

3

鋼矢板式岸壁を供用しながらの「2段タイ材地下施工法」の実証試験

星野正美

HOSHINO Masami

株式会社日本港湾コンサルタント
技術本部

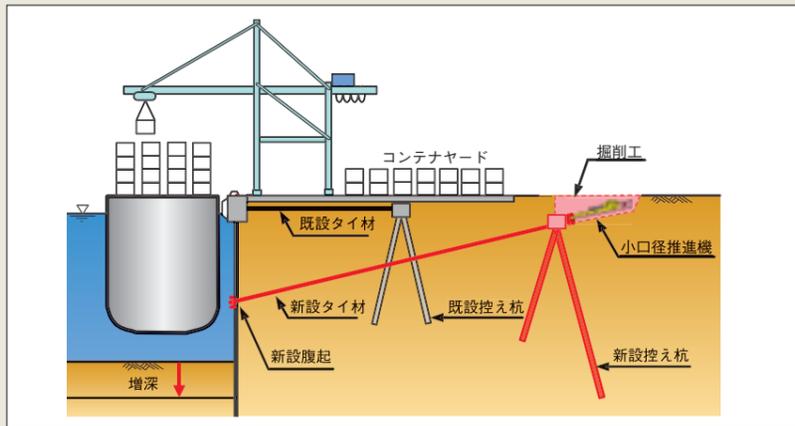


1—はじめに

近年、岸壁では大水深化、機能増、リニューアル、震災後の物流機能を確保する耐震強化などの工事が行われている。しかし、岸壁での荷役活動は日々の物流活動と密接に結びついており、工事のために岸壁を長期に休止できない場合が多く、岸壁を供用しながら改良・補強する工法の開発が望まれている。本稿では、岸壁の供用を前提に鋼矢板式岸壁の増深改良・補強工法として開発した「2段タイ材地下施工法(図1)」の実海域での実証試験の概要について紹介する。

2—2段タイ材地下施工法の開発

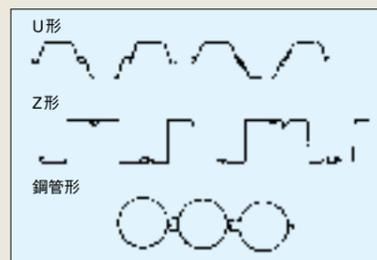
岸壁の代表的な形式である矢板式は、鋼矢板を海底地盤に打ち込んで、土圧及び水圧を受ける土留め壁と控え工をタイ材(タイロッド、タイロプ、タイブル等)で結合した構造であり、昭和30年頃より、U型やZ型断面の鋼矢板(図2)を用いた鋼矢板岸壁として建設されてきた。大水深化に対しては、U型、Z型矢板では岸壁の安定性が確保されないため、剛性の高い鋼管矢板の開発により対応してきた。一方、既設のU型やZ型鋼矢板岸壁の増深改良では、2段タイ材式鋼矢板岸壁の有効性が指摘されていた。



■図1—2段タイ材地下施工法(赤い部分)概要図

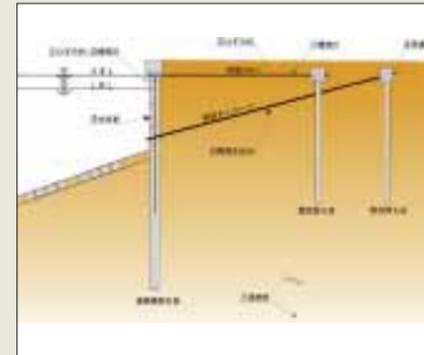
これは、鋼矢板岸壁のタイ材の下段に新たなタイ材を増設し、鋼矢板に生じる曲げモーメントを低減させる工法である。しかし、増設するタイ材は水中施工となり、水深が浅い場合、背後地盤を掘削して埋設することが困難であった。昭和60年頃、腐食した鋼矢板の補強を目的として「タイロッド増設による鋼矢板壁強化法」が検討され、背後地盤上から小口径の推進機により削孔し、タイロッドを挿入する施工方法が提唱された。しかしながら、高精度かつ小口径の推進機が未開発であるなど、実工事において実証されるに至らなかった。

