

重力式擁壁の地震時変位量

- 擁壁の根入れ深さを考慮した地震時変位計算法の検証 -

独立行政法人土木研究所 正会員 齊藤由紀子、岡村 未対、田村 敬一

1. はじめに

従来から道路擁壁の耐震設計は震度法に基づいて行われてきたが、大規模地震に対応した合理的な設計を行うためには、地震時変位量を考慮した設計法の導入が必要である。岡村らは、既往の支持力理論を応用し、擁壁の水平、鉛直、回転変位を同時に予測す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、とくに擁壁の根入れ深さに着目して検討を行ったので報告する。

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に示す。ケース1, 2, 4の条件の違いは、根入れ深さ D である。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、裏込め地盤、根入れ部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。

以下の計算で用いる砂の内部摩擦角は、Tatsuokaら³⁾の平面ひずみ圧縮試験結果を参考にして $\text{peak} = 45^\circ$ と仮定した。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（直応力・せん断応力）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。実験結果の詳細は、文献²⁾を参照されたい。

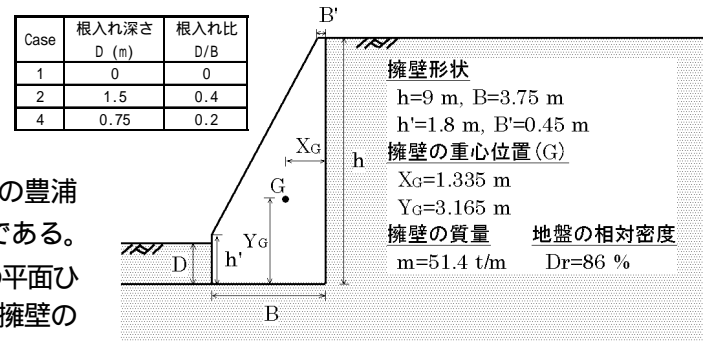


図-1 実験模型

3. 変位計算法

本計算法は、鉛直荷重、水平荷重、モーメント荷重の組合せ荷重を受ける砂地盤上の擁壁に対して、既往の支持力理論を応用し、擁壁の水平、鉛直、回転変位を同時に予測するものである¹⁾。支持地盤に対して、破壊応力状態を表す支持力曲面、変位増分方向を定める変位ポテンシャル面を設定し、擁壁に作用する外力（擁壁の慣性力+背面土圧合力）が地盤反力よりも大きければ、これらの力の差に応じた加速度で擁壁は運動し、変位が求まるという考え方である。筆者らは、遠心模型実験を検証材料にして、本計算法の適用性を照査した⁴⁾。その結果、本計算法は擁壁の根入れが無いという条件の場合、模型実験によって得られた変位量を表現することができた。次のステップとして、根入れのある直接基礎の支持力実験を実施し、支持力特性を把握する⁵⁾とともに、本論文では、その結果に基づいて計算法の拡張を試みた。変位計算に用いたパラメータについては、次節で述べる。

4. 変位計算のパラメータ設定

変位計算に必要なデータの詳細については、文献⁴⁾を参照されたい。ここでは、支持力破壊曲面および変位ポテンシャル面の大きさ・形状を決めるパラメータ μ 、 α 、支持力破壊曲面の回転量 β と支持地盤の鉛直支持力 V_{max} の設定方法について述べる。別途行った支持力実験結果⁵⁾より、 V_{max} は根入れ比 $D/B=0, 0.2, 0.4$ でそれぞれ 34.0 MN/m 、 41.4 MN/m 、 48.2 MN/m とし、 α は根入れ比に依らず 27° とした。パラメータ μ 、 β は基礎の寸法効果の影響を受けるため、遠心模型実験の擁壁底面幅に対応する基礎幅の既往の支持力実験結果に基づいて決定したが、 μ については対応する基礎幅の支持力実験を行っていないため、2種類の設定方法を試みた。以下、パラメータ (μ, α) 、パラメータ (μ, β) とする。なお、 μ 、 β 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。

