

控え工増設による既存矢板壁の補強工法

港湾空港技術研究所 正会員 ○森川 嘉之
 港湾空港技術研究所 正会員 菊池 喜昭

1. はじめに

港湾構造物の土留めとして、控え式矢板壁のようなたわみ性壁体がしばしば用いられる。近年、既存岸壁に対して、劣化した岸壁のリニューアル、大型船舶対応のための増深、大型荷役クレーン新設等のための機能強化、地震被災後の物流機能確保のための耐震性向上などの要望が高まってきた。このような既存岸壁に対する要望への対応策として、通常の控え式矢板壁に新たにタイロッドを設け、矢板に働く曲げモーメントを低減させる二段控え式矢板壁（図1）への期待が高まっている。ただし、その設計法は確立されていない。そこで本研究では、模型実験を実施し、タイロッド増設時の控え式矢板壁の挙動について検討した。

2. 模型実験概要

岸壁のような構造物では、法線直角方向の二次元的な挙動が卓越する。そこで、二次元状態を簡便に再現できるアルミ棒積層体で模型地盤を模擬することとした。図2に模型地盤の断面を示す。幅3m、奥行き6m、深さ3mのコンクリート土槽底面および側壁にH型鋼を設置し、その内部に模型地盤を作成した。土槽側壁に設置したH型鋼には、模型地盤との摩擦を低減するためのアクリル板を貼付した。模型地盤の寸法は、幅2.6m、奥行き15cm、矢板前面地盤高1.4m、背後地盤高2.4mである。模型地盤の材料は、長さ15cm、直径1.5mm、2mm、3mmのアルミ製の丸棒で、重量比1:1:1で均一に混合して使用した。模型地盤の目標密度を 2.1g/cm^3 とし、模型地盤高さおよび使用したアルミ棒の重量を層厚10cmごとに管理しながら、模型地盤が均一になるように作製した。模型矢板は長さ310cm、幅15cm、厚さ6mmの鉄鋼板で、両面にひずみゲージを貼付した（42段×1列）。さらにひずみゲージ保護のためのコーティング（樹脂系接着剤：厚さ2mm）を施した。模型矢板の曲げ剛性は $0.56\text{kN}\cdot\text{m}^2$ であった。模型地盤中にタイロッドを模擬することが困難であったため、模型矢板の海側からの載荷でタイロッドの張力を模擬した。このため、これ以降、タイロッドの張力を控え荷重と記載する。既設控えは背後地盤天端と同じ高さに設置し、変位固定条件とした。増設控えはケースごとに高さを変えて設置し、荷重制御で載荷・除荷を行った。実験は増設控えの設置高さを変えて三ケース実施した。Case 1から3の前面地盤からの増設控え設置高さは、それぞれ75、50、25cmである。

3. 実験結果

図3に各ケースの増設控え載荷による矢板の曲げモーメント分布の変化を示す。図3には3次のスプライン関数による近似曲線も示している。スプライン関数は平滑化スプライン関数とした¹⁾。図4は増設控え載荷による最大曲げモーメントの変化である。図3、4を見ると、増設控え位置の高いCase 1では、最大曲げモーメントが若干増加し、その位置がほとんど変化していない。また、曲げモーメントが減少する領域は、最大曲げモーメント