平成17年に、高精度で削孔できる小口径推進機(以下、改良推進機)が開発され、平成18年の実海域での実証試験において既設鋼矢板岸



■図2—鋼矢板の断面形式

壁に大きな損傷を与えないで被圧水でも削孔推進でき、能率良く安全・確実に増設のタイ材を施工することが可能となった。また、設計法においても地盤が良好な場合、矢板壁と新旧タイ材取付点及び海底面を支点とする仮想梁法が適用できることがわかった。この2段タイ材地下施工法の開発により、増設タイ材取付点を海底面近くにとることができ、既設鋼矢板岸壁の増深改良・補強が可能となった。



■図3—実証試験概略図(仙台塩釜港高松木材埠頭)

なお、2段タイ材地下施工法の開発は、施工法の開発及び設計法の確立を目的として国土交通省東北地方整備局、大林組、当社による共同技術開発により行った。

3—実証試験

3.1 概要

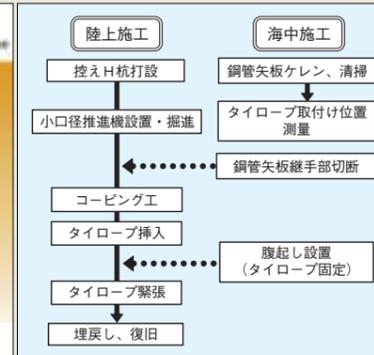
2段タイ材地下施工法の実証試験は、水深が12mの仙台塩釜港高松木材埠頭岸壁取付部で行った。取付部の構造は、鋼管矢板(φ812×12t)と控え直杭(H400)をタイロッド(φ55)により連結した構造である。2段タイ材の構造とするため、岸壁法線から約24m背後の控え工上部から、斜め15°下方にタイロップを鋼管矢板の水中部に取付けたものである(図3)。

実証試験では、施工試験として①施工精度、②安全施工確認のための埋設管設置試験、③矢板継手切断試験、④タイ材・腹越し取付け試験を、性能試験として常時・地震時の計測試験を行った。

3.2 施工方法

2段タイ材地下施工法の施工方法及び施工フロー(図4)の主なポイントは以下のとおりである。

- ・改良推進機の設置及び掘進
 - ① 推進開始位置の岸壁背後地盤を掘削し、改良推進機用の鋼製架台を設置する。
 - ② 改良推進機を架台上の所定の位置に斜め15°下方の角度で



■図4—施工フロー

据付けて、推進方向をモニターしながら掘進及び埋設管の設置を行う。

- ③ 海側からダイバーによる改良推進機先端部の鋼管矢板への到達を確認し、埋設管を残置したままでケーシング及び先端ヘッドを引抜いて次の削孔位置へ改良推進機を移動する。
- ・鋼管矢板継手部の切断
 - ① 測量結果に基づき、鋼管矢板継手部での到達位置を測定し切断位置を決める。
 - ② 鋼管矢板継手部は、鋼管と鋼管との隙間約100mmから土砂流出を防止するため、山型鋼を2つ合わせたガイドの中にT型鋼が入る構造で、山型鋼とT型鋼はそれぞれ鋼管に溶接されている(図5)。海側に面する山型鋼とT型鋼を事前に高さ200mm、幅100mmの大きさに水中切断する(図6)。

③ 先端ヘッドが鋼管矢板に到達した時点で、陸側にある山型鋼を切断し、推進到達状況を確認する。

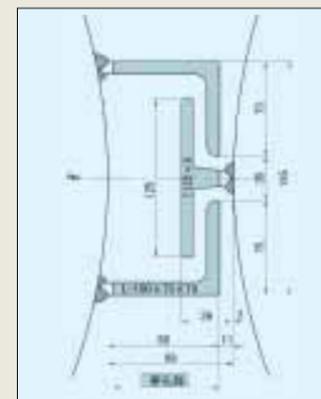
④ タイ材設置までの間に背面土砂が流失ないように、切断した継手開口部を養生する。

