

矢板式係船岸を既設前面に新設する場合の設計方法に関する考察～既設重力式岸壁での検証

(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会 正会員 〇及川 森 辰見 ター 相和 明男
港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司
東亜建設工業 正会員 佐藤 慶介

1. はじめに

近年、船舶の大型化による増深、耐震性能の向上、老朽化への対策などで、既設の係留施設の改良が必要な事例が増加している。そのため、2018年に改訂された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾では、既存施設の改良設計に関する記載が新たに追加されたが、矢板式係船岸を既設前面に新設する場合の詳細な設計方法については明示されていない。田端ら²⁾は既存係留施設の改良工法について取りまとめており、既設の矢板やケーソンの前面に矢板式構造を新設することにより、作用する荷重のすべてを新設構造物に負担させる考え方が記載されている。これに対し、筆者ら³⁾は、既設の矢板式係船岸の前面に矢板式構造を新設する場合に既設構造の考慮の有無が設計に及ぼす影響について検討した。本報では引き続き、同様に既設重力式(ケーソン)前面に矢板式構造を新設する場合について報告を実施する。

2. 検討内容

図-1 に示す検討対象断面図を示す。既設ケーソン岸壁の設計水深を12.1m から 14.1m に増深するために、前面に鋼管矢板(以下、矢板)を設置した状況を想定した。既設・新設それぞれの仕様は以下の通りである。

- <既設ケーソン> 高さ H=15.9m×幅 B=15.0m
- <新設前面矢板> φ1000×t14(SKY490, L-T 型継手)×L=30.5m

既設ケーソンの考慮有無の影響検証として、ケーソン有無における前面に作用する曲げモーメントの比較のため、永続状態(常時)及び変動状態(L1 地震時)を対象としたフレーム解析を実施した。検討 CASE と検討方法・目的を表-1 に示す。CASE0 と 1 は既設ケーソンの考慮無し、CASE2 と 3 は既設ケーソンの考慮有りの場合である。既設のケーソンを考慮する場合については、陸側から作用する主働土圧・残留水圧は一旦既設ケーソンで受けて、底面に作用する鉛直力と摩擦力とが地盤内応力を通じて、前面の矢板に作用すると仮定した。また、前面の矢板には背面より中詰め土の主働土圧、残留水圧、掘削前設計水深-12.1m 以深に作用する増深に伴う主働土圧と、前面より受働土圧が、両者の釣合点(仮想地盤面)まで作用するものとし、釣合点以下は地盤バネ $k_h=1500\text{N(kN/m}^3\text{)}$ が作用するものとした。なお、CASE2 は上記の土圧・水圧を全て考慮したが、CASE3 では、既設のケーソン岸壁供用時にはすでにケーソン下の永続状態の地盤内応力は生じていたとも考えられるため、前面矢板への地盤内応力は、永続状態(常時)は作用せず、変動状態(L1 地震時)検討時には永続状態(常時)からの増分のみが作用することとした。CASE3 の変動状態の検討モデルを図-2 に示す。

表-1 検討 CASE・方法・目的

CASE	検討方法	既設ケーソン	ケーソンからの地盤内応力		検討目的
			永続状態	変動状態	
0	新設矢板のみを考慮した仮想ばり法+叩の方法	×	×	×	フレーム解析との比較
1	新設矢板のみを考慮したフレーム解析(タイ材取付点を支点とした梁に主働土圧と受働土圧の釣合点まで土圧を考慮し、以下を地盤バネとして考慮。)	×	×	×	基本 CASE
2	既設ケーソンの影響を考慮し、前面の新設矢板にケーソン底面からの地盤内応力と主働土圧・受働土圧、残留水圧を作用させたフレーム解析	○	○	○	最も安全側の検討(考えられる土圧・水圧を全て作用)
3	CASE(2)の地盤内応力を永続状態には作用させず、変動状態の際に永続状態からの増分のみを作用させる。	○	×	△永続からの増分	永続状態地中応力・残留水圧重複の解消

キーワード 矢板式係船岸, 岸壁, 増深, 耐震, 老朽化

連絡先：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10 鋼管杭・鋼矢板技術協会 Tel：03-3669-2437

