

主働崩壊領域の拡大範囲を考慮した控え直杭矢板式岸壁の簡易耐震性能照査法

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○宮下 健一郎
神戸大学 国際会員 長尾 毅

1. 背景と目的

港湾施設の技術基準である港湾基準には性能規定型の設計体系が導入されている。港湾施設である岸壁は、地震後の変形が岸壁の供用上の問題となることが多いことから、耐震設計においては、岸壁天端の変形量に対する性能照査が求められる。港湾基準において、レベル1地震動による変動状態の標準的な性能照査法として導入されている照査用震度法は、照査方法の基本的な枠組みについては、仕様規定型の設計体系時のものを踏襲しており、岸壁の変形メカニズムを考慮しておらず、照査精度に問題を残している。このような背景から筆者は、岸壁の構造形式の一つである控え直杭矢板式岸壁を対象とした簡易性能照査法を既往の研究において提案している。提案法は骨組みモデルと1次元地震応答解析を組み合わせた性能照査法であり、照査用震度法と比べて精度よく岸壁天端の変形量を求めることが出来る。しかしながら、控え直杭矢板式岸壁において、控え杭前面地盤の控え杭の変形に対する抵抗は、矢板壁と控え杭の間の距離が長いほど大きくなるといった特徴を有しており、既往の提案法は、この特徴を考慮できていなかった。本研究は、既往の提案法を改善し、改善した提案法の照査精度について検証するものである。

2. 検討条件

検討に用いる断面は、図-1に示す4水深の断面に、地表面から工学的基盤までの地盤の固有周期が0.8s(地盤 Case1)と1.2s(地盤 Case2)の2つの地盤条件を組み合わせた8断面とする。本研究において、提案法の精度検証は、提案法と2次元地震応答解析の結果を比較することにより行う。2次元地震応答解析は、被災の再現解析などから、岸壁天端の変形量を精度良く算出することが可能であることが既往の研究で示されている。本研究で利用する2次元地震応答解析の解析コードはFLIPとする。

3. 控え杭前面地盤の抵抗の特徴

控え杭前面地盤の控え杭の変形に抵抗の特徴を明らかにするために、解析領域全域に一樣震度を作用させる2次元静的解析を行い、控え杭杭頭部での控え杭に作用する地盤反力と控え杭の曲げ変形量の履歴曲線を調べる。ここで、曲げ変形量とは控え杭の曲率を下端から2回数値積分して求めた変形量である。検討断面は、地盤 Case1の4つの水深断面と、水深-5.5mの断面の矢板壁と控え杭の距離を変更した2断面(5m及び15m長くした断面)とする。まず、水深が異なる4断面に対する解析で得られた結果を図-2に示す。全ての解析結果において、地盤反力は上限値に達しており、水深が深いほど上限値が大きい。着目している控え杭杭頭部の地表面からの深度は全ての断面で等しく、地盤反力上限値が地盤の受働崩壊によるものであれば、全ての断面の上限値は等しくなる

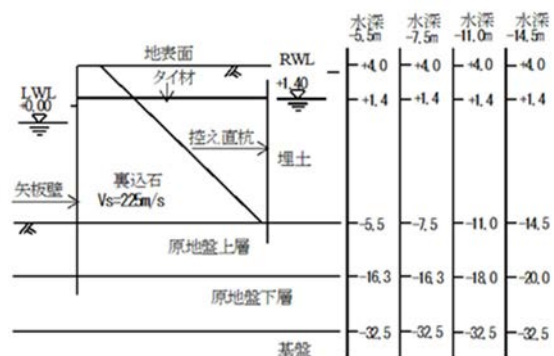


図-1 検討断面

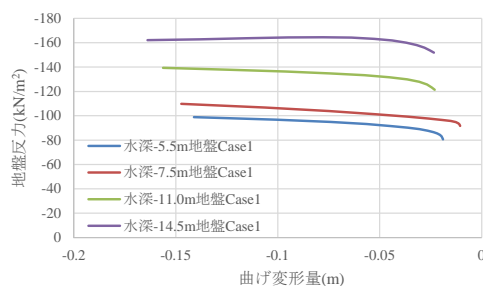


図-2 地盤反力と曲げ変形量 その1

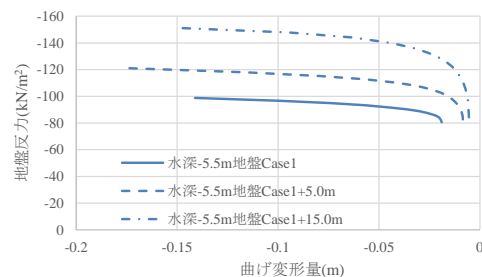


図-3 地盤反力と曲げ変形量 その2

キーワード 矢板式岸壁, 耐震設計, 骨組み解析, 性能設計

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目2番地 パシフィックコンサルタンツ TEL03-6777-1591

