

# 控え直杭式岸壁のレベル1地震動に対する性能照査時の骨組みモデル化について

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 正会員 長尾 毅

## 1. 目的

現行の港湾の施設の技術上の基準<sup>1)</sup>は性能規定型となっており、要求される性能を適切に評価できる照査法が求められている。控え直杭式岸壁は矢板と杭の頭部でつないだ単純な構造形式であるが、地盤を分布バネでモデル化した単純な骨組みモデルではレベル1地震動作用後の変形量や部材に発生する断面力を適切に評価することはできない<sup>2)</sup>。本研究は控え直杭式岸壁のレベル1地震動に対する性能評価を骨組みモデルで行う方法について検討したものである。

## 2. 控え直杭式矢板岸壁の変形の特徴

図-1に2次元地震応答解析により得られた控え直杭式矢板岸壁の地震後の残留変形図の例を示す。2次元地震応答解析は解析コード FLIP<sup>2)</sup>を使用した。図を見ると矢板下端付近から崩壊線が発生し、この線より上の地盤が大きく変形しており、矢板と控え杭に挟まれた地盤及び控え杭背後地盤は一体となって海側へ変形していることがわかる。図-2に図-1の解析における控え杭に作用する地盤反力と控え杭の変位の地震中の履歴曲線を示す。着目点はタイ材取付高からの深度0.4m, 1.8m, 3.6mである。全ての着目点において変位0.05m程度で上限値に達しており、地震中は変位の増加に伴う地盤反力の増加がほとんど期待できないことが分かる。また、地盤反力の上限値は深度が大きいほど小さくなっており、土の有効重量と土圧係数からなる受働崩壊を想定して求められる地盤反力上限値とは異なる傾向となっていることが分かる。図-3に図-1における控え杭の残留変位量を示す。図には控え杭に発生している地震後の残留曲率を杭の高さ方向に2回数値積分して求めた曲率による変位量、それらの差として求めた剛体変位量を合わせて示す。剛体としての変位量が杭下端から発生しており、杭が下端から回転するように変位している。これは杭が地震による地盤変形に追随するように変形したためと考えられる。

## 3. 本検討モデル

本研究モデルのイメージを図-4に示す。上述のように地盤を分布ばね、部材を骨組みでモデル化しただけでは、適切に性能を評価することができないため、本研究では、杭が地盤変形に追随するように変形することを表現するため、地盤変形分バネ先を変位させるモデルにする。更に、矢板の背後に分布バネを設けてその背後に剛梁を設置し、剛梁背後から土圧を作用させるモデルとする。矢板に作用する土圧は全体の合力としては主働土圧により求められる土圧と変わらないものの、矢板頭部の土圧強度はタイ材による拘束及び矢板の変形によって主働土圧強度より増加し、その下は土圧強度が減少する土圧の再分配が起こると言われている<sup>3)</sup>。このモデル化