- ・タイ材・腹起し取付け
 - ① 控え工上部背面からタイロップを埋設管の中に挿入し、鋼管矢板の継手部に達したら、ダイバーによりタイロップを海側に出す。
 - ② 腹起しを所定の位置に移動させ仮固定する。
 - ③ 腹起しに支圧プレートを取付け、タイロップ先端部をナットにて固定する。
 - ④ 控え工上部背面からタイ材を緊張し、鋼管矢板と腹起しの隙間及び継手開口部から土砂の流出を防止するため、粘土モルタルを充填する。

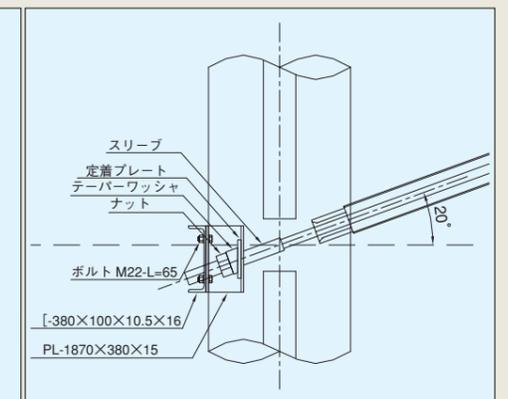
3.3 施工試験

1) 埋設管設置試験

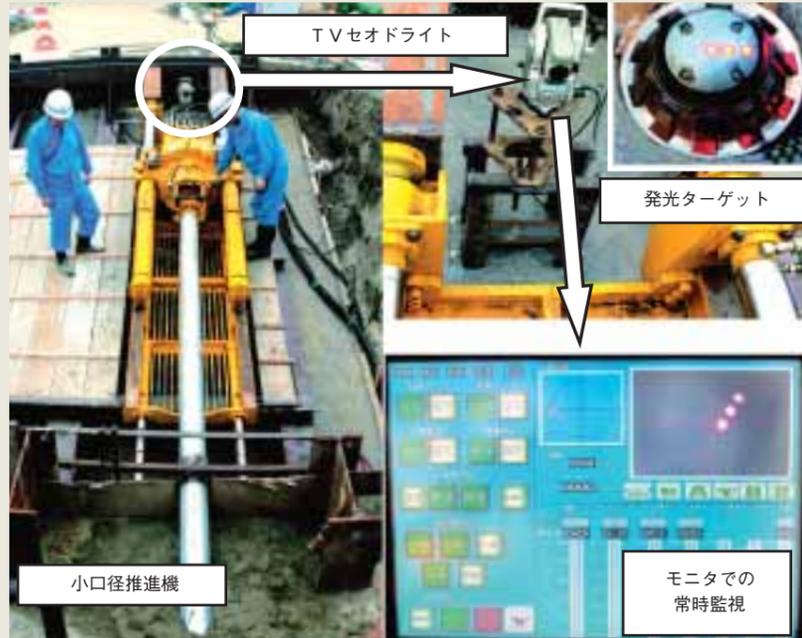
試験工事は幅約100mmの鋼管矢板継手部に向けてφ150mmの埋設管を長さ26mにわたり設置し、端部径が68mmのタイロップを挿入するものである。改良推進機を使ってタイロップを挿入する際に、地盤保持のために使用する埋設管の施工精度・施工速度等の把握を目的とした埋設管設置試験を実施した。埋設



■図5—継手部形状



■図6—継手部切断範囲



■写真1-推進精度管理

管は、改良推進機のヘッドに装着した先端ビットとスクレーパービットにより地盤を切削し、斜め15°下方に掘進するとともにカッターフェイスの開口部から圧密した土砂を取り込み、2.75mの埋設管を順次連結しながら所定の鋼管矢板背面位置まで設置した。到達精度を確保するため改良推進機のオーガ軸内部に取付けた発光ターゲットをTVセオドライト(経緯儀)で視準し、それをモニターで常時監視しながらリアルタイムで方向修正する手法を採用した(写真1)。その結果、到達精度は±10mm以内となり、高い施工精度を確認した(写真2)。

