

矢板による重力式岸壁増深改良の既設構造省略による地盤応力状態への解析的影響検討

東亜建設工業 株式会社 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 港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司

1. はじめに

近年の厳しい財政状況の中、船舶大型化に対応すべく、既設構造物を活用した増深改良工法が望まれている。既往文献¹⁾の事例分析では、重力式岸壁の事例は全体の半数に昇るものの、増深改良の事例は少ない。一方、改良設計の実務では、既設構造物や築堤段階を省略した簡易手法により検討されうる。しかし、この場合、本来の構造物同士の相互作用や地盤の応力状態を表現できず、必ずしも安全な検討が行えるとは限らない。

そこで、著者らは控え矢板式構造による重力式岸壁の増深改良に対し、L2相当の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を検討した²⁾。本稿では、新たに既設岸壁築堤段階の有無による検討を加え、主に地盤の応力状態を比較する。

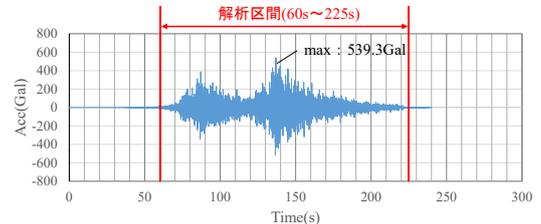
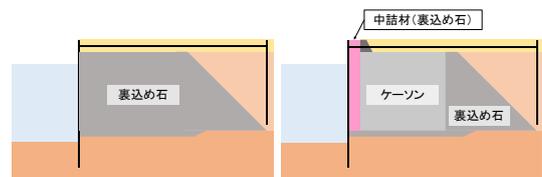


図2 入力地震動の加速度波形(2E波)



(a)Case1 (b)Case2・Case3

図3 解析モデル模式図

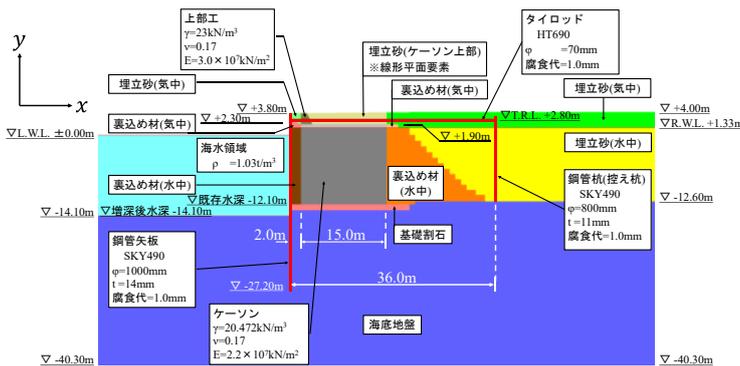


図1 解析モデル

2. 解析対象および解析条件

検討対象は、図1に示す既設重力式岸壁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、図2に示す地震動³⁾の解析区間に対し、港湾構造物の耐震設計で広く利用される2次元有効応力解析プログラムFLIP⁴⁾によって行った。

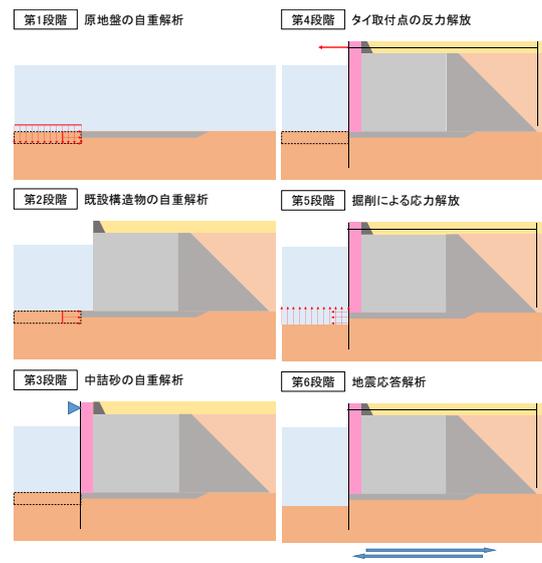


図4 詳細モデル Case2 解析手順

表1 地盤物性値一覧

土層名称	地盤条件			単位体積重量		基帯有効拘束圧 σ'_{ma}	せん断弾性係数 G_{ma}	体積弾性係数 K_{ma}	有効拘束圧依存性 mG, mK	ポアソン比 ν	間隙率 n	水の体積弾性係数 K_w	最大減衰定数 h_{max}	粘着力 C	せん断抵抗角 ϕ'	液状化特性					
	N値 N	細粒含有率 F_c (%)	ϕ (°)	飽和 γ (kN/m^3)	水中 γ' (kN/m^3)											変相角 ϕ_p (°)	液状化パラメータ				
																	sI	wI	pI	$p2$	cI
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	-	-	-	-	-	-
海底地盤	30	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

キーワード 港湾施設, 増深工法, 改良工法, 重力式岸壁, 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

検討ケースは以下の3ケースとした。Case1は、既設構造物を省略した図3(a)に示す解析モデルであり、FLIPにおいて通常用いられる控え矢板式岸壁の多段階築造過程に増深過程を加えた自重解析を行う(図4の第2段階を除く)。Case2は、検討対象の詳細なモデルで、既設重力式岸壁を築造後、控え矢板式構造を構築、矢板前面を増深する自重解析を行う(図4)。Case3は、Case2の自重解析のうち、既設重力式岸壁の築堤過程(Case2における第2段階)を省略しており、既存のケーソンとその裏埋め、矢板、中詰砂を同時に配置した自重解析を行う(図4の第2段階を除く)。以下では、Case2を詳細モデル、Case1とCase3を簡易モデルと呼ぶ。