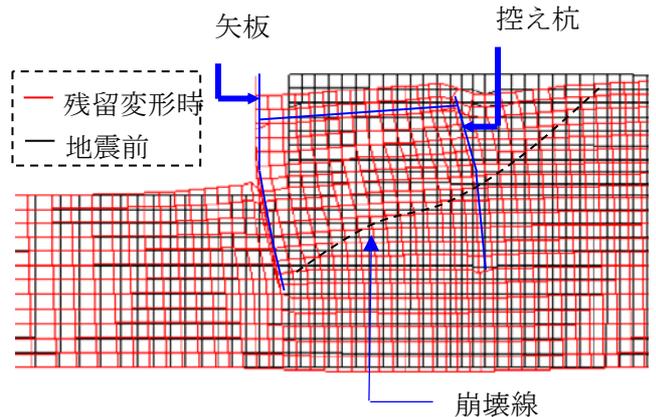


図-1 控え直杭式矢板岸壁の残留変形例

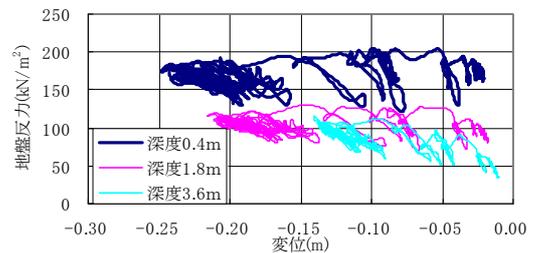


図-2 控え杭に作用する地盤反力—変位

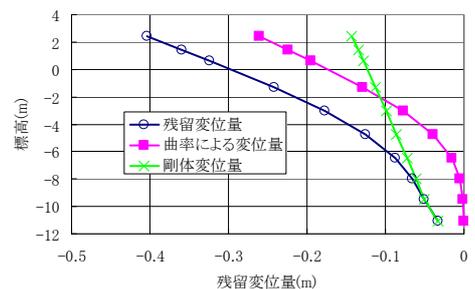


図-3 控え杭の変位量

キーワード 矢板 岸壁 耐震設計

連絡先 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地 パシフィックコンサルタンツ (株) 03-6777-1591

により、矢板頭部の土圧が大きい土圧分布を矢板に作用させることができる。また、上述のように、控え杭に作用する地盤反力の増加は地震時ではほとんど期待できないことを考慮して、控え杭前面地盤バネをバイリニアでモデル化し上限値を式(1)により与える。この式は、控え杭前面地盤は杭の変形によって杭への地盤反力を増加させることはなく、杭背後が主働側へ塑性化することによって、見かけ上地盤反力が増加するとして設定した式である。また、杭背後地盤が塑性化するのはタイ材取付高から  $1/\beta$  の範囲とした。バネ先に作用させる地盤変形量は矢板前面及び矢板と控え杭間地盤には地震前から水平方向のせん断応力が作用しており、この状態で地震動の繰り返し作用を受けるため地盤が変形するとし、初期応力を考慮した 1次元の地震応答解析により求める。矢板下端より上の地盤の初期せん断応力は図-5(a)に示すように控え杭背後の土圧と矢板前面地盤の土圧合力の差によって発生しているとして式(2)により求める。矢板下端より下の地盤の初期せん断応力は海底面より上の地盤の自重によって発生しているとして、地盤中の応力算出式として用いられるブシネスク及びセルティの式をもとにした式(3)で求める。ここで、 $\alpha_s$ : 3次元効果の補正係数(杭の場合 3.0, 壁の場合 1.0 とする。),  $X_h$ : 矢板控え間距離(m),  $p_p$ : 地盤反力の上限值(kN/m<sup>2</sup>),  $\sigma_v$ : 地盤の鉛直応力度(kN/m<sup>2</sup>),  $q_h$ : 地震前に杭に作用している地盤反力(kN/m<sup>2</sup>),  $K_0$ : 静止土圧係数,  $K_a'$ : 物部岡部の主働土圧係数,  $P_b$ : 杭背後から作用する土圧合力(kN/m),  $P_f$ : 矢板前面から作用する土圧合力(kN/m),  $\tau_{xy}$ : 地盤に作用するせん断応力(kN/m<sup>2</sup>),  $w_b$ : 海底面より上の地盤の自重(kN/m<sup>2</sup>),  $s_b$ : 矢板下端におけるせん断応力(kN/m<sup>2</sup>),  $\theta$ : 矢板下端から矢板控え間地盤中心への角度(°)である。本モデルの妥当性の検証を 2次元地震応答解析結果と比較することにより行った。検討断面は水深-14.5m で背後地盤の固有周期 0.6s と 1.2s の岸壁とし、入力地震は八戸波とした。比較結果を図-6 に示す。本検討ケースにおいては本研究モデルは概ね 2次元地震応答解析結果と同程度となっていることが分る。

参考文献

- 1) 宮下健一郎, 長尾毅: 控え直杭式矢板岸壁のレベル1地震動に対する簡易耐震照査法に関する基礎的研究, 応用力学論文集 Vol. 10, 2007
- 2) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Report of The Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990
- 3) 例えば, 菊池喜昭, 水谷崇亮: 二次元模型地盤における矢板壁の挙動, 港湾空港技術研究所資料, No1064