従来の推進機では矢板を海側より大きく切断し、海中で先端ビットを

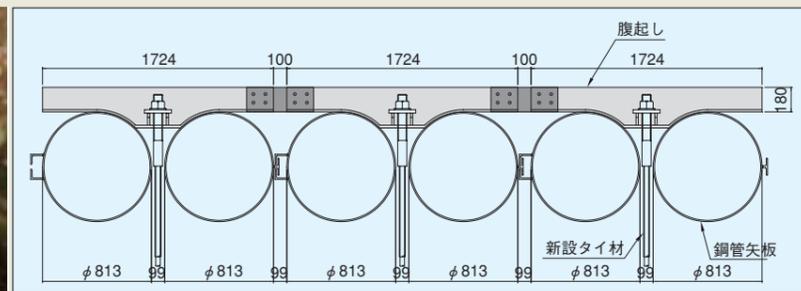
回収することになり、削孔水が直接海中へ放出される。そのため、本工法では設置した埋設管を残置したまま、先端ビットを発進側に引き戻して陸側で回収できる機構を持つ改良型小口径推進機を新たに開発した。その結果、削孔完了後に矢板のタイ材通過部を切断するのみとなり、海水への土砂流出を抑えるとともに、海中での作業を削減した。

2) 矢板継手の切断試験

鋼管矢板継手部の水中ガス切断に対して、施工精度・施工速度等を把握するために矢板継手切断試験を行った。この試験において、継手を高さ200mmで切断でき、タイ材の通過する空間を確保することができた(写真2)。



■写真2-到達精度確認状況(鋼管矢板継手部)



■図7-腹起し取付図

3) タイ材・腹起しの取付け試験

腹起し取付け時の施工精度・施工速度等を把握するために腹起し取付け試験を行った。

2段タイ材地下施工法では、鋼管矢板の水中部に腹起しを取付けることになるが、鋼管矢板は施工精度や土圧による変形などにより、鋼管矢板の岸壁法線方向基準線に対して凹凸の状態にある。そこで、既設の鋼管矢板の出来形に沿って水中での取付けができ、かつ鋼管矢板から海側への突出長を最小限に抑える新形式の腹起しを開発した(図7)。その特長は以下のとおりである。

- ① ダイバーによる取付け作業が容易で、既設鋼管矢板の出来形に沿って取付けを可能とするため、単体構造とした(写真3)。
- ② 既設鋼管矢板に局部的に大きな反力が生じないように、鋼管矢板と同じ曲率の湾曲部を設け接触面積を大きくした。
- ③ 湾曲部を有する形状としたことで、海側への突出長を小さくしても腹起しとしての曲げ剛性が確保できる構造とした。
- ④ 腹起しの内側でタイ材を固定することで、海側への突出を最小限に抑えることができる。
- ⑤ 新設タイ材の張力が均等になるように岸壁法線方向に連続した構造とし、腹起しの接合はダイバー作業が容易なボルト接合とした。



■写真3-腹起し

■表1-計測項目

計測項目	常時(静的計測)	地震時(動的計測)
①鋼管矢板ひずみ	○	○
②鋼管矢板傾斜量	○	—
③タイロッド歪	○	○
④タイロープ荷重	○	○
⑤前面水位	○	○
⑥残留水位	○	○
⑦地震加速度	—	○

