

擁壁に作用する地震時土圧に関する FEM 解析結果

東京都市大学大学院 学生会員 ○小澤 茉莉 東京都市大学 正会員 末政 直晃
 東京都市大学 正会員 伊藤 和也 東京都市大学大学院 学生会員 佐野 和弥

1. はじめに

我が国は、今後大規模な地震により大きな被害を受ける切迫性が指摘されている。その被害の一つとして宅地擁壁の崩壊が挙げられる。2016年熊本地震では、空石積擁壁など多くの宅地擁壁が被害を受けた。写真-1 に示すように地震時に崩壊する危険性が高い老朽化擁壁や既存不適格擁壁は全国に多く存在しており、既存擁壁の補修・補強が求められる。コスト面を考慮し、必要に合わせた程度の補強を行うためには、地震時に擁壁がどれだけの耐力を保有しているのかを正しく評価することが重要である。しかし、現行設計法で用いられているクーロン土圧理論などでは、擁壁に作用する土圧を過小評価してしまうなど、実態との整合性が低いことが課題となっている。そこで、本研究では既存擁壁の地震時保有耐力の推定方法を確立することを目的とした。本報告では、FEM 解析を行い、擁壁の剛性が擁壁の変位や土圧に及ぼす影響に関して検討を行った。



写真-1 地震によって崩壊した擁壁

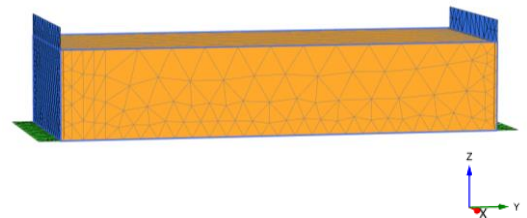


図-1 解析モデル

表-1 材料パラメータ

	擁壁	地盤 インターフェース
材料モデル	弾性	モール・クーロン
単位体積重量 γ (kN/m ³)	27	17.06
剛性 E ($\times 10^3$ kN/m ²)	100 500 1000 2000	16.46
ポアソン比 ν	0.3	0.3
粘着力 c (kN/m ²)	—	5
内部摩擦角 ϕ (度)	—	33.8

2. 解析条件

3次元地盤解析ソフトウェア PLAXIS 3D CEV21 (Bentley Systems 製) を使用し、FEM 解析を行った。図-1 に使用した解析モデル、表-1 に材料パラメータを示す。擁壁は、高さ 5m、奥行 8m、厚さ 1m の弾性体であり、下端は剛結されている。地盤材料は、モール・クーロン則に従う弾塑性体であり、高さ 4m、幅 20m とした。パラメータは文献²⁾を参考に決定した。また、擁壁と地盤の間にはすべりや剥離を考慮するため、インターフェース要素を設定し、パラメータは地盤と等しい値とした。なお、擁壁 2 つで地盤を挟むようなモデルとすることで、境界の影響をなくしている。

解析では、地盤のみで自重解析を行ったのち、擁壁とインターフェースを取り付け、10秒間の振動を与えた。入力波形は図-2 に示すような最大振幅 15.5mm、 $f=2$ Hz の波形であり、実現象に近づけるために最初の 2 秒間で徐々に振幅を大きくしている。擁壁の剛性 E の値を変化させて解析を行い、擁壁の変位や擁壁に作用する土圧の結果などを比較した。

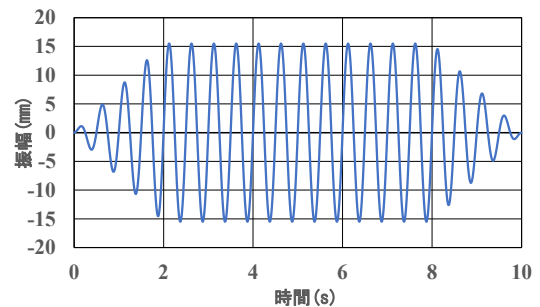


図-2 入力波形

3. 解析結果

図-3 に擁壁に作用する水平方向の土圧と、擁壁の水平変位の関係を示す。変位および土圧は、図-1 の左側の擁壁の中部

キーワード 宅地擁壁, FEM 解析, 地震時土圧

(高さ約 2000mm 地点)の結果である。なお、変位は擁壁の下端を基準とした値であり、地盤側（右側）を正值としている。図-3 より、擁壁の剛性が大きいほど変位が小さく、弾性的な挙動を示していることが分かる。一方、E=100 では擁壁が徐々に左方向に倒れていることから、擁壁が塑性化したと考えられる。また、図-4 に擁壁の剛性 E が 2000 と 100 において、土圧が最大となる時点における擁壁の変形の様子を示す。E=2000 では、擁壁の下端が右方向に変位し始める時に土圧が最大となり、E=100 では、擁壁が左方向に変位している時に土圧が最大となった。

