

重力式擁壁の地震時挙動とその予測法について —擁壁の滑動・沈下・回転を考慮した地震時変位計算法の検証—

国土交通省土木研究所 正会員 ○斉藤由紀子、松尾 修、岡村未対、中村伸也

1. はじめに

擁壁の地震時の安定検討に関して、大規模地震に対応した合理的な設計を行うためには、静的な力の釣り合いによる安全率照査のほかに、地震時変形量を考慮した設計法の導入が必要である。

岡村らは、擁壁を水平地盤上の剛体基礎の支持力問題ととらえて、既往の支持力理論を応用し、擁壁の水平、鉛直、回転変位を同時に求める手法を提案している¹⁾。本論文では、岡村らの地震時における擁壁変位予測手法を遠心模型実験結果²⁾に適用したので報告する。

2. 遠心模型実験

擁壁の変位計算に用いた遠心模型実験の条件を図-1、表-1に示す。実験は、遠心加速度 30G の下で行ったが、本論文の数値はすべて実物換算して表している。支持地盤と裏込め地盤は気乾状態の豊浦砂(相対密度 86%)であり、支持地盤の厚さは 3m である。また、三軸圧縮試験(CD 試験)より得られた内部摩擦角は、 $\phi_{peak}=41^\circ$ 、 $\phi_r=35^\circ$ であった。擁壁の壁面に作用する土圧は、擁壁の背面、底面、前面に取り付けた 2 方向ロードセルを、擁壁の水平・鉛直変位はレーザ式変位計を用いて計測した。ケース 1 と 6 の主な違いは、底版幅 B の大きさである。実験結果の詳細は、文献 2) を参照されたい。

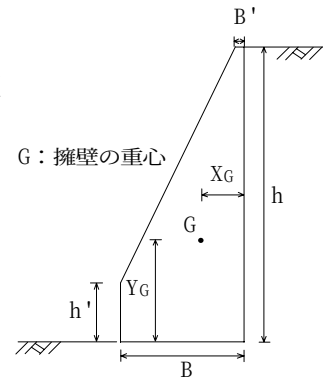


表-1 遠心模型実験の条件

	擁壁形状				擁壁質量 m (t/m)	重心位置		相対密度 D_r (%)	加振条件	加振加速度 (G)
	h (m)	B (m)	h' (m)	B' (m)		X_G (m)	Y_G (m)			
case1	9.00	3.75	1.80	0.45	51.4	1.335	3.165	86	正弦波2Hz	0.13, 0.20, 0.27, 0.33, 0.40
case6	9.00	3.00	1.80	0.45	41.9	1.165	3.146	86	正弦波2Hz	0.13, 0.20, 0.27

図-1 擁壁模型

3. 変位計算法の入力データ

変位計算に必要なデータは、①擁壁形状・質量(表-1)、②擁壁に作用する外力(擁壁の前面、背面から受ける土圧と擁壁の慣性力、図-2)、③支持力破壊局面、変位ポテンシャル面(変位増分方向を定める曲面)の大きさ・形状を決める定数 μ 、 ψ と支持地盤の ϕ_{peak} である。②は、遠心模型実験で測定した擁壁前面と背面の土圧およびせん断力の実測値と、入力加速度 (α) の実測値から求めた擁壁の慣性力との合力とした。③の定数 μ 、 ψ は、支持力破壊局面と変位ポテンシャル面について、それぞれ個別に規定することができるが、今回は同じ値を用いて計算を行った。なお、 μ は擁壁底面と支持地盤の間の摩擦係数を表している。

鉛直荷重 V

$$V = (-m\alpha + P_H - P_{H'}) \cdot \sin \theta + (mg - P_V + P_{V'}) \cdot \cos \theta$$
 水平荷重 H

$$H = (-m\alpha + P_H - P_{H'}) \cdot \cos \theta + (mg - P_V + P_{V'}) \cdot \sin \theta$$
 モーメント荷重 M (底版中心の O 点まわり)

$$M = P_H \cdot h_1 - P_{H'} \cdot h_2 + P_V \cdot B/2 + P_{V'} \cdot B/2 - m\alpha \cdot Y_G - mg \cdot (B/2 - X_G)$$
 m : 擁壁質量、 g : 重力加速度、 α : 入力加速度、 $P_H, P_{H'}, P_V, P_{V'}$: 壁面に作用する土圧、 h_1, h_2 : 土圧の作用高さ、 X_G, Y_G : 重心位置、 B : 底版幅、 θ : 擁壁の回転角

