

## 強じん化を目的とした矢板式係船岸の側方流動対策工の設計事例

鹿島建設（株） 正会員 ○レアンゴク 千村広介 西牧宏明 池川真也

### 1. 背景

2011年3月に発生した東日本大震災や2016年4月に発生した熊本地震の経験を教訓として、大規模災害が発生した場合においても石油等の供給を早期に回復させるための石油供給拠点の災害対応能力強化の重要性が高まっている。本報告では、矢板式係船岸を対象に大規模地震動により発生する側方流動に対し地震発生後も早期に石油を入出荷できるようにすることを目的とした強じん化対策工の設計事例を報告する。

### 2. 矢板式係船岸の構造

図-1に本設計で対象とした矢板式係船岸の構造及び地質断面図を示す。鋼矢板(U-23型)の長さは16.0m、控え工は控え矢板(YSP-II型)長さ4.0mであり、これらをタイロッド(φ46@1.6m)で結合している。鋼矢板と控え矢板の離隔は10.5mである。海底面は-7.0m(浚渫後)、H.W.L.+2.6m、地下残留水位は+1.73mである。地盤については、地表面から埋土層(Bs,Bc)、沖積砂質土層(As)、沖積粘性土層(Ac2)であり、その下には常滑層群(Ts,Tc)が分布している。このうち液状化対象層は埋土層(Bs)及び沖積砂質土層(As)である。また、工学的基盤はせん断波速度400m/s以上あるTs3層以深である。

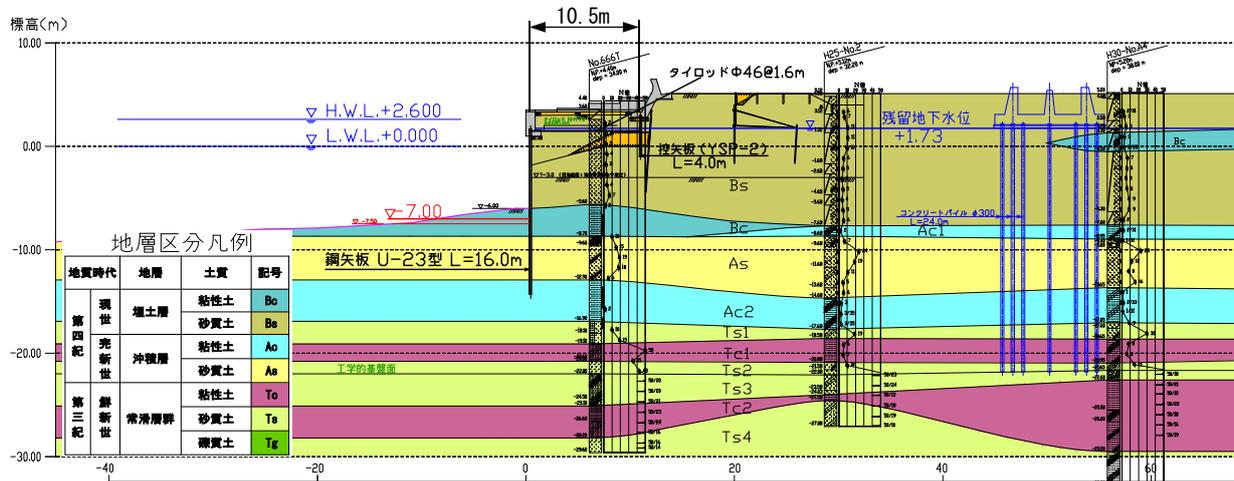


図-1 構造及び地質断面図

### 3. 現状評価結果

対策工の設計に当たり、入力地震動波形(図-2)及び、二次元有効応力解析(FLIP)で実施された現状の変状量算定結果(図-3)が提示された。これによると、地震発生後鋼矢板天端は4.97m海側へ側方流動すると算定され、早期石油の入出荷はできないと評価された。液状化対象層の過剰間隙水圧比は1.0近くまで上昇し護岸背面地盤が広く液状化し、護岸に大きな側方流動が発生する結果となっていた。