パラメータ α ：パラメータ β の設定方法を図-2に示す。 $D/B=0$ の場合について、既往の遠心場における支持力実験結果⁶⁾より $\alpha=0.45$ 、重力場における擁壁と支持地盤の摩擦試験結果より $\mu=0.57$ と設定した。重力場で行った支持力実験結果⁵⁾によると、 μ 、 β は根入れ比 D/B と共に直線的に増加する傾向が見られることから、荷重レベルが大きい場合も同様の関係が成り立つと仮定し、 $D/B=0.2, 0.4$ の場合の μ 、 β を設定した。

キーワード 擁壁、地震、変位量、遠心模型実験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6、Tel 0298-79-6771、Fax 0298-79-6735

パラメータ：パラメータの設定方法を図-3に示す。については、パラメータと同じ値を用いた。重力場で行った支持力実験結果⁵⁾によると、 μ と D/B の比(μ/D)は根入れ比 D/B と共に直線的に増加する傾向が見られることから、荷重レベルが大きい場合も同様の関係が成り立つと仮定し、 $D/B=0.2, 0.4$ の場合の μ を設定した。

5. 計算結果

パラメータ、を用いた計算結果と遠心実験結果について、変位量と加振加速度の関係で比較したのが、図-4である。ここで、鉛直変位はごく小さいので割愛した。計算結果は、いずれも実験において変位量が生じ始める加振加速度を表現できており、根入れ比を大きくすることによる変位の抑制効果も定性的に評価できている。ただし、計算結果は、実験で得られたような顕著な根入れの効果を明確に表現できていないこと、 $D/B=0, 0.2$ の場合には回転角を若干過小評価していることについて課題が残る。今後、パラメータを設定する段階で仮定した項目について、詳細な検証を行う必要がある。

6. まとめ

遠心模型実験で得られた土圧を用いて、擁壁の地震時変位計算を実施した結果、計算値は実験値をある程度再現することができた。また、根入れ比を大きくすることによる変位の抑制効果も、定性的に評価することができた。今後の課題として、パラメータの設定方法を検証するとともに、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。

