

永続状態における自立矢板式係船岸の応力照査に用いる部分係数の提案

東亜建設工業 正会員 ○岸 真裕

1. はじめに

平成 19 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、レベル 1 信頼性設計法である部分係数法が標準的な設計手法となった。しかし、現状では設計に用いる標準的な部分係数が設定されていない構造形式も残されている。本稿は、その一つである自立矢板式係船岸に関して、永続状態における矢板壁の応力照査に用いる部分係数を提案するものである。

2. 設計条件および基本断面の設定

自立矢板式係船岸の耐震性能照査用震度に関する検討資料²⁾を参考に設計条件を設定し、従来設計法である許容応力度法により基本断面を設計した(図-1 参照)。なお、基本断面は永続状態における発生応力度が許容応力度内となるように設計しており、変位量の許容値は設定していない。

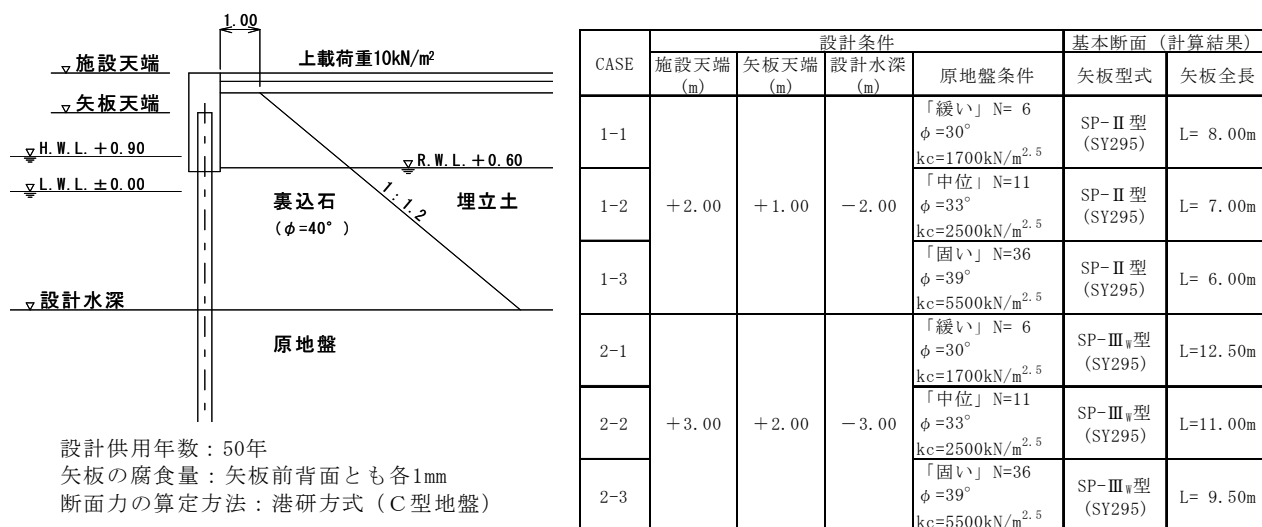


図-1 設計条件および基本断面

3. 信頼性解析 (FORM)

前項で設定した基本断面について、FORM (First-Order Reliability Method) による信頼性解析を行った。性能関数 Z および対象パラメータは以下のとおりである。

$$Z = \sigma_y - \sigma_s(P_e(w', \tan \phi, \delta), k_c) \quad \dots \quad (\text{式-1})$$

ここに、

σ_y ：鋼材降伏強度， σ_s ：矢板に生じる曲げ応力度，
 P_e ：土圧合力， w' ：地盤の有効単位体積重量，
 $\tan \phi$ ：せん断抵抗角の正接， δ ：壁面摩擦角，
 k_c ：地盤反力係数（港研方式C型地盤）

FORM はテーラー展開により性能関数を線形化し、収束計算で誤差最小となる点を探索するものである。しかし、港研方式は単純に定式化できないため、 $0.1\sigma_x$ (σ_x ：標準偏差) 変化させたパラメータを港研方式の計算プログラムに入力し、出力される応力度の変化率を偏微分係数と見なして性能関数の線形化を行った。

表-1 信頼性解析の対象パラメータ

パラメータ		$\mu_x/\bar{X}_k$	V_x
σ_y	鋼材降伏強度	1.20	0.065
P_e	土圧合力	w'	1.00
		$\tan \phi$	1.00
		δ	1.00
k_c	地盤反力係数	1.00	0.111

※ $\mu_x/\bar{X}_k$ ：平均値の偏り (= 平均値/特性値)，
 V_x ：変動係数

キーワード 自立矢板式係船岸，部分係数，信頼性解析

連絡先 〒102-8451 東京都千代田区四番町 5 東亜建設工業 土木事業本部設計部 TEL:03-3262-5105

4. 部分係数の提案値

信頼性解析で得られた感度係数から設定した部分係数の提案値を表-2に示す。ここに、目標システム信頼性指標 β_T は参考文献 1), 3)における控え矢板式係船岸に対する値と同様としており、目標値に対して過不足が生じるケースについては最適断面となるよう設計を見直した上で信頼性解析を再度実施している。

