

鋼材の終局状態に基づく岸壁耐震検討その2～FLIPによる耐震検討～

新日鐵住金(株)

正会員 ○伊勢 典央, 妙中 真治

(株)日建設シビル

正会員 加藤 卓彦, 加藤 亮輔, 星 将太

1. 概要

港湾基準等の耐震検討では、岸壁に用いられる鋼材をモデル化する際に全塑性モーメント後の勾配をゼロとして計算する。しかし本報その1¹⁾の検討により、鋼材塑性効果を考慮することで鋼矢板は降伏後も緩やかな二次勾配を持ち、耐力を保ち続けることが判明している。本検討では、この二次勾配を考慮したFLIP耐震検討²⁾を実施することで、地震時に発生する鋼矢板の曲率について考察するとともに、鋼矢板岸壁の安定性評価を行った。

2. 検討断面および検討条件

検討対象とする岸壁は図1に示す鋼矢板岸壁とする。このとき、液状化対象層はBg, Bs, As層である。各層の地盤パラメータおよび鋼材パラメータを表1に示す。また、鋼矢板の二次勾配を検討するケースでは、二次勾配にその1で得られた関係を用いる(図2)。なお、地震動としては内閣府³⁾より公開されている南海トラフ地震動(基本ケース)を用いる(図3)。

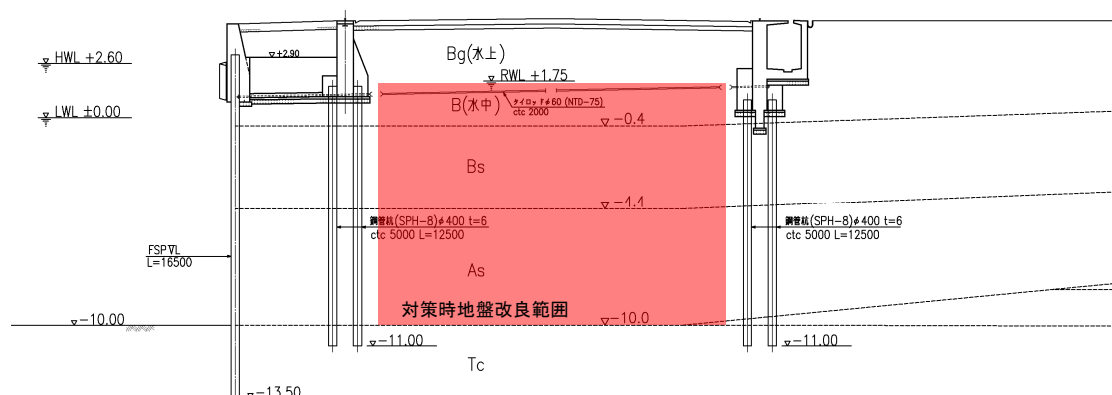


図1 岸壁断面図

表1 FLIPパラメータ(地盤・構造)

地層	単位体積重量 γ_t	せん断抵抗角 ϕ	粘着力 c	基準有効拘束圧 σ'_m	基準せん断剛性 G_{ma}	基準体積弾性係数 K_{ma}	最大減衰定数 h_{max}	間隙率 n	ポアソン比 ν	ϕ_p'	S1	W1	P1	P2	C1
Bg(水上)	18.8	40.7	0.0	98.0	354,724	925,065	0.240	0.45	0.33						
Bg(水中)	18.8	40.3	0.0	98.0	213,398	556,509	0.240	0.45	0.33	28.0	0.005	9.00	0.50	1.01	3.20
Bs	19.5	41.8	0.0	98.0	63,883	166,596	0.251	0.45	0.33	28.0	0.005	2.50	0.50	0.80	1.76
As	18.6	40.1	0.0	98.0	53,430	139,336	0.244	0.45	0.33	28.0	0.005	5.05	0.50	0.70	1.75
Tc	19.4				228,888	152,592									