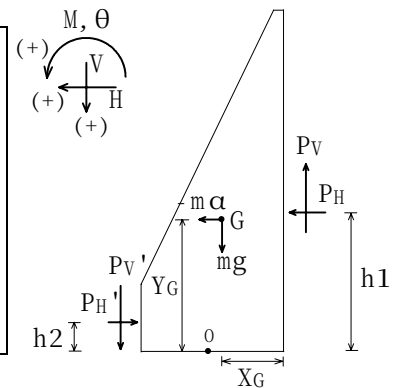


図-2 外力の求め方

擁壁、地震、変位量、遠心模型実験

〒305-0804 つくば市旭 1、Tel 0298-64-4969、Fax 0298-64-2576

表-2 計算条件

μ	ψ	図-3の凡例	
		case1	case6
0.57	0.35	△	▲
	0.40	▽	▼
	0.45	○	●

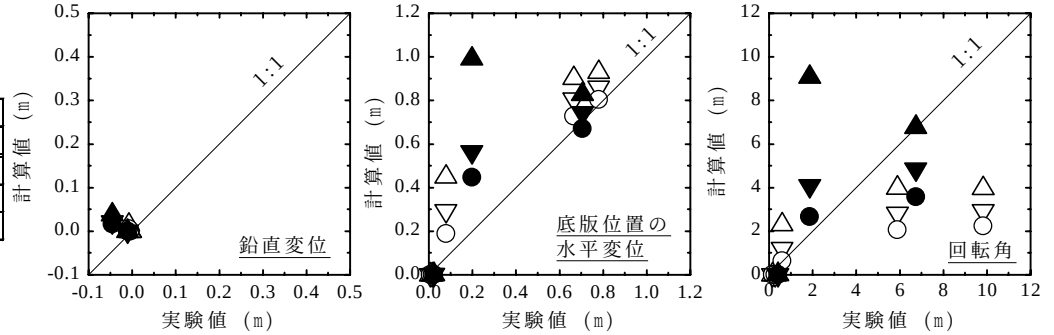


図-3 実験値と計算値の比較

3. 計算結果

変位計算の条件を表-2 に示す。既往の支持力実験結果によると、定数 μ は0.35～0.50 程度、 ψ は0.30～0.50 程度である。しかしながら、これらの定数は鉛直荷重レベル V/V_{max} (V_{max} : 鉛直支持力) が比較的大きな範囲の実験から得られたものであるのに対し、本実験での V/V_{max} は約 0.05 と極めて小さい。そこで、 μ は別途行った擁壁と支持地盤の摩擦試験結果から 0.57 とし、 ψ は 0.35～0.45 の範囲で 3 通りに変えて計算を行った。実験値と計算値の比較を図-3 に示す。ただし、実験での鉛直変位は、計測方法の都合上ケース 1 で 0.26G、ケース 6 で 0.20G の加振ステップまでしか計測できていない。底版位置の水平変位は、 ψ が 0.45 の場合に実験値と最も良く合っていることがわかる。一方、回転角は ψ が大きいほど小さくなり、底版幅の広いケース 1 については実験値との差が広がる結果となった。

$\mu=0.57$ 、 $\psi=0.45$ として計算で得られた変位量と加振加速度の関係を実験結果とともに図-4 に示す。底版位置の水平変位は、いずれのケースでも変位が生じ始める加振加速度、変位量の大きさともに非常に良く合っていることがわかる。ただし、実験での回転角は加振ステップが進むにつれて大きくなるのに比べ、計算では頭打ちになる傾向が見られた。

ケース 1 の $\mu=0.57$ 、 $\psi=0.45$ の結果について、計算値と実験値を時刻変化で比較したのが図-5 である。変位の漸増成分が直線的に増加していく様子が再現されている。

以上のように、本計算法は実験で測定された変位量と加振加速度レベルの関係 (図-4)、および加振中の変位 (図-5) を良く再現することができたが、計算結果は回転角をやや過小評価する傾向にあった。本計算法では、水平変位増分と回転変位増分の比が変位ポテンシャル面によって決まるので、本計算で用いた変位ポテンシャル面の形状については、改めて検討する必要があるものと考えられる。

4. まとめ

擁壁の水平、鉛直、回転変位を同時に求める地震時変位計算手法を、遠心模型実験に適用した結果、計算値は実験値をある程度再現することができた。今後の課題として、パラメータの設定方法、計算法の汎用性を検討するとともに、外力を簡易的に評価する手法を考案し、擁壁の地震時変位予測法を設計に取り込んでいきたい。

- 参考文献 1) 岡村未対、松尾修：土木学会第 56 回年次学術講演会、投稿中、2001。
2) 中村伸也、斉藤由紀子、松尾修：土木学会第 56 回年次学術講演会、投稿中、2001。

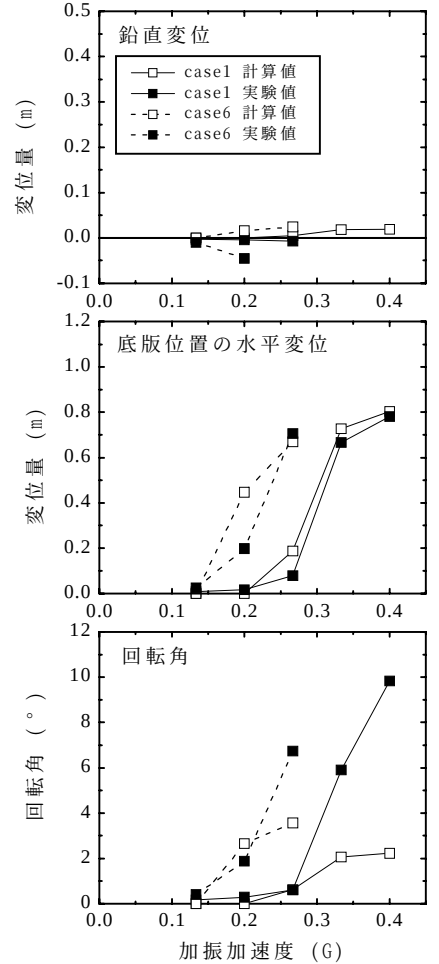


図-4 加振加速度と変位量
($\mu=0.57$ 、 $\psi=0.45$)

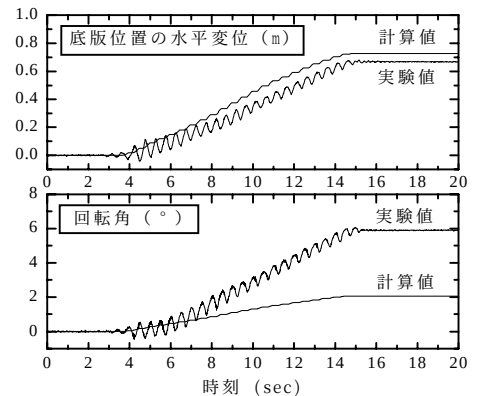


図-5 時刻例

(case1 0.33G : $\mu=0.57$ 、 $\psi=0.45$)