

# 控え直杭式矢板岸壁における控え杭の地震時変形メカニズム

パシフィックコンサルタンツ 正会員 ○宮下 健一郎  
神戸大学 正会員 長尾 毅

## 1. はじめに

現行の港湾基準には性能設計が適用されており、控え直杭式矢板岸壁の設計においては地震動の作用に対して部材の耐力の他、地震後変位量も照査項目として位置づけられている。地震動の作用に対する性能照査方法は照査用震度による方法が標準的な方法となっており、岸壁背後の地表面加速度時刻歴や岸壁の壁高などにより、地震後の岸壁天端の変位量を間接的に求めることができる。しかしながら、この方法は経験に基づいており精度には限界がある。控え直杭式矢板岸壁は矢板と控え杭の頭部をタイ材で連結する構造となっており、タイ材の伸びが僅かであることを考慮すると、岸壁天端の変位量は控え杭頭部の変位量とほぼ一致する。よって、控え杭の変位量を精度よく求めることができれば、岸壁の天端の変位量を精度よく求めることができることになる。現行の港湾基準における控え杭の性能照査方法は港研式による方法が標準的な方法として位置づけられているが、地震時の変位量については過小評価することが指摘されている。本研究は、控え直杭式矢板岸壁の変形性能評価方法の向上のために、控え杭の変形メカニズムを明らかにすることを目的とする。

## 2. 地盤変形の影響による変位量

図-1 に水深-11mの控え直杭式矢板岸壁に対する2次元地震応答解析により得られた控え杭の残留変位量、曲率を2回数値積分することにより得られた曲率による変位量、残留変位量と曲率による変位量の差として求めた剛体としての変位量を示す。2次元地震応答解析は解析コードFLIPを使用している。控え杭頭部の変位量に着目すると、剛体としての変位量が残留変位量の30%程度を占めており、無視できない量となっていることが分る。剛体としての変位量は控え杭が下端から回転及び移動することによる変位量である。一般的な設計では杭下端の変位及び回転角はゼロと想定することが多いが、地震時には変形を過小評価してしまうことが分る。図-2 に2次元地震応答解析実行前の自重解析によるせん断応力 $\tau_{xy}$ 分布を示す。

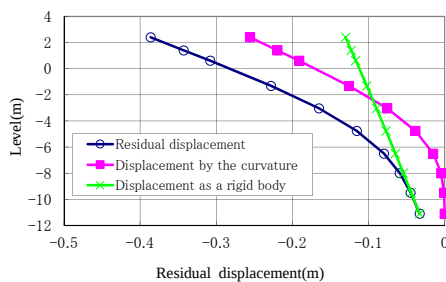


図-1 控え杭の変位量

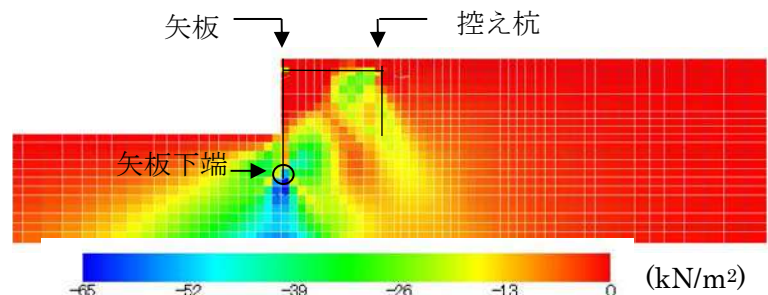


図-2 控え直杭式岸壁の自重解析時のせん断応力分布

矢板下端の下に大きなせん断応力が発生している。矢板位置は地盤高が変化する位置であり矢板を境に地盤に作用する有効重量が大きく変化する位置である。このせん断応力は矢板背後地盤の海底面より上の重量によるものと考えられる。せん断応力は矢板下端の他では控え杭前面地盤で大きく発生している。地震前に地盤に大きなせん断応力が発生している場合、地震動によりせん断変形が進行し大きな変形を発生させる。このせん断応力による変位量と剛体としての変位量の比較を行う。せん断応力による変位量は、図-3 に示すように自重解析時のせん断応力を初期応力として与えた1次元地震応答解析により求める。自重解析におけるせん断応力は概ね矢板と控え杭の中央位置のものを抽

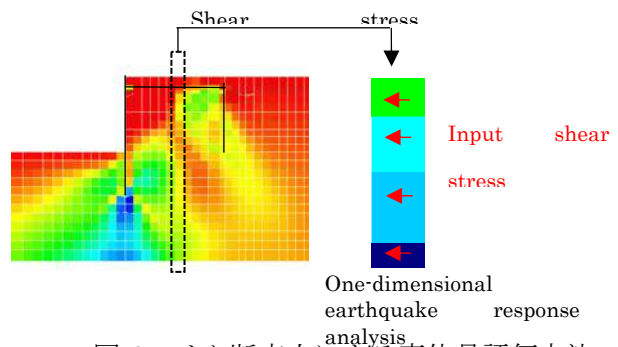


図-3 せん断応力による変位量評価方法

出した．結果を図-4 に示す．地震動は八戸波と岩国波を利用した．せん断応力による変位量と剛体としての変位量は概ね一致しており，控え杭の杭下端からの回転及び移動による変位は地震動による地盤変形の影響と考えられる．

