$ の比である。この図によれば、振動土圧合力は、裏込めが砂のみの場合に比べ、裏込め粗石層を設けると増加することになる。

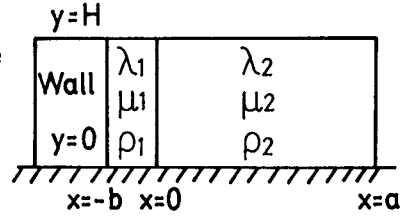


図-3 裏込め地盤

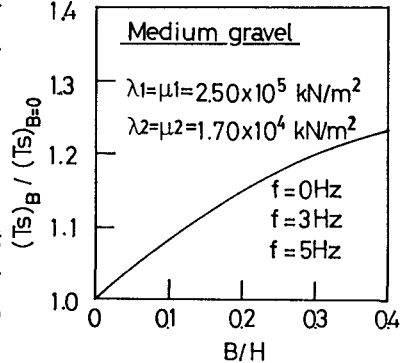


図-4 裏込め比-裏込め係数

4. 実験結果 図-5は裏込めが砂のみの場合、裏込め粗石層を設けた場合の水平震度と地震時主働土圧合力の関係を示したものである。また、上述の弾性理論解、松沢の式、物部一岡部の式による計算値も実験値との比較のため図中にあわせて示す。ただし、弾性理論解は振動土圧合力であるので、静的主働土圧合力には、松沢

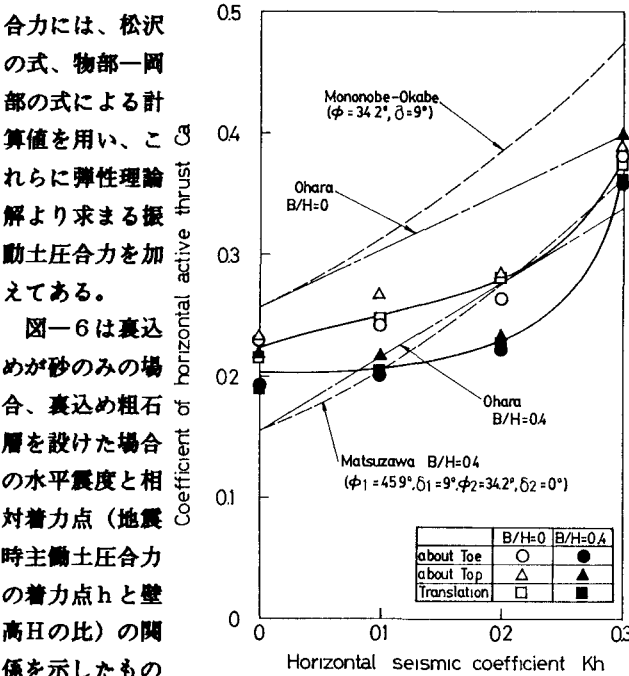


図-5 地震時主働土圧合力

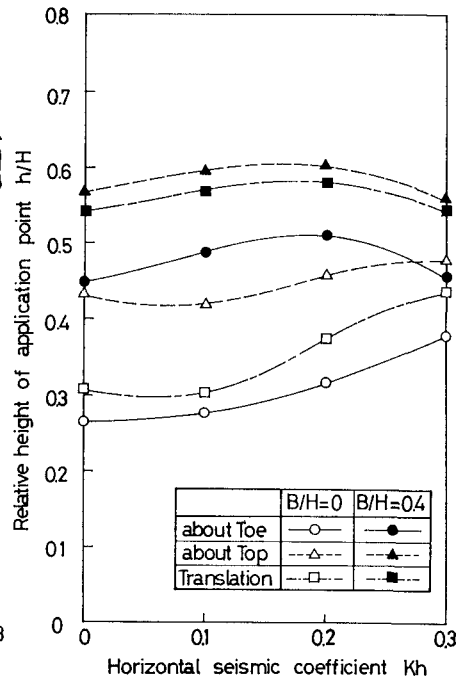


図-6 相対着力点