3. 解析結果

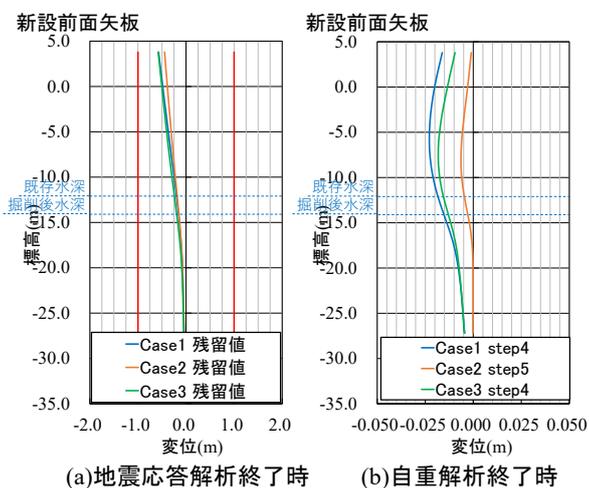


図5 前面矢板変位図

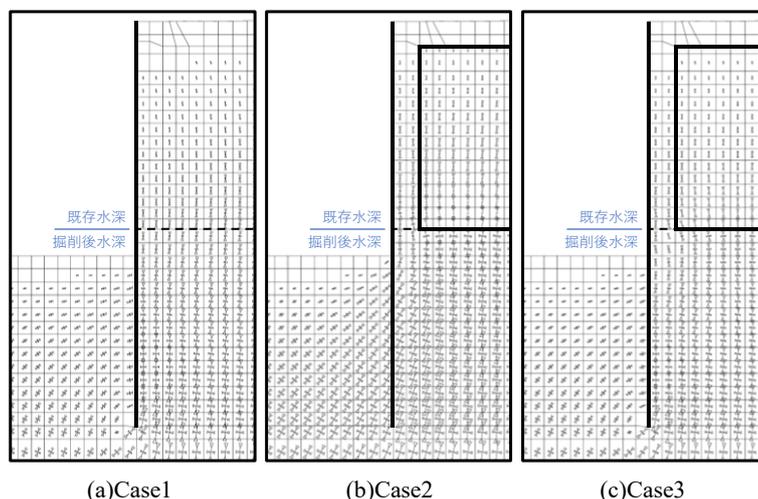


図6 主応力ベクトル図(自重解析終了時)

解析結果を図5から図7に示す。図5(b)より自重解析終了時において、Case1とCase3では矢板根入れ部の掘削後水深より深部で変位が生じたが、Case2ではほとんど生じていない。自重解析終了時の応力状態は図6のようであり、Case2は矢板前背面の主応力軸方向等の応力状態が連続的である。一方、Case1とCase3では、背面で最大主応力方向が鉛直の主働状態、前面で最大主応力方向が水平の受働状態にあり、矢板前背面で不連続的な状態となっている。また図7より、Case1とCase3での矢板前面地盤浅部の拘束圧はCase2に比べてやや小さい。

これらの違いは、ケーソンの有無ではなく、詳細モデルと既設重力式岸壁の築堤段階を省略した簡易モデルの間で起こっている。したがって、簡易モデルでは、詳細モデルでの矢板設置前の既設岸壁築造による海底支持地盤への応力伝達が無く、矢板前面地盤の拘束圧が小さくなったと考えられる。そのため、矢板前面地盤の強度や剛性も小さくなり、自重解析終了時および地震応答解析終了時に、より大きい変位の評価に影響したと考えられる。

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) 佐藤慶介, 小濱英司, 塩崎禎郎, 永尾直也: 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, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, 2019.
- 3) (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 地震防災研究領域: 2011年東北地方太平洋沖地震による仙台塩釜港(仙台区)高砂埠頭における地震動の事後推定(第2版), https://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bst/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_4052_rev2.html (2021年3月8日最終閲覧)
- 4) S. Iai, Y. Matsunaga, T. Kameoka(1992). Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, 32(2): 1-15.

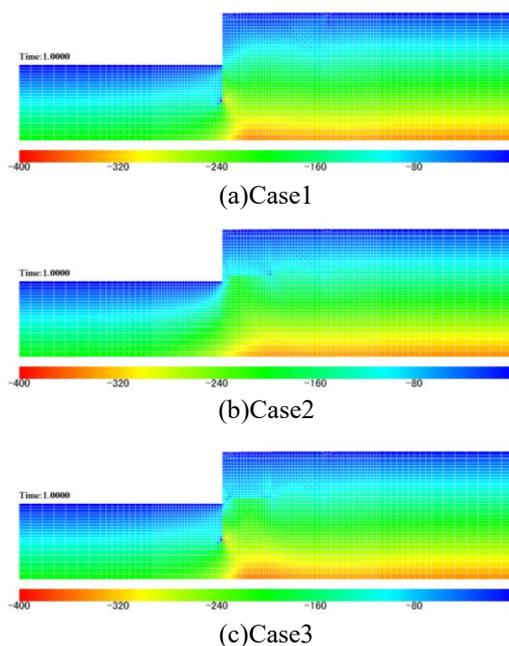


図7 平均有効応力(拘束圧)分布図