

地震時の擁壁とすべり土塊の相互作用に関する研究

鳥取大学大学院（学）○ 花房 卓司
 ㈱向井建設 （正） 粕谷 広史
 鳥取大学工学部（正） 榎 明潔

1. はじめに

本研究で提案されている地震時土圧の解析手法¹⁾では、擁壁背面に発生するすべり面に対して破壊条件式を適用し、力のつり合いと加速度の連続条件式²⁾を各接触面に対して用いることによって、地震時土圧の解析を行っている。（図-1 参照）従来の物部・岡部式では考慮されていなかった擁壁の変位、すべり土塊、擁壁の背面にすべり面が発生した後の加速度をそれぞれ考慮することができる。また、地震時に擁壁に働く土圧を考える上での問題となる点は大きく分けて、擁壁・すべり土塊の運動、擁壁に働く土圧、擁壁背面にできるすべり面の角度の三点である。この三点を同時に考慮すると問題が複雑になる。今回の実験では、剛塑性体ブロックモデルを用い、すべり面の角度を固定することによって問題点を擁壁・すべり土塊の運動、擁壁に働く土圧の二点に絞り実験を行った。

2. 地震時の擁壁・すべり土塊の運動モード

地震時の擁壁の運動とそれに働く土圧を考えると、擁壁・すべり土塊の運動モードを考える必要がある。まず、図-2に示す平面地盤上に置かれた剛塑性体ブロックモデルを考えると、地盤と剛塑性体ブロックのひとつの接触面に対して、相対静止、右すべり、左すべり、分離の四つの運動モードが考えられる。これを図-3に示す擁壁モデルで考えると、擁壁・すべり土塊、すべり土塊・地盤、擁壁・地盤の三つの接触面に対してそれぞれ四つの運動モードが考えられる。この運動モードには擁壁の転倒、擁壁底面での地盤の支持力破壊は考慮していないが全部で64通りが存在する。しかし、擁壁、すべり土塊、地盤の三要素が影響し合うと剛塑性体ブロックモデルでは物理的に存在し得ない運動モードがある。例としては、図-3において擁壁が地盤と相対静止の状態であるときすべり土塊が擁壁方向に変位する（左すべりをおこす）ことは出来ない。このように存在しない運動モード考えると、実際に起こり得るモードは、24通りであることがわかった。本研究では、この24通りの中の主動破壊モードについての実験を行う。

3. 主動破壊モード実験

<実験装置及び実験方法>

主動破壊モード実験を行うための装置として図-4に示す、すべり土塊・擁壁・すべり面を作成した。本装置は剛塑性体モデルブロックである。擁壁底面とすべり土塊底面には、一定の摩擦角 ϕ を与えるためにサンドペーパーを貼り付けている。本実験装置を振動台の上に設置し水平方向の加速度を与え、擁壁、すべり土塊、振動台の加速度、擁壁に働く土圧、擁壁の水平変位、すべり土塊の鉛直変位を測定した。計器は、加速度計、ロードセル、レーザー変位計を図-4に示す

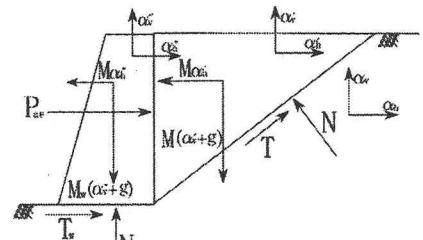


図-1 剛塑性体モデル

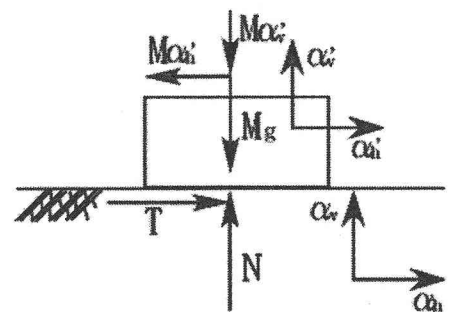


図-2 平面地盤上の剛塑性体ブロックの運動

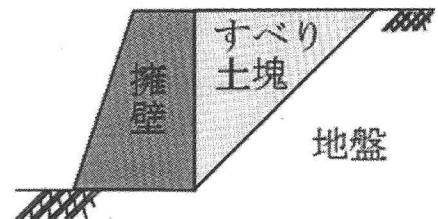


図-3 擁壁モデル

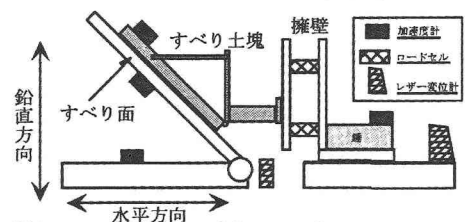


図-4 実験装置図及び計器設置図

ように設置している。また、測定された加速度には振動台の特性上、鉛直方向のノイズが加わってしまう。これを加速度データから取り除くために、60Hz の LPF を用いている。実験条件は表 - 1 に示す。また、初期条件がすべり土塊と振動台の水平相対速度が 0 であるとすると、 $\alpha_h' - \alpha_h > 0$ で主動破壊が開始し、破壊終了はすべり土塊、振動台の相対速度 $\angle V_h = 0$ となる条件を満たす領域で主動破壊領域と定め、それ以外の領域を一体運動領域とした。