3. 検討結果と考察

各 CASE の最大変位・最大曲げモーメント・タイ材反力をそれぞれ表-2 に示す。検討の結果、以下のことが言える。

- ① 既設のケーソンを考慮して検討を行った CASE2 では、無視した CASE1 と比較して、最大曲げモーメントがおおよそ 1.4 倍となった。これについては、以下が原因で安全側の設計となっていることが考えられる。
 - A) 前面矢板に残留水圧を直接作用させる一方、ケーソンにも残留水圧を作用させてケーソン底面反力を計算し、ここから得られた地中応力を矢板に作用させている。
 - B) ケーソン設置時点においてケーソン自重に対して地盤が抵抗していたが、ケーソン設置以後に打設された矢板にも、ケーソン設置の際の地中応力を作用させている。
- ② CASE3 では、ケーソン底面からの地盤内応力について、永続状態(常時)にはケーソン自重は地盤が全て受け持つため矢板には作用しないと考えて考慮せず、変動状態(L1 地震時)には偏心傾斜荷重による永続状態からの増分のみが矢板に作用すると仮定した。その結果、ケーソンを無視した CASE1 に対し最大曲げモーメントが 7～13% 低減された。既設ケーソン岸壁供用時にケーソン下の永続状態地中応力が発現していたことを考えると、その地中応力を矢板に作用させる CASE2 は過大設計の可能性がある。
- ③ CASE0 と 1 の比較から、主働・受働の釣合点まで土圧を作用させて、それ以下を地盤バネで考慮した場合に算出される最大曲げモーメントおよびタイ材反力は、ロウの方法を用いた場合の結果とさほど変わらなかった(最もクリティカルな地震時で 3% 程度)。

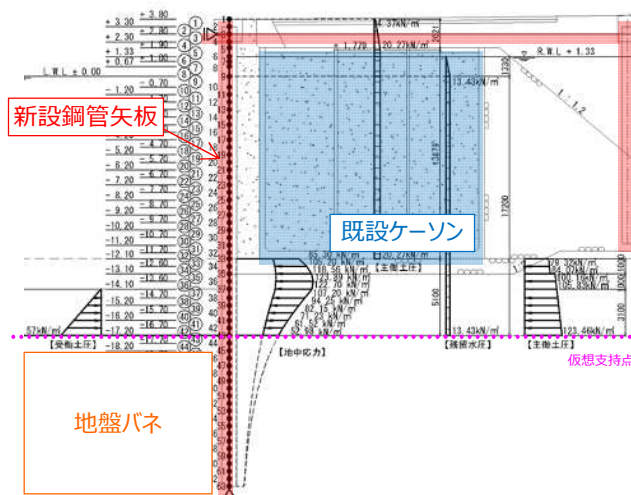


図-2 フーム解析の検討モデル/CASE3(変動状態)

表-2 壁体に発生する最大変位・最大曲げモーメント・タイ材反力の比較

CASE	最大曲げモーメント(kN m/m)		タイ材反力(kN/m)	
	常時	L1 地震時	常時	L1 地震時
0	1,411 (1.16)	2,370 (0.97)	270 (1.08)	422 (0.99)
1	1,213 (1.00)	2,453 (1.00)	250 (1.00)	425 (1.00)
2	1,664 (1.37)	3,520 (1.43)	294 (1.18)	413 (0.97)
3	1,060 (0.87)	2,289 (0.93)	243 (0.97)	339 (0.80)

※()内は CASE1 を基準とした時の割合

4. まとめ

矢板式係船岸を既設重力式岸壁前面に新設する場合に、既設構造の考慮の有無が設計に及ぼす影響について検討した結果、以下のことが分かった。

- 既設ケーソンを考慮する場合、ケーソン底面に作用する鉛直力と水平力から地盤内応力を考慮した上に、残留水圧とケーソン設置時から発生する永続状態地中応力を考慮すると、過大設計になると考えられる。
- ケーソン底面からの地盤内応力を考慮する際に、矢板設置時にすでに発現していると考えられる永続状態は考慮せず、変動状態(L1 地震時)検討時には永続状態(常時)からの増分のみが矢板に作用するとして検討することで、新設のみの設計に比べて、壁体に発生する曲げモーメントを低減できる。

参考文献

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2018
- 2) 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.996，2017.10
- 3) 及川森，辰見ター，相和明男，小濱英司：矢板式係船岸を既設前面に新設する場合の設計方法に関する考察，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，2019