矢板式構造による重力式係船岸増深改良工法の地震応答解析における既設構造物の影響検討

	東	亜建設工業 株式	式会社	正会員	○佐藤	慶介
国立研究開発法人 海上・港湾	·航空技術研究所	港湾空港技術研	研究所	正会員	小濱	英司
一般社団法人 鋼管杭	・鋼矢板技術協会	正会員 塩崎	禎郎	正会員	永尾	直也

1. はじめに

近年,巨大地震による耐震性能の向上,既存係留施設の老朽 化,船舶の大型化に伴う増深化,コスト縮減の観点から,既設 構造物を活用した改良工法の必要性が高まっている.このよ うな背景から,改良工法の選定や改良設計に関する基本的な 考え方がまとめられている¹⁾.本検討では,構造事例が多い既 設重力式係船岸を対象とし,既存研究²⁾³⁾では検討されていな い,控え矢板式構造物を新設する増深改良工法について,L2地 震動による地震応答解析を行い,既設構造物の有無による影 響検討を行った.





2. 解析対象および解析条件

検討対象は、図1に示す既設重力式係船岸を増深改良した 控え矢板式係船岸とした.各要素の物性値は、同図および表1 に示す.解析は、港湾構造物の耐震設計において広く用いられ ている2次元有効応力解析プログラムFLIP⁴⁾を用い、図4に 示すL2地震動の60秒~225秒を解析対象時間として行った.

検討ケースは Case1, Case2 の計 2 ケースとした(図 2,図 3).新設構造物のみモデル化した Case1 と,新設,既設構造物の両方をモデル化した Case2 の解析結果を比べることにより,既設構造物の有無による影響を検討した. Case1 では FLIP において通常用いられる矢板式係船岸の多段階に増深過程を加えた自重解析を行い, Case2 では,既設重力式岸壁を築造した後に矢板式構造を構築して増深した築造過程を考慮した多段階の自重解析とした.



キーワード 港湾施設, 増深工法, 改良工法, 重力式係船岸, 控え矢板式構造, 地震応答解析
連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区 1-3 東亜建設工業(株) TLE: 045-503-3741

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·																					
		地盤条件		単位体	、積重量	基準有効	せん断	体積	有効			水の体積	最大	粘着力	せん断			液状化	七特性		
上层女份	N値	細粒分含有率	φ	飽和	水中	拘束圧	弾性係数	弹性係数	拘束圧	ボアソン比	間隙率	弹性係数	減衰定数		抵抗角	変相角		液壮	犬化バラメー	-9	
上層有称	Ν	Fc		y	y'	$\sigma'ma$	Gma	Kma	依存性	v	п	Kw	hmax	С	φf	φp	sl	wl	p1	p2	cl
		(%)	(°)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	mG, mK					(kN/m ²)	(°)	(°)					
埋立砂 (気中)		9 14	27.5	18	-	98	70000	182500	0.5	0.33	0.45	-	0.24	-	39.09	-	-	-	-	-	-
埋立砂 (水中)		9 14	27.5	20	10	98	70000	182500	0.5	0.33	0.45	2200000	0.24	-	39.09	28	0.005	5.867	0.5	0.952	2.588
裏込め材 (気中)	-	-	-	18	-	98	180000	469400	0.5	0.33	0.45	-	0.24	20	35	-	-	-	-	-	-
裏込め材 (水中)	-	-	-	20	10	98	180000	469400	0.5	0.33	0.45	22000	0.24	20	35	-	-	-	-	-	-
基礎割石	-	-	-	20	10	98	180000	469400	0.5	0.33	0.45	22000	0.24	20	35	-	-	-	-	-	-
海底地般	3	0 14	35	20	10	98	166000	432900	0.5	0.33	0.45	2200000	0.24	-	42.55	28	0.005	24.95	0.5	0.518	10.55

表 1 地盤物性値一覧

3. 解析結果

解析結果を表 2,図 5 に示す.ここで,図 5(2)の矢板-地盤間のジョイント要素に垂直にかかる応力を矢板に作用する土圧と捉える.