### 3. 控え杭に作用する地盤反力

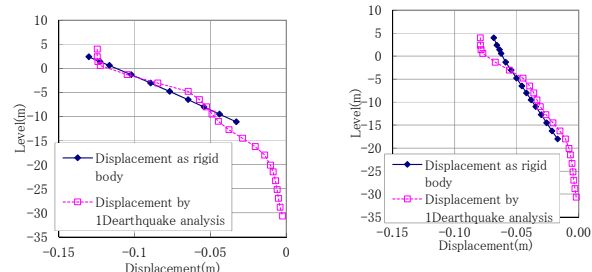
既往の研究において，振動時の控え杭に働く曲げモーメントは静的載荷時に比べて曲げモーメント発生領域が広く，静的載荷時とは杭軸直角方向の地盤支持力が異なることが指摘されている．ここではこの理由について考察する．2次元地震応答解析により得られた控え杭に作用する地盤反力と控え杭の変位の履歴曲線を図-5 に示す．図を見ると，八戸波の深度 0.4m～3.6m といった杭上部の深度における地盤反力は上限値に達し，

地震前に比べて地盤反力はあまり増加していないことが分る．深度はタイ材取付高からの深さである．一方，深度 7.0m といった杭下部の地盤反力及び変位量が小さい岩国波の地盤反力はほぼ線形の挙動となっており，地盤反力は地震前に比べて大きく増加している．解析において控え杭と地盤は相互作用バネで連結しているが，その相互作用バネ変位と地盤反力の履歴曲線を図-6 に示す．ほぼ線形の関係となっており，図-5 の非線形性は地盤の非線形化が原因ではなく，地盤と控え杭が一体となって変位することによる非線形性であることが分る．振動時において曲げモーメント発生領域が広がる理由は地盤と控え杭が一体となって変位することによる地盤反力の非線形により，地盤反力が増加しなくなるためと考えられる．

### 4. 変形メカニズムを取り入れた梁バネモデルの提案

明らかにした変形メカニズムを取り入れた梁バネモデルを提案する，梁バ

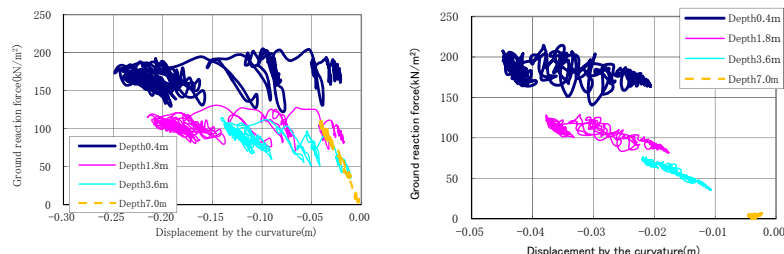
ネモデルは図-7 に示すように地盤変形による変形量だけ地盤バネのバネ先を変位させるモデルとする．構築した梁バネモデルと 2次元地震応答解析結果の変形量及びモーメントの比較を行う．梁バネモデルにおいて，バネ先に作用させる変位量は図-4 に示す 1次元地震応答解析で得られた変位量とする．バネ値の初期勾配は図-5 から設定し，八戸波検討ケースは深度-7.0mより浅い杭上部のバネは地盤と控え杭が一体になって振動することによる非線形性を有するとしてバイリニア型としてモデル化し上限値も図-5 から設定する．岩国波検討ケースのバネは線形とする．タイ材張力は 2次元地震応答解析によって得られた最大値を与える．変形量の比較結果を図-8 に，曲げモーメントの比較結果を図-9 示す．変位量と曲げモーメントともに梁バネモデルは 2次元地震応答解析結果と同程度となっており，提案したモデルで控え杭の変形を表現できることが示された．



(a) 八戸波

(b) 岩国波

図-4 変位量の比較



(a) 八戸波

(b) 岩国波

図-5 地盤反力と変位の履歴曲線

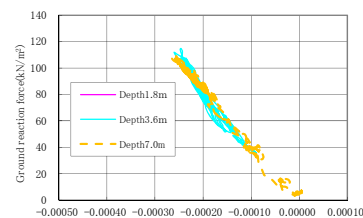


図-6 地盤反力と相互バネ変位履歴曲線 (八戸波)

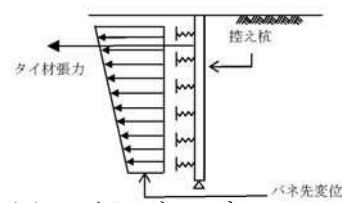
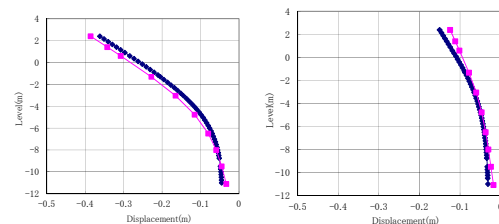


図-7 梁バネモデル

■ 2次元地震応答解析    ● 梁バネモデル



(a) 八戸波

(b) 岩国波

図-8 変位量比較

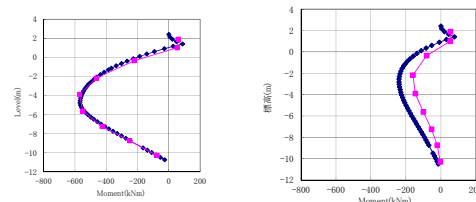


図-9 モーメント比較

キーワード 鋼矢板，岸壁，地震応答解析

連絡先 〒101-8462 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 TEL 03-6777-1591