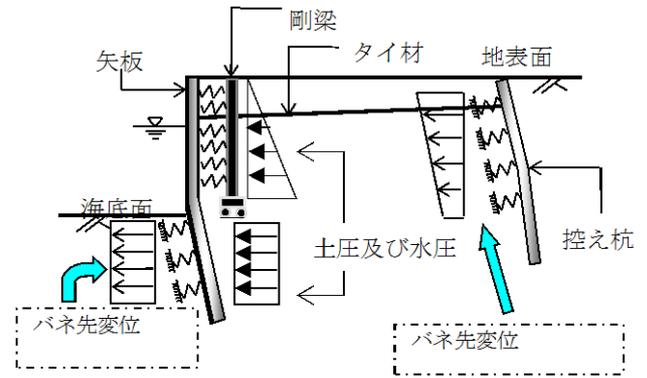
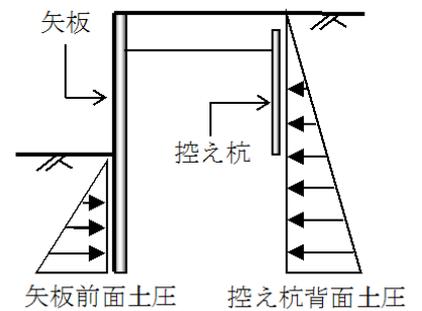


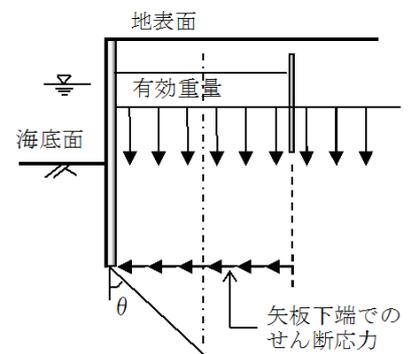
図-4 本研究イメージ

$$p_p = q_h + \alpha_s (K_0 - K_a') \sigma_v \quad (1) \quad \tau_{xy} = \frac{P_b - P_f}{X_h} \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{w_b}{\pi} \cos^2 \theta - \frac{s_b}{\pi} (2\theta - \sin 2\theta) \quad (3)$$



(a) 矢板下端より上



(b) 矢板下端より下

図-5 初期せん断応力の算出

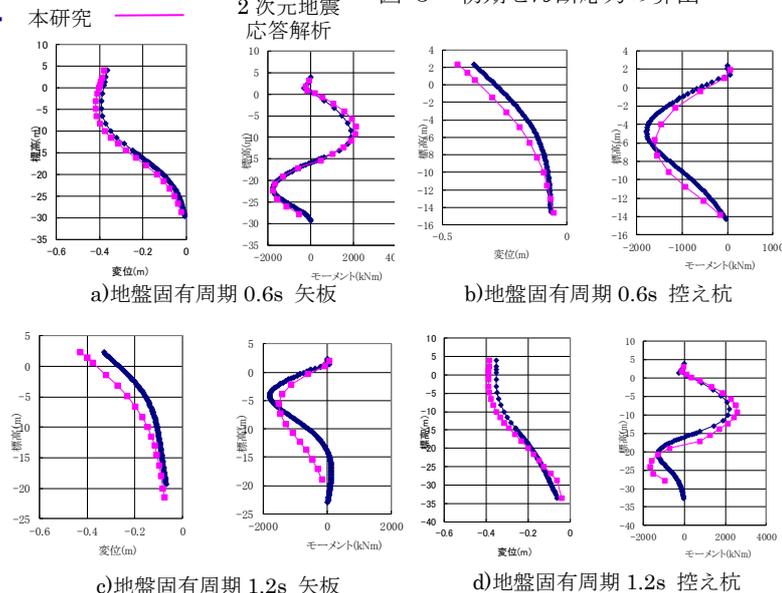


図-6 本研究と 2次元解析の比較