材料	直径 ϕ	厚さ t	腐食代	腐食低減	断面積 A	断面2次モーメント I	断面係数 Z	ctc	断面積 A	断面2次モーメント I	断面係数 Z	材質	全塑性モーメント M_p
	(mm)	(mm)	(mm)	A, I, Z	(cm^2 /本)	(cm^4 /本)	(cm^3 /本)	(m)	(m^2 /m)	(m^4 /m)	(m^3 /m)		(kNm/m)
鋼矢板VL			0.71, 0.94	0.92	246.2	57960	2898	1.0	2.46E-06	5.80E+00	2.90E-03	SY295	1026
鋼管杭 ϕ 400	400.0	6.0	0.94		62.5	12069	606	5.0	1.25E-03	2.41E-05	1.21E-04	SKK490	49

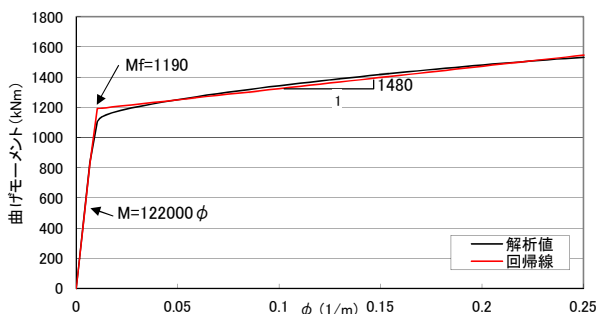


図2 鋼矢板の二次勾配(鋼矢板非線形解析)

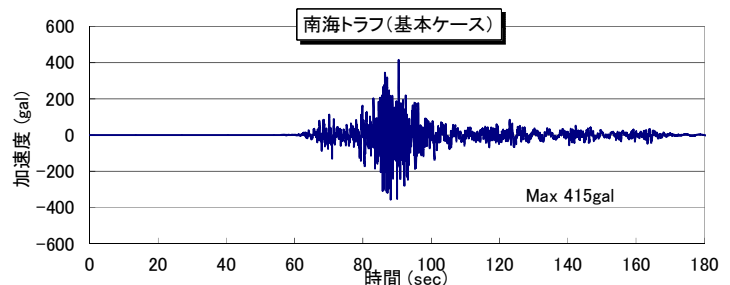


図3 対象地震動(工学的基盤)

キーワード 耐震解析, 液状化, 鋼矢板, 塑性化

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日鐵住金(株) 設備・保全技術センター TEL 0439-80-2978

3. 検討ケースおよび結果

代表的に Case1-1 での過剰間隙水圧分布および鋼矢板発生モーメントを図 4、図 5 に示す。また、表 2 に検討ケースおよび結果一覧を示す。無対策断面，対策後断面ともに，鋼矢板の二次勾配を考慮すると変形量・応力ともにやや減じたものの，考慮しない場合と大きくは変わらなかった。これは，本断面では鋼矢板に生じる応力が非常に大きいためであると考えられる。対策効果について着目すると，無対策の Case1 では許容値 100cm を上回っているのに対し，地盤改良を実施した Case2 では約 8cm と大きな効果が発揮されている。一方，鋼矢板の発生モーメントは対策後断面でも海底面にて全塑性モーメントに達しており，耐震性能を満たしていない。

表 2 検討ケースおよび検討結果

ケース	対策	前面矢板		発生 M (kNm)	発生曲率 (1/m)	岸壁天端 水平変位 (cm)
		折れ点	二次勾配			
1-1	無対策	Mp	無	1026	0.197	132.9
1-2		Mp	有	1282	0.182	128.6
参考		線形モデル		3588	0.031	—
2-1	セメント改良 (改良強度 0.6MPa)	Mp	無	1026	0.045	7.6
2-2		Mp	有	1075	0.042	7.5