まず表 2より,自重解析終了時,地震応答解析終了時ともに,Case2 の方が変位の小さいことが確認できる.これは,表 2および図 5(2) より,矢板がタイロッド取付点+2.8m 付近で受ける土圧が Case2 の 方が小さいことから,タイロッド張力,変位が Case1 よりも小さく なったと考えられる.また図 5(1)より,あまり大きな差はないが, 地震応答解析終了時の控え杭の曲げモーメントは Case2 の方が小さ く,タイロッド張力の違いが影響していると考えられる.



図 4 入力地震動の加速度波形(2E 波)

表 2 鋼材の水平変位量およびタイロッド張力

	検討 ケース	チ	三端 水平	タイロッド張力				
出力段階		新設前	面矢板	新設措	空え杭	(kN/m)		
		残留值	最大值	残留值	最大値	残留值	最大値	
自重解析	Case1	-3.6	-3.6	-2.0	-2.0	94.3	94.3	
	Case2	-1.7	-1.7	-0.7	-0.7	6.7	6.7	
100	Case2/Case1	47.0%	47.0%	37.0%	37.0%	タイロッ (kN 残留値 94.3 6.7 7.1% 57.9 47.6 82.2%	7.1%	
地震応答解析 終了時	Case1	-555.4	-600.2	-554.3	-598.4	57.9	402.4	
	Case2	-428.6	-449.9	-422.3	-454.3	47.6	306.3	
	Case2/Case1	77.2%	75.0%	76.2%	75.9%	82.2%	76.1%	

次に,図 5(1)の地震応答解析終了時の矢板に発生する曲げモーメ

ントに着目する.部材全体の絶対値最大の曲げモーメントが発生した根入れ部(増深後水深-14.1m 以深)では,残留 値,最大値ともに Case2 の方が小さくなった.また,最大曲げモーメントは Case2 が Case1 の約 81.0%となり,変 位同様,既設構造物を有することの効果が確認できた.しかし,根入れ部と比べ差は小さいが,標高約-2.5m から既 存水深-12.1m では Case2 の方が大きく,さらに,正の曲げモーメントの高さ方向の範囲が広くなった.ここで,図 5(2)に着目すると,残留値,最大値ともに既存水深-12.1m 付近で Case2 の土圧が顕著に大きい.これは,この位置 において矢板が海向きに大きく押されていることを示しており,このために,矢板が海向きに凸になる正の曲げモ ーメントの区間がより深い位置にまで広がったと考えられる.この深さにおける矢板背後にはケーソン下端があり, 変位しようとするケーソンが矢板によって抑えられているため,矢板に大きな力が作用したと推測される.

謝辞:本研究の一部は,(一社)日本鉄鋼連盟の「鋼構造研究・教育助成事業」の助成を受けて,(国研)港湾空港技術 研究所が実施した.

参考文献

1)田端優憲, 宮田正史, 水谷崇亮, 松村聡, 鍵本慎太郎, 高野向後, 岡本渉: 既存係留施設の改良工法選定および改 良設計に関する基本的な考え方, 国土技術政策総合研究所資料, No.996, 2017. 2) 田端優憲, 宮田正史, 水谷崇亮, 松村聡, 鍵本慎太郎:重力式係船岸の増深改良を事例とした改良工法検討の検証(その1), 国土技術政策総合研究 所資料, No.1021, 2018. 3) 田端優憲, 宮田正史, 水谷崇亮, 高橋英紀:重力式係船岸の増深改良を事例とした改良 工法検討の検証(その2), 国土技術政策総合研究所資料, No.1047, 2018. 4)S. Iai, Y. Matsunaga, T. Kameoka(1992). Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, 32(2): 1-15.