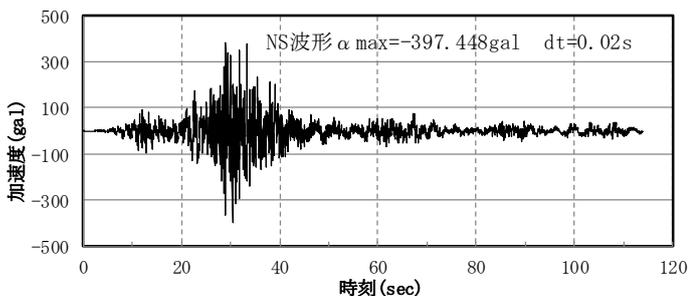


図-2 入力地震動波形

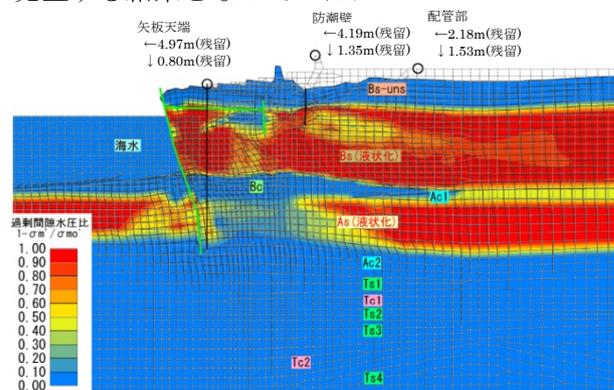


図-3 現状の変状量算定結果

キーワード：矢板式係船岸、液状化、側方流動対策、FLIP、地盤改良工、高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設（株） 土木設計本部構造設計部 TEL 03-6229-6716

4. 側方流動対策工の設計

(1) 要求性能及び制約条件

表-1に耐震強化施設の耐震性能規定<sup>1)</sup>を示す。本対象設備は標準施設に分類され、大規模地震後一週間程度で緊急物資等の荷役が要求され、係船岸の残留水平変位は100cm以内と設定した。

対策工の設計にあたり、留意点として護岸背面の防潮堤下には旧護岸が残置されており、また海苔の養殖のため海上部での施工は不可、また薬液等を流出させないことが要求された。

(2) 対策工の選定

最初に側方流動対策工法の選定を行った。対策工法として、a)深層混合処理工法(高圧噴射攪拌工法)、b)薬液注入工法、c)圧入締固め工法、d)流動抑止杭の4工法を取り上げ、試解析(FLIP)により対策効果を検討した。その結果、b)やc)の対策では残留変位の低減効果が小さく、またd)は施工的な制約により杭の仕様が限定的となりコスト面で不利であるため、改良した地盤の剛性及び強度の増強が期待できる a)深層混合処理工法(高圧噴射攪拌工法)を選定した。

(3) 改良範囲の検討

地盤改良の範囲は大きく分けて「①護岸鋼矢板のすぐ背面の改良案」と「②控え矢板周りの改良案」の2案について検討した(図-4参照)。①案は護岸の構造形式を矢板式から重力式に変える設計思想である。一方②案は現状評価で控え矢板が護岸と一緒に変位し全く機能していなかったため、控え矢板を改良体で巻き込み改良体自体の全体安定性で控え矢板の変位を抑制し、タイロッドを介して護岸鋼矢板の側方流動を抑制する設計思想である。地震後の許容残留変位を満足するための必要改良幅は②案の方が小さく、また改良材が鋼矢板のセクション外れや根入れ下端を回って海域へ流出するリスクも低減できることから、改良位置は護岸鋼矢板から5m程度離隔を確保できる②控え矢板周りを重点的に改良する案に決定した。なお、本対策は既設構造部材が健全であることが前提であるので、採用にあたっては試掘等によりその健全性を確認した。