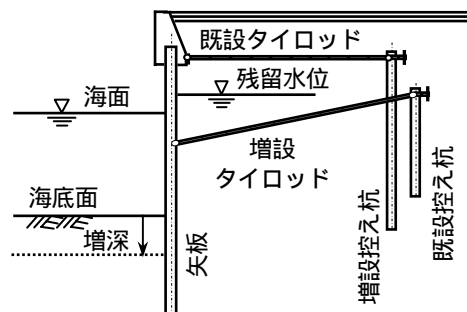


図1 二段控え式矢板壁の概念図

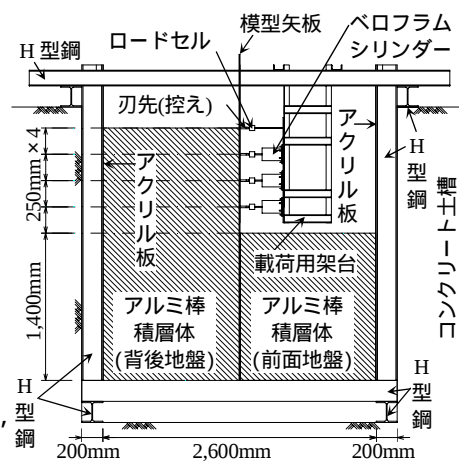


図2 土槽および模型地盤の断面図

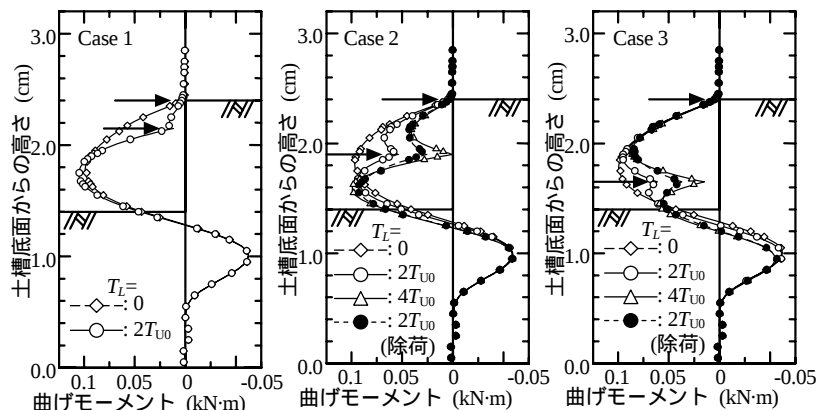


図3 増設控え載荷時の矢板の曲げモーメントの変化

控え式矢板壁、補強、模型実験、アルミ棒積層体

連絡先：〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 TEL: 046-844-5055

トの位置より上の部分に限定されている．これに対して，増設控え位置の低い Case 3 では，最大曲げモーメントが大きく減少し，その位置が下方に移動している．また，矢板壁直立部全体で曲げモーメントが減少している．三つのケースについて共通して見られるのは，載荷点から約 20cm 下方（この距離は矢板の剛性によって異なると思われる）より深い範囲の曲げモーメントが増加していることである．

以上のことから，増設控え載荷時の矢板の変形モードが，増設控えの設置高さによって次のように変化すると考えられる．図 5 の左図のように，増設控え位置が高い場合は，ある高さで矢板がさらに曲がり，それよりも上部が地盤側へ押し戻されるような変形モードとなる．正の曲げモーメントがさらに増加するため，増設控えを載荷したにもかかわらず最大曲げモーメントが増加するといった結果となる．増設控え位置が低い場合も下方の曲げモーメントが増加するが，図 5 の右図のように，負の曲げモーメントが正になる（逆に曲がる）変化のため，最大曲げモーメントが増加するようなことにはならない．Case 1 と Case 3 の中間の Case 2 は，曲げモーメントの増加する部分の初期値がある程度大きかったため，載荷当初は最大曲げモーメントが減少し，途中から増加に転じたと考えられる．図 3 ～ 5 の結果から，載荷前の最大曲げモーメントの位置に増設控えを設置するのが最も有利であると考えられる．また，Case 2 と 3 の結果を比較すると，設置位置が最大曲げモーメントの位置と一致しない場合は，最大曲げモーメントの位置の上方よりも若干下方に設置する方が効果は大きい．

図 4 を見ると，Case2 や 3 で最大曲げモーメントがループを描いて変化している．これは図 5 6 から次のように考えられる．図 5 は Case3 の曲げモーメントの近似曲線を微積分して求めたたわみと地盤反力分布である．図 6 は写真撮影結果を基に算出した Case 3 の背後地盤のせん断ひずみ分布である．図 5 において同じ増設控え荷重の載荷時と除荷時のたわみを比較すると，除荷時にたわみが戻っていない．これは，図 6 の除荷時にせん断ひずみが残留していることと対応している．一方，図 5 において除荷時の地盤反力は載荷時よりも小さくなっている．つまり矢板のたわみが少し戻っただけで地盤反力が低下している．これは，背後地盤を受働化するのに土留め壁を大きく背後に変位させる必要があるのに対して，背後地盤を主働化するのに土留め壁を少し前面に変位させるだけで良いことと対応している．これらのことは，実際の増設タイロッドの設置時に，一度大きな張力を載荷して所定の張力まで除荷した方が，より効果的に矢板の曲げモーメントを低減できる可能性があることを示唆している．