<実験結果>

擁壁・振動台の水平方向加速度の実験値・解析値との比較、土圧の実験値・解析値との比較を図 - 5 に示す。主動破壊領域における加速度波形の比較では、擁壁のすべり出し加速度、すべり終わり加速度ともにほぼ実験値が解析値と一致しているといえる。土圧に関しても主動破壊領域において、実験値が解析値と一致することがわかる。また、擁壁・すべり土塊との水平方向の加速度の連続条件に関しても図 - 6 より条件が満たされていることがわかる。以上の結果より、剛塑性体ブロックモデルにおいて実験的にも本提案式が成り立つことが証明できたといえる。

4. すべり面角度の推定方法

本実験は、すべり面の角度を 45° に固定し問題を単純化して行っている。しかし、擁壁背面に砂を用いて実験を行うとすべり面の角度を判定することは困難である。そこで、すべり面角度を θ とすると、すべり土塊と地盤とのすべり面鉛直方向の加速度の連続条件式より $\theta = \tan^{-1} \left\{ (\alpha_v' - \alpha_v) / (\alpha_h' - \alpha_h) \right\}$ と出来る。本実験の測定データを用い、この式のカッコ内の分母分子をそれぞれ x 軸・y 軸とし、相対鉛直加速度のばらつきの影響を軽減するために相対加速度を移動平均処理し表した結果を図 - 7 に示す。振動台とすべり土塊の相対水平・鉛直加速度の関係より、傾きはほぼ 45° となっている。この結果は、本実験がすべり面角度を 45° に固定しておこなっていることから当然の結果であるが、実際の地盤に置き換えると、すべり土塊と地盤の加速度を測定することが可能ならば擁壁背面に発生するすべり面の角度を求めることが出来る。

5. 結論

- ① 本提案式は、主動破壊モードにおいて実験的に成り立つ。
- ② 実際の地盤においても加速度の連続条件式を用いることで、擁壁背面に出来るすべり面角度を推定することは可能であると考えられる。

(参考文献)

- 1) 岡田 順三：地震時の土圧に関する研究、第 37 回 地盤工学研究発表会講演集 pp301-302, 2002.
- 2) 榎 明潔：地震時の斜面災害の特徴、2000 年 10 月鳥取西部地震による被害による研究、pp.155 - 164, 2000.

表 - 1 実験条件

実験諸量		
擁壁質量 M_w	(kg)	3.4
すべり土塊 M	(kg)	3.6
すべり面の角度 β	($^\circ$)	45
すべり面の摩擦角 ϕ	($^\circ$)	31
擁壁底面の摩擦角 δ	($^\circ$)	31
振動台水平最大加速度	(m/s^2)	3.1

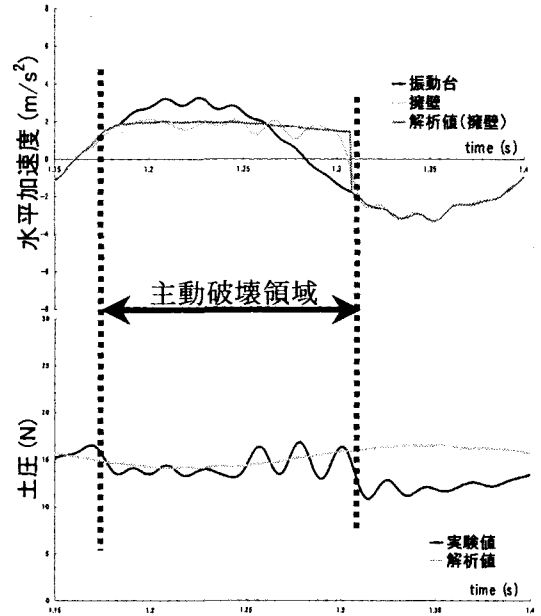


図 - 5 解析値との比較 (加速度、土圧)

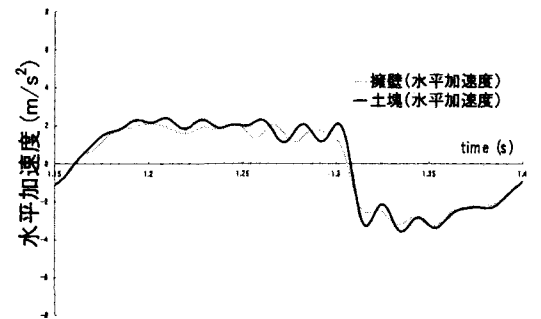


図 - 6 加速度の連続条件

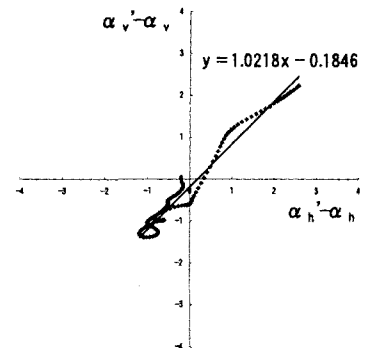


図 - 7 すべり面の角度の推定