ことから、地盤反力上限値は地盤の受働崩壊によるものではない。次に、水深-5.5m と矢板壁と控え杭の距離を変更した断面らの結果を図-3 に示す。矢板壁と控え杭間距離が長いほど、地盤反力上限値が大きい。また、矢板壁と控え杭間距離を 15m 長くした断面については、一様震度を作用させず、矢板壁のタイ材取付点に水平荷重を作用させてタイ材張力を増加させる解析を行う。この集中荷重追加解析と一様震度による解析の結果の比較を図-4 に示す。集中荷重追加解析は、一様震度による解析と比べて、地盤反力が大きく増加している。2つの解析終了時の水平変形量コンター図を図-5 に示す。一様震度による解析結果のコンター図では、矢板壁背後の主働崩壊領域が控え杭背後まで拡大した拡大主働崩壊領域が発生している。一方、追加荷重解析結果のコンター図では、そのような崩壊領域は発生していない。このことから、控え杭前面地盤は、地震時には受働崩壊ではなく、拡大した主働崩壊が発生する。その結果、地盤反力が上限値に達する。そのため、地震前に控え杭に作用する地盤反力が大きい水深が深い断面や、拡大主働崩壊領域が大きく、崩壊領域の滑り抵抗が大きくなる矢板壁と控え杭の距離が長い断面の地盤反力上限値は大きくなると考えられる。

4. 提案する簡易性能照査法と精度検証

提案する簡易性能照査法のイメージを図-6 に示す。提案法では、上述の検討結果から、控え杭前面地盤の地盤反力上限値を式(1)～(3)でモデル化する。ここで、 P_{hu} : 地盤反力上限値 (kN/m²), P_{hi} : 地震前に作用している地盤反力 (kN/m²), H : 壁高 (m), W_T : タイ材取付高における控え杭前面地盤の有効重量 (kN/m²), X_{ER} : 拡大主働崩壊線のうち、滑り線が水平となる区間の距離 (m), ϕ : せん断抵抗角 (°) である。提案法におけるその他のモデル化方法は、別論文¹⁾に詳細に示す。提案法と2次元地震応答解析の矢板壁と控え杭の曲げモーメント及び変形量の比較を図-7 に示す。ここでは、一例として水深-11m 地盤 Case1 の結果を示している。提案法の結果は、2次元地震応答解析に近く、提案法は精度よく矢板壁及び控え杭の変形量及び曲げモーメントを求めることが出来る事が分かる。

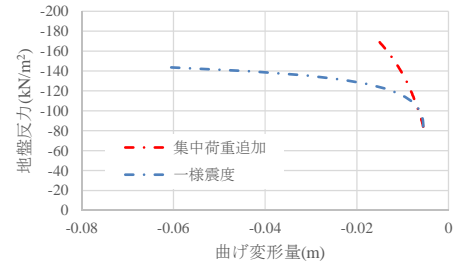
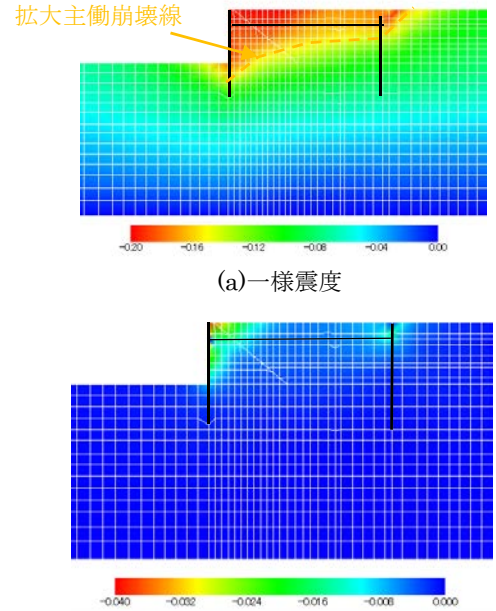


図-4 地盤反力と曲げ変形量 その3



(a)一様震度

(b)集中荷重追加

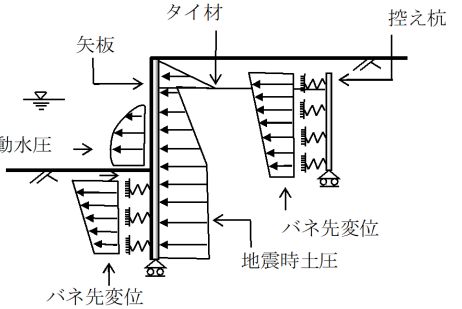


図-6 提案法のイメージ図

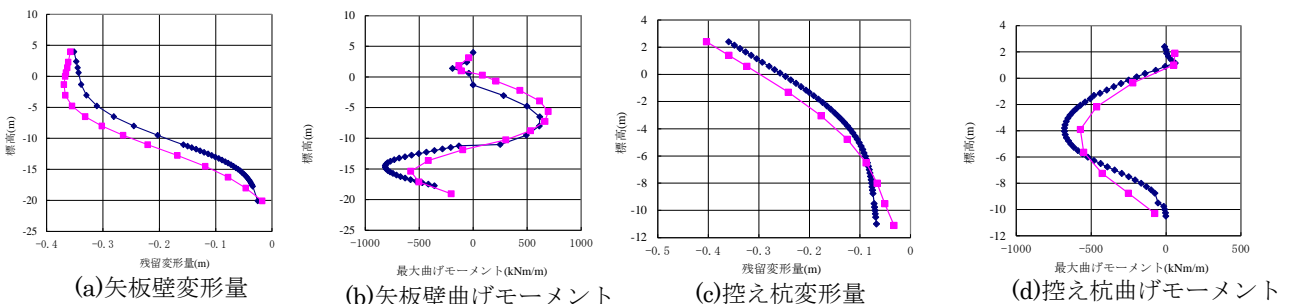


図-7 提案法と2次元地震応答解析結果の比較

参考文献

- 1) 宮下健一郎, “控え杭の応力照査を可能とする控え直杭矢板式岸壁の簡易耐震性能照査法の開発”, 神戸大学博士論文, 2022.

◆ 本研究モデル
■ 2次元地震応答解析