

地震時主働土圧に対する裏込め粗石層の影響に関する研究

山口大学工学部 正 大原資生, 正 松田 博, 〇学 竹重弘行

1 まえがき 岸壁などの裏込め粗石層は、裏込めの残留水位を低下し、岸壁背面に作用する水圧をできるだけ小さくすることと、岸壁に接する裏込めを内部摩擦角の大きい良質の材料にすることによって、その背面に作用する土圧を軽減するという二つのことを期待して設けられる。しかし、裏込め粗石層の土圧軽減に果す効果は十分に明らかになっているとは言い難く、特に岸壁の設計に必要な地震時土圧に対する影響には不明点が多い。

松沢らは、深さ 55 cm の振動砂層を用いた模型実験を行い、裏込め粗石層を設けることにより主働土圧で約 40%、地震時主働土圧で約 20% の土圧の軽減効果が認められるとの結論を得ており、震度法を用いての計算式を提案している。

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の設置による地震時土圧の変化について、深さ 0.5 m の砂槽を用いて模型実験を行うとともに、裏込め粗石層及び裏込め地盤を弾性体とみなしての計算を行い、両者を比較、検討した。

本文では、おもにこのことについて述べるが、さらに裏込め粗石層を設ける場合に、粗石の代りに適当な産業廃棄物を用いて土圧を軽減する方法を模索することを考え、硬質ゴム球を用いて裏込め粗石層を作った場合と想定しての模型実験を行い、その場合の理論的裏付けを行ったので併せて発表する。

2. 実験 振動台及び砂槽を用いて模型実験を行った。振動台上に固定された砂槽に粗石材及び乾燥砂を入れた岸壁裏込め地盤の模型を作り、周期 0.3 sec の正弦波状加速度を加え水平震動を与えた。そして下端がヒンジとなっている振動方向に直角な可動壁を外側に壁上端で 3.0 mm、0.03 mm/sec の速度で変位させ、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、0.1、0.2、0.3、0.4 とした。

図-1 は砂槽で、これは過去の実験にも度々使用してきたもので、深さ、幅、長さそれぞれ 0.5 m x 0.5 m x 0.98 m であり、厚さ 6 mm のジュラルミン板を補強して作られている。一方の壁が可動壁となっており、水平方向に 3 個、鉛直方向に 2 個の荷重計で支持され、壁に作用する土圧合力、着力点、壁面摩擦角が測定できる。

試料は、気乾状態の豊浦砂、裏込め材としては中粒の粗石と直径 1.4 cm の硬質ゴム球を用いた。それらの物理定数は表-1 に示した。

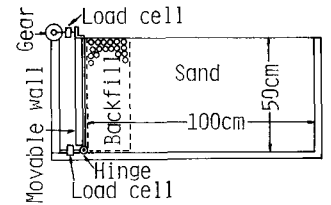


図-1 砂槽

表-1 物理定数

	Toyoura sand	Medium gravel	Rubber ball
Gs	2.64	2.70	1.09
Uc	1.56	2.89	---
D ₅₀ (mm)	0.196	11.50	17.70
D _{max} (mm)	0.840	25.40	---
C (kN/m ²)	0	0	0.16
φ (deg)	34.8	50.5	28.8

3. 理論解析 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、弾性定数の異なる 2 種の弾性体から成り立つものとする。この裏込め地盤が水平震度 k_h の加速度を受けたとすると、その運動方程式は次式となる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} &= C_{11}^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + C_{21}^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} + k_h g \cos pt \\ \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} &= C_{12}^2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + C_{22}^2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} + k_h g \cos pt \end{aligned} \right\} (1)$$

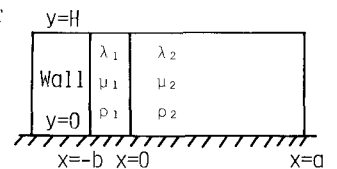


図-2 裏込め地盤

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、 $\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2$ はラーメの定数、 ρ_1, ρ_2 は密度である。ただし $C_{11}^2 = (\lambda_1 + 2\mu_1)/\rho_1, C_{12}^2 = (\lambda_2 + 2\mu_2)/\rho_2, C_{21}^2 = \mu_1/\rho_1, C_{22}^2 = \mu_2/\rho_2$ 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き次のようになる。

$$(i) y = H, \frac{\partial u_1}{\partial y} = \frac{\partial u_2}{\partial y} = 0, (ii) x = -b; u_1 = 0, (iii) x = a, \frac{\partial u_2}{\partial x} = 0,$$

$$(iv) y = 0, u_1 = u_2 = 0, (v) x = 0; u_1 = u_2, C_{11}^2 \frac{\partial u_1}{\partial x} = C_{21}^2 \frac{\partial u_2}{\partial x}$$