4. おわりに

アルミ棒積層体で模擬した模型実験を実施し，タイロッド増設時の矢板壁の挙動について検討した．その結果，タイロッド増設による矢板の曲げモーメントの低減効果がタイロッドの増設位置によって左右されること，最大曲げモーメントの位置にタイロッドを増設するのが最も有利であることがわかった．また，より大きな効果が得られるタイロッドの増設方法について示した．

参考文献: 1) 菊池喜昭: 軟弱粘性土地盤着底式くし形構造物の横抵抗特性に関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No. 1039, 2003.

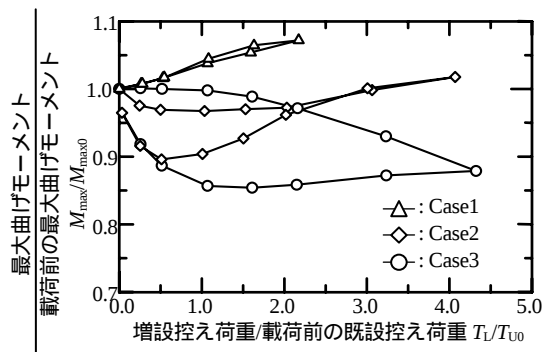


図 4 増設控え載荷時の最大曲げモーメントの変化

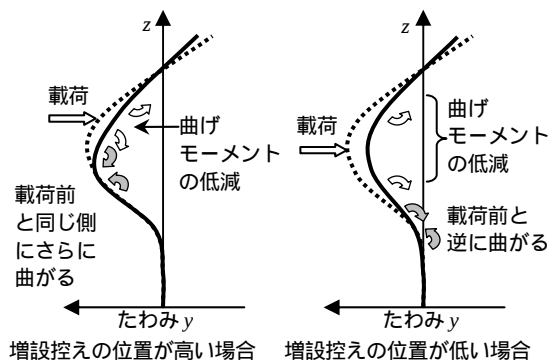


図 5 増設控えの位置による矢板の変形の違い

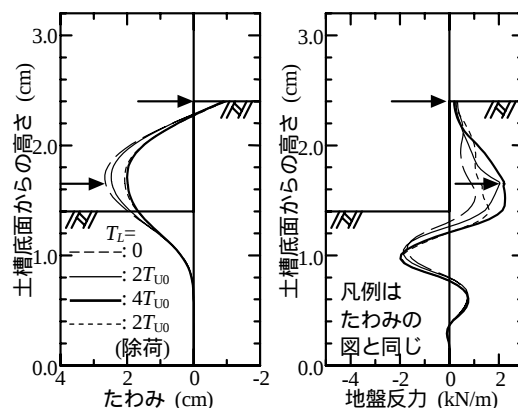


図 5 Case3 のたわみと地盤反力の変化

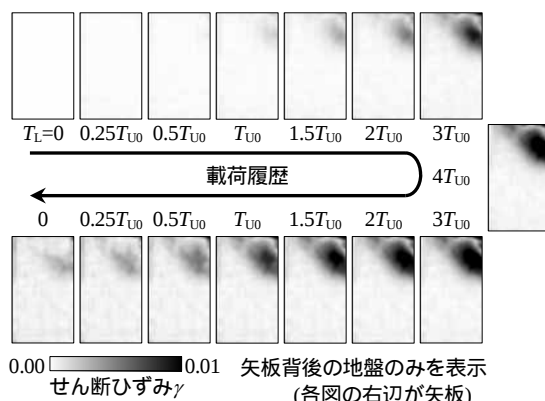


図 6 背後地盤のせん断ひずみ分布 (Case3)