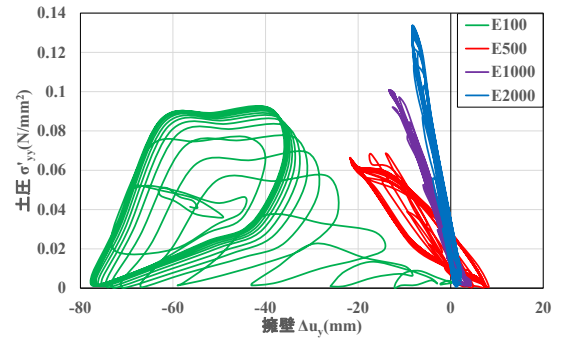


図-3 土圧と変位の関係(擁壁中部)

図-5, 6 に示すように、擁壁と地盤には擁壁下端の変位と逆方向に慣性力が作用している。擁壁の剛性が地盤の剛性に比べて相対的に大きい場合(図-5)には、擁壁の変形量は地盤の変形量、あるいは変形しようとする量よりも常に小さい。そのため、擁壁下端が左に変位し、慣性力が右に働くとき、剛性が小さい地盤が擁壁から離れる傾向になるため、土圧が小さくなる(主働的)。これに対して擁壁下端が右に変位し、慣性力は左に働くとき、地盤-擁壁間が小さくなる傾向となるため、受働的な土圧が働くと考えられる。一方で、擁壁の剛性が小さい場合(図-6)には、地盤に比べて擁壁の変形が大きくなる。そのため、擁壁下端が右に変位する時に擁壁は左に大きく変位し、擁壁-地盤が広がることで土圧が小さくなる(主働的)。一方、擁壁下端が左に変位する時に、擁壁が慣性力を受けて地盤を押し込むため受働的な土圧が生じると考えられる。さらに、擁壁と地盤の間に生じた隙間に上部の土が入り込み、それを擁壁が繰り返し押し込むことで、徐々に擁壁が左に変形し塑性化にいたると考えられる。

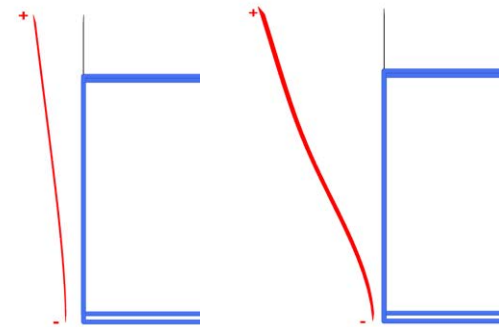


図-4 土圧最大時の擁壁の変位(縮尺 20 倍, 左:E=2000, 右:E=100)

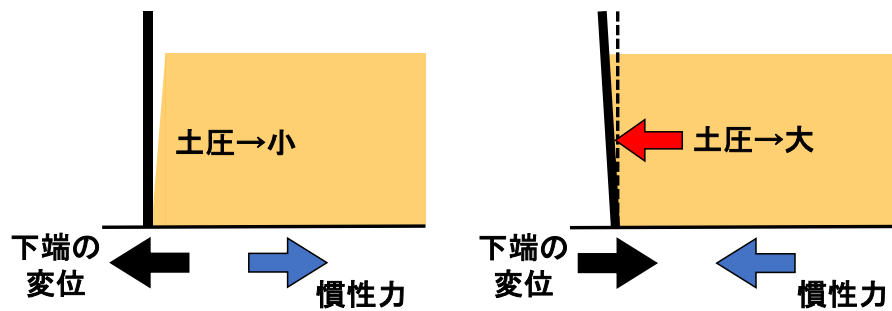


図-5 擁壁の剛性が高い場合

4. まとめ

本報告では、FEM 解析を行い、擁壁の剛性が擁壁の変位や擁壁に作用する土圧に及ぼす影響に関する検討を行った。擁壁と地盤の相対的な剛性の大小によって、土圧が低下する主働傾向と土圧が増加する受働傾向が逆になることが分かった。

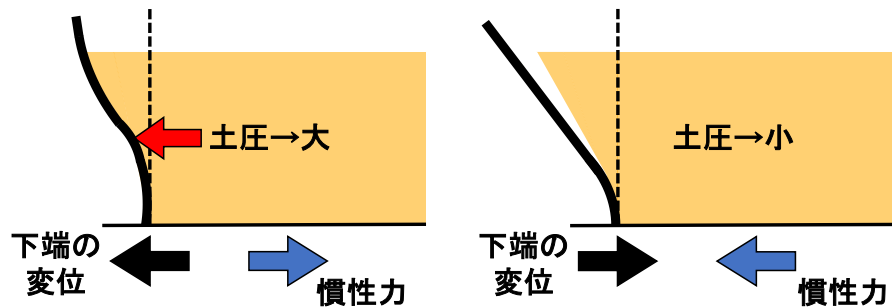


図-6 擁壁の剛性が低い場合

参考文献

- 1) Bentley Systems : PLAXIS 3D, https://www.jip-ts.co.jp/product_service/plaxis_3d/(2023年1月5日閲覧)
- 2) 地盤工学会：設計用地盤定数の決め方—土質編—, pp.212-216, 2013.