(4) 設計結果

図-5に設計改良断面を示す。改良体はそれ自体の外的安定性を確保するため、良好な地盤Tc層に着底させ、かつ要求性能を満足する最適な改良幅を設定した。また、本対策は控え矢板前面の受働抵抗の確保が重要であり、旧護岸のある改良体の上部は地盤改良の品質確保のため、ブロック状改良とした。対策実施後の地震後の残留水平変位は0.93mで、許容値1.0mを満足した(図-6参照)。

5. おわりに

本報告では矢板式係船岸の側方流動対策工について、要求性能や工事の制約条件を踏まえた設計事例について紹介した。今後、同様な矢板式係船岸の側方流動対策工の設計の一助になれば幸いである。

参考文献

1)製油所等の耐震性能等評価の手引き, 経済産業省

表-1 耐震強化施設の耐震性能規定<sup>1)</sup>

照査項目		幹線貨物輸送対応	緊急物資輸送対応	
		特定	特定	標準
変形量 (全形式共通)	残留水平変位量	荷役機械の特性に合わせて設定する	30~100cm程度	100cm程度以上
	残留傾斜角		3度程度	具体的な記述なし
	レールスパンの相対変位量			
構造的な 安定性	矢板の応力	設計降伏応力度		全塑性モーメント
		設計破断強度		
	タイ材の破断	設計断面耐力(全塑性モーメント)		
	控え工に作用する軸方向力	地盤の破壊に基づく抵抗力(押し込み、引き抜き)		
	控え版の安定性	設計断面耐力(終局限界状態)		
	上部工の断面破壊	設計断面耐力(終局限界状態)		

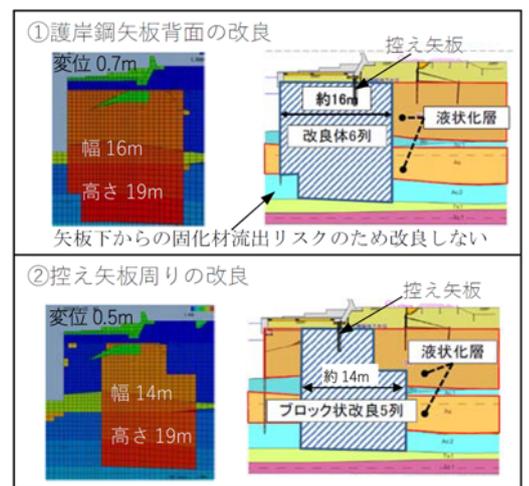


図-4 改良範囲の比較

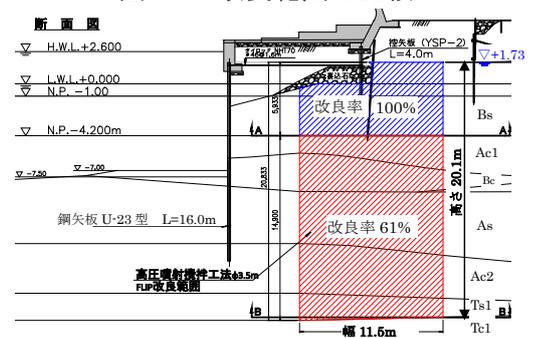


図-5 設計改良断面

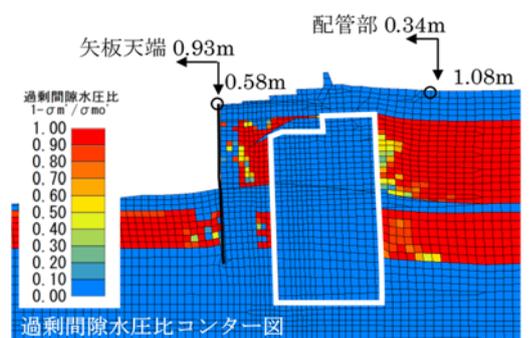


図-6 対策後の残留変位量