これらを解くことにより、壁面に作用する振動土圧（振動による土圧の増加量であり、地震時主働土圧は、静的主働土圧に振動土圧を加えたものとなる）を得る。

$$(0)_{x=-b} = C_{11}^2 \rho_1 \sum_{i=1}^m (-A_{1m} e^{\alpha_{1m} x} + B_{1m} e^{\beta_{1m} x}) S_{TII} \frac{(2m+1)\pi y}{2H} \quad (2)$$

ここで用いた弾性定数は実験により求め、計算にはNEC-8800を用いた。図-3にこの理論式の計算結果を示す。(a)図が裏込めに粗石を設けた場合であり、(b)図が裏込めに硬質ゴム球を用いた場合である。ここで B/H （裏込め比）とは、裏込め粗石層の幅 B と壁高 H の比であり、 $(T_s)_B / (T_s)_{B=0}$ （裏込め係数）とは、裏込め粗石層のない場合の振動土圧合力 $(T_s)_{B=0}$ に対する裏込め粗石層のある場合の振動土圧合力 $(T_s)_B$ との比である。この図より、裏込めが粗石の場合振動土圧は、裏込め比の増加に伴って増大し、裏込めが硬質ゴム球の場合、振動土圧は裏込め比の増加に伴って減少することがわかる。すなわち、振動土圧は、裏込めが砂だけの場合に比べ、粗石層を設けると増加し、硬質ゴム球を設けると減少することになる。

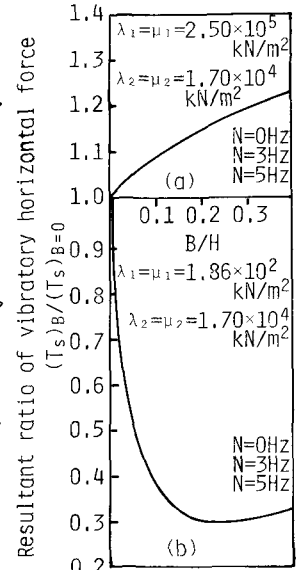


図-3 理論式による裏込め比と裏込め係数の関係

4. 実験結果

図-4、図-5はそれぞれ、裏込めに、粗石層、硬質ゴム球層を設けた場合の地震時土圧合力と水平震度との関係を示したものである。また上述の弾性理論解の他に、物部一岡の式、松沢の式、さらに現行の設計指針である港湾設計基準による式との比較のため、図中にそれらを示した。

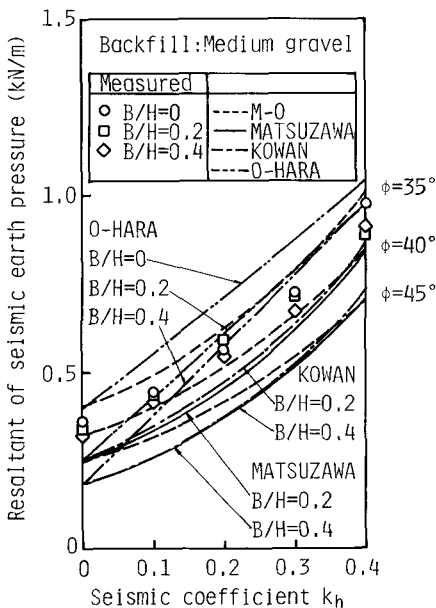


図-4 地震時主働土圧合力（粗石層）

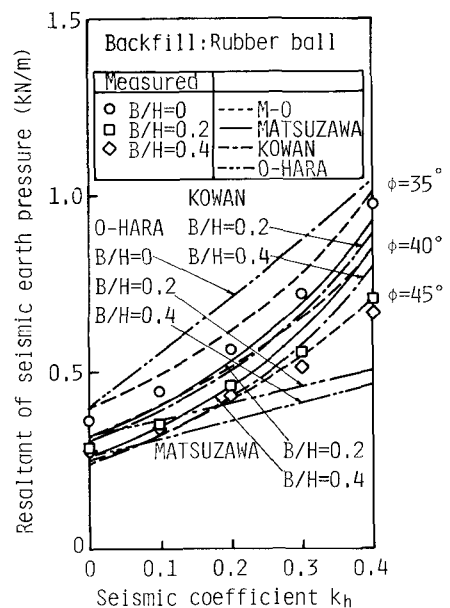


図-5 地震時主働土圧合力（硬質ゴム球層）