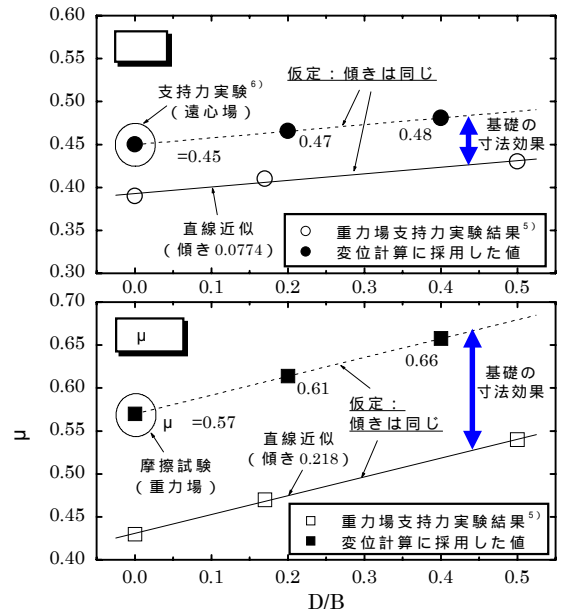


図-2 パラメータ

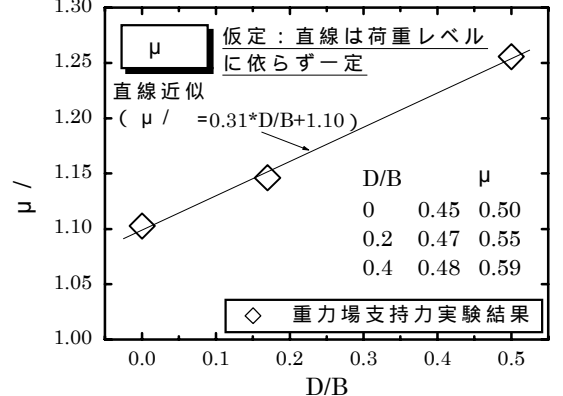


図-3 パラメータ

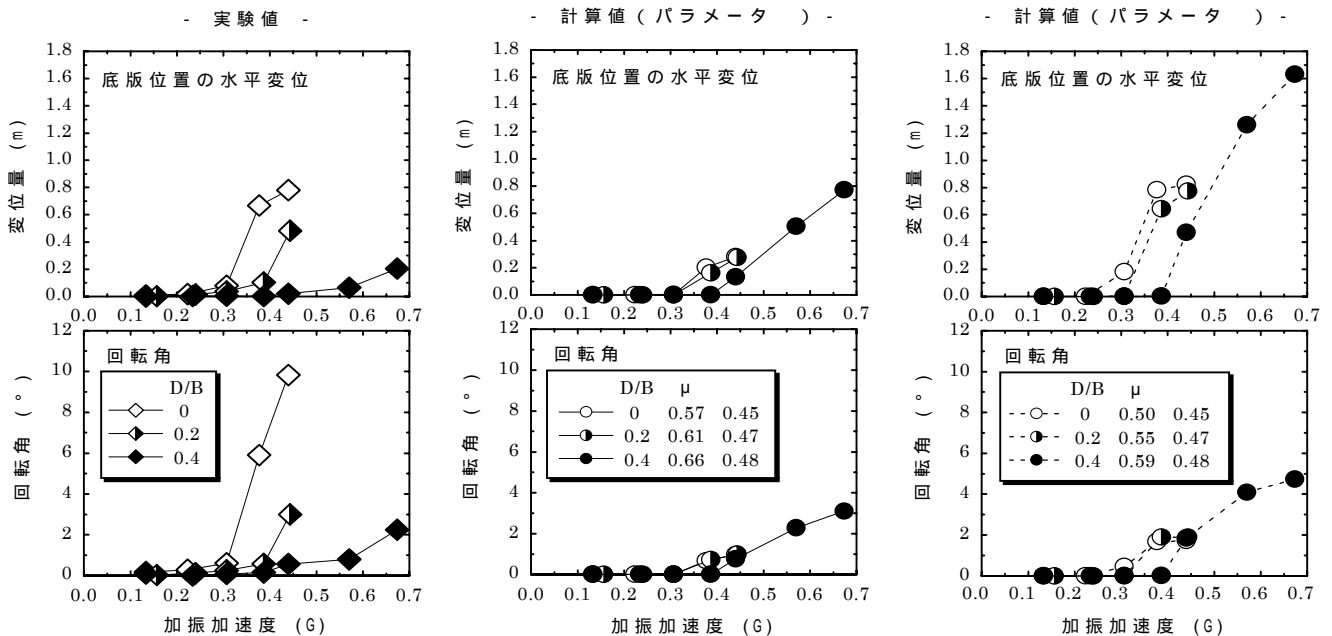


図-4 計算結果

参考文献 1) 岡村未対他：土木学会第56回年次学術講演会、-A、pp.246-247、2001. 2) 中村伸也他：土木学会第56回年次学術講演会、-A、pp.240-241、2001. 3) Tatsuoka, et al. : Strength and deformation characteristics of sand in plane strain compression at extremely low pressures, Soils and Foundations, 26(1), pp.65-84, 1986. 4) 斉藤由紀子他：土木学会第56回年次学術講演会、-A、pp.244-245、2001. 5) 岡村未対他：土木学会第57回年次学術講演会、投稿中、2002. 6) Okamura et al. : Effects of footing size and aspect ratio on the bearing capacity of sand subjected to eccentric loading, Soils and Foundations 42(in print), 2002.