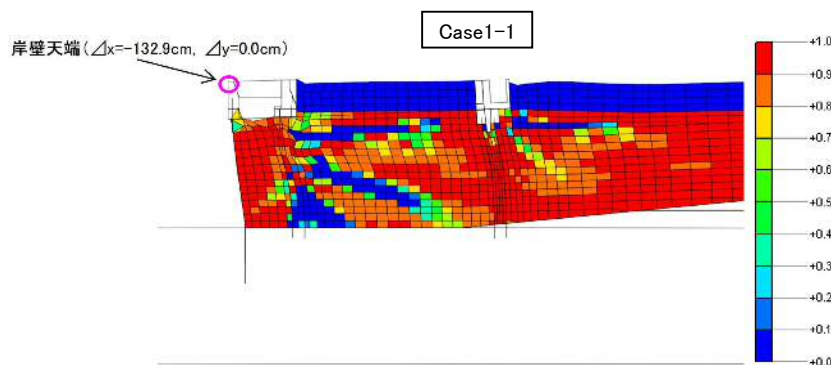


図 4 過剰間隙水圧比分布 (変形倍率 1 倍)

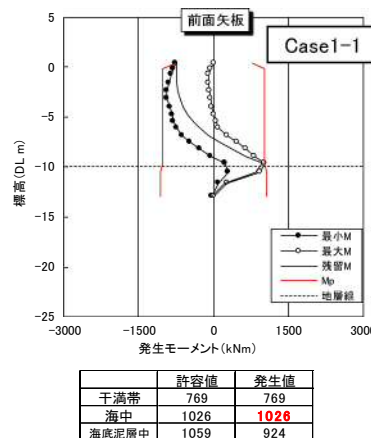


図 5 鋼矢板発生モーメント

4. 鋼矢板の曲率に関する考察

無対策の場合の最大曲率は 0.182~0.197，対策を実施した場合の最大曲率は 0.042~0.045 である (図 6)。一方，鋼矢板非線形解析結果では，鋼矢板の無対策の最大曲率 0.2 を超えた後も耐力増加傾向があり急激な耐力の低下は生じていない。(図 7)。すなわち，無対策断面，対策断面ともに全塑性モーメントを超えるものの，岸壁の倒壊に至るような耐力低下に対しては大きな余裕がある。

このことから，岸壁の変形量が港湾基準で定められる 100cm 以内に収まっている対策後断面は，ある程度の修復により地震後も岸壁の利用が可能になると推測される。

5. まとめ

鋼矢板の終局状態を考慮した二次勾配を用いて FLIP 耐震検討を実施することで，地震時に発生する曲率について考察するとともに，鋼矢板岸壁の安定性評価を行った。この結果，本鋼矢板岸壁は南海トラフ地震動レベルでも崩壊には至らず，粘り強さを示すことが分かった。

参考文献

- 1)伊勢ら：鋼材の終局状態に基づく岸壁耐震検討その 1～鋼部材の非線形特性の検討～，土木学会第 70 回年次学術講演会 (投稿中)。
- 2)一般社団法人 FLIP コンソーシアム：<http://www.flip.or.jp/>
- 3)内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」：<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/>

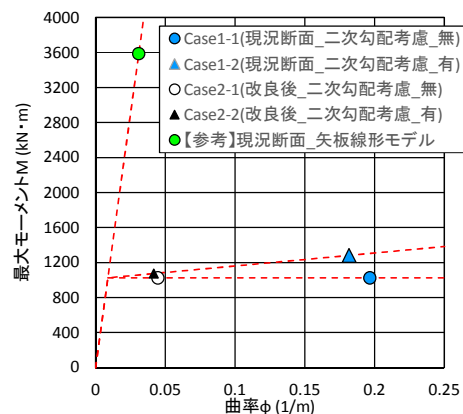


図 6 各ケースの M-φ 関係
事前 FLIP 解析での応答曲率

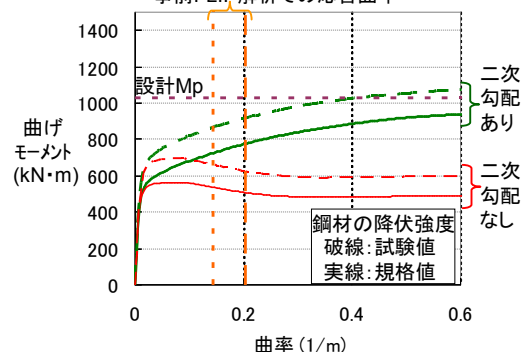


図 7 鋼矢板非線形解析結果