注) ○:計測対象項目、—:計測対象外

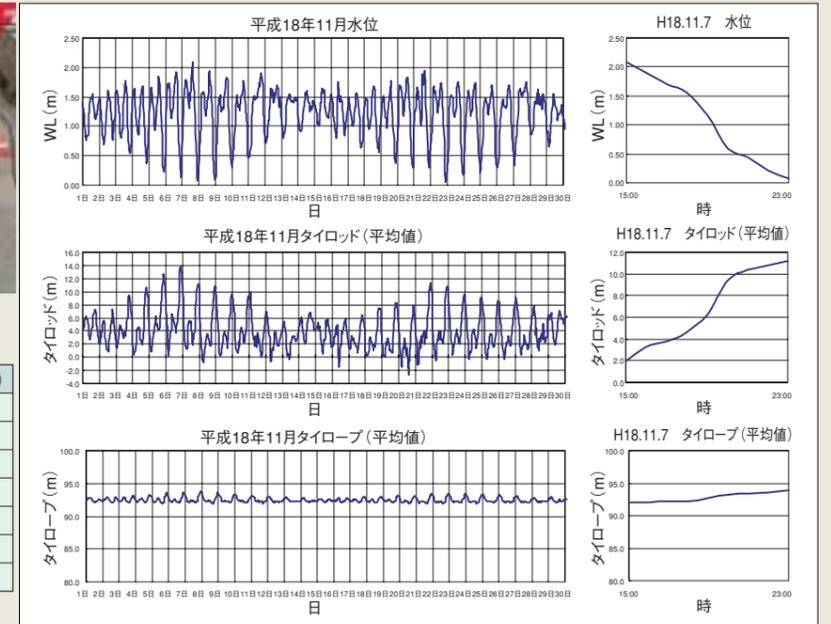
3.4 性能試験

常時・地震時の挙動の計測及び設計法の開発のため、静的力学特性計測試験と動的挙動計測試験を行った(表1)。

1) 静的力学特性計測試験

既設鋼矢板岸壁の増深改良・補強対策として2段タイ材地下施工法による設計法の開発に資するため、新旧タイ材の張力分担試験を行った。既設岸壁を実際に増深し、張力を計測することは、安全性や費用の点から現実的ではないため、高潮位時と低潮位時のタイ材の計測張力の値から分担割合を求め、解析値と比較検討した。平成18年8月8日～平成19年3月31日における岸壁前面の水位、タイロッド、タイロープの張力の計測データのうち、平成18年11月7日15～23時の潮位差が2.02mと最も大きい時に、タイロッド張力は平均で9.26KN、タイロープは平均で1.73KNにそれぞれ増加している(図8、表2)。これは水位が低下することで岸壁背後からの土圧が増分荷重として作用し、新旧タイ材の張力が増加したものと考えられる。

新旧タイ材の解析手法は、鋼管矢



■図8-水位と既設タイロッド、新設タイロープの経時変化

■表2-タイロッドとタイロープの分担率

計測日時	①高水位時張力		②低水位時張力		差分張力(②-①)
	平成18年11月17日 15:00	H18年11月17日 23:00	平成18年11月17日 15:00	H18年11月17日 23:00	
前面潮位	+2.09m	+0.07m	+2.09m	+0.07m	
残留水位	+1.38m	+0.77m	+1.38m	+0.77m	
タイロッド平均	1.9	11.2	1.9	11.2	9.26(6.86 KN/m)
タイロープ平均	92.1	93.9	92.1	93.9	1.73(0.95 KN/m)

注)タイロッド間隔@1.35m タイロープ間隔@1.82m

板前面に捨石が投入された良好な地盤であることから、港湾基準による仮想梁法の考え方を準用し、既設タイロッド取付け点と新設タイロープ取付け点及び海底地盤を支点とする2径間連続梁として行った。その結果、新旧タイ材の分担割合(タイロッド:タイロープ)は、計測値が1:0.14、解析値が1:0.12となり、概ね整合する結果となった。このことから、2段タイ材地下施工法の静的設計においては海底が良質の地盤の場合、上段タイ材・下段タイ材の取付け点及び海底面を支点とする仮想梁法を適用しても良いものと考えられる。

2) 動的挙動計測試験

2段タイ材地下施工法による鋼矢板岸壁の耐震性を確認するため、地震時挙動計測を行っている。平成19年4～11月の間に3回の地震データを記

録したが、動的挙動の把握に有効なデータは得られなかった。有効なデータが取得できるまで、地震時挙動計測を継続して行う予定である。

4—おわりに

2段タイ材地下施工法に係る実証試験成果と鋼管矢板前面水位差による新旧タイ材の張力分担を中心として取りまとめたが、今後、地震データの取得により地震時挙動に対する知見を重ね、静的・動的設計法の開発に努めていきたいと考えている。本工法が、船舶の接岸及び荷役作業への影響を最小限に抑え、港湾機能を休止させずに岸壁を増深改良・補強する工法として普及し、施設の要求性能を満たす安全な港湾の整備に貢献できることに期待したい。

<資料提供>
図、写真:東北地方整備局、大林組