表-2 自立矢板式係船岸の性能照査に用いる部分係数の提案値 (C型地盤・永続状態)

			耐震強化施設				耐震強化施設以外			
目標システム信頼性指標 β_T			3.6				2.7			
目標システム破壊確率 P_{fT}			1.7×10^{-4}				4.0×10^{-3}			
γ_X の計算に用いる目標信頼性指標 $\beta_{T'}$			3.60				2.93			
			γ_X	α_X	μ_X/X_k	V_X	γ_X	α_X	μ_X/X_k	V_X
矢板壁の 応力	$\gamma_{\tan\phi}$	せん断抵抗角の正接	0.75	0.989	1.00	0.100	0.80	0.986	1.00	0.100
	γ_c	粘着力	1.00	-	1.00	0.100	1.00	-	1.00	0.100
	γ_w'	有効単位体積重量	1.05	-0.066	1.00	0.050	1.05	-0.077	1.00	0.050
	γ_δ	壁面摩擦角	0.95	0.131	1.00	0.100	0.95	0.144	1.00	0.100
	γ_q	上載荷重	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
	γ_{RWL}	残留水位	1.00	-	1.00	0.050	1.00	-	1.00	0.050
	γ_{kc}	地盤反力係数	0.95	0.017	1.00	0.111	0.95	0.030	1.00	0.111
	γ_{σ_y}	鋼材降伏強度 (SY295)	1.00	0.023	1.20	0.065	1.00	0.026	1.20	0.065
	γ_a	構造解析係数	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-

※1 γ_X : 部分係数, α_X : 感度係数, μ_X/X_k : 平均値の偏り (= 平均値/特性値), V_X : 変動係数である。

※2 土圧を算出する際の ϕ は, $\arctan(\gamma_{\tan\phi} \cdot \tan\phi_k)$ による。添え字 k は特性値を示す。

部分係数は、対象パラメータを全て正規分布として式-2により算定した。鋼材降伏強度の部分係数 γ_{σ_y} は 1.00 以上の値として算出されるが、鋼材降伏強度の設計用値を JIS 規格値以上とする事例はないことから $\gamma_{\sigma_y}=1.00$ とし、感度係数 α_X が最も大きいせん断抵抗角の正接に関する部分係数を調整 (割増) した。また、抵抗側 ($\alpha_X > 0$) は切り捨て、作用側 ($\alpha_X < 0$) は切り上げて 0.05 単位に丸めた値とした。

$$\gamma_X = \left(1 - \alpha_X \beta_T' \frac{\sigma_X}{\mu_X} \right) \cdot \frac{\mu_X}{X_k} \quad \dots \quad (\text{式-2})$$

提案する部分係数値を用いた設計断面は、表-3に示すとおり、全て目標信頼性指標 β_T を満足する最適断面となることを確認した。一部 (表中で太字ハッチ) ケースでは、許容応力度法とは 1 ランク異なる型式の矢板となっている。

表-3 提案した部分係数による設計断面の信頼性解析結果

CASE	耐震強化施設			耐震強化施設以外			基本 断面 (従来法)
	矢板 型式	信頼性指標		矢板 型式	信頼性指標		
		計算値 β	目標値 β_T		計算値 β	目標値 β_T	
1-1	Ⅱ	4.29	> 3.6	Ⅱ	4.29	> 2.7	Ⅱ
1-2	Ⅱ	4.68	> 3.6	Ⅱ	4.68	> 2.7	Ⅱ
1-3	Ⅱ	5.19	> 3.6	Ⅰ _A	3.14	> 2.7	Ⅱ
2-1	Ⅳ	4.22	> 3.6	Ⅲ _W	3.31	> 2.7	Ⅲ _W
2-2	Ⅲ _W	3.73	> 3.6	Ⅲ _W	3.73	> 2.7	Ⅲ _W
2-3	Ⅲ _W	4.39	> 3.6	Ⅲ	3.27	> 2.7	Ⅲ _W

5. おわりに

以上のとおり、永続状態における自立矢板式係船岸の応力照査に用いる部分係数を提案した。今後は、S型地盤の場合への適用性などについても確認する予定である。

本稿の内容は、国土交通省国土技術政策総合研究所が主催する「港湾信頼性設計法研究会」のテーマの一つとして筆者が検討したものである。港湾施設研究室・長尾毅室長、宮田正史主任研究官ほか、研究会のメンバーからは多大な助言や指導を頂いた。ここに付記し、感謝の意を表します。

【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，2007。
- 2) 築地ら：レベル1地震動に対する自立矢板式および二重矢板式係船岸の耐震性能照査用震度の設定方法，国土技術政策総合研究所資料，No.454，2008。
- 3) 長尾ら：経済損失を考慮した期待総費用最小化のための岸壁の常時のレベル1信頼性設計法，土木学会構造工学論文集，Vol.51A，pp.389-400，2005。