

補正係数を導入した地盤パラメータの設定事例について

独立行政法人港湾空港技術研究所 地盤・構造部土質研究チーム 正会員 渡部 要一
 国土交通省関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 正会員 小濱 英司
 国土交通省関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 久保 哲也
 財団法人 沿岸技術研究センター 正会員 ○石原慎太郎
 株式会社ドラムエンジニアリング 正会員 川瀬 将

1 はじめに

平成19年に改正された「港湾の施設の技術上の基準・同解説(以下「技術基準」という)」では、「仕様規定」から「性能規定」に移行し、性能照査手法として信頼性設計法が導入された。地盤設計においては、性能照査に用いる「特性値」は、補正係数を導入し設定することとなった。これは、試験法の信頼度に応じた補正を最初から特性値に反映しておくという考え方で、変動係数に応じて補正の程度を変化させ、試験法に起因するばらつきやデータ個数の違いが自動的に特性値に反映される手法である。本報告は、平成19年に実施した地盤調査結果に対して、この手法により「特性値」を設定し、係留施設の断面検討へ適用した事例について述べるものである。

2 性能照査に用いる土質定数の設定方法

JGS4001-20041に基づき、性能照査に用いる地盤パラメータの設定は、原則として「特性値」は「導出値」の平均値(期待値)であるが、単なる「導出値」の算術平均ではなく、統計的な平均値の推定誤差を勘案しなければならないとされる(図-1参照)。技術基準に示された方法は、これを実現するために、補正係数を用いて、統計的な取り扱いを簡略化することによって、実務での使いやすさを追求した「特性値」の設定方法となっている。

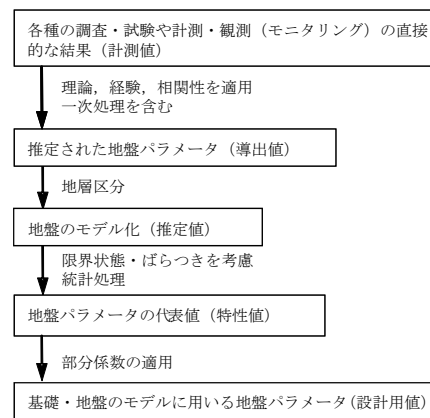


図-1 地盤パラメータの設計用値を設定するフロー

3 地盤調査と室内試験の概要

本報告で対象となる構造物は係留施設であり、技術基準に従い多くの「導出値」より設計に用いる「特性値」について比較できるよう、事前調査として延長400mの区間内において17ヶ所のボーリング調査を実施した。この調査では、原位置においてφ116mmの径で不攪乱試料採取を行い、地盤パラメータの設定に必要な十分な個数の室内試験が行えるようにした。

図-2は、調査した地盤の断面図(既往断面、海上部は計画断面)である。この土層構成の中から-12~-40mに位置する粘性土層に着目して、補正係数を用いて地盤パラメータを設定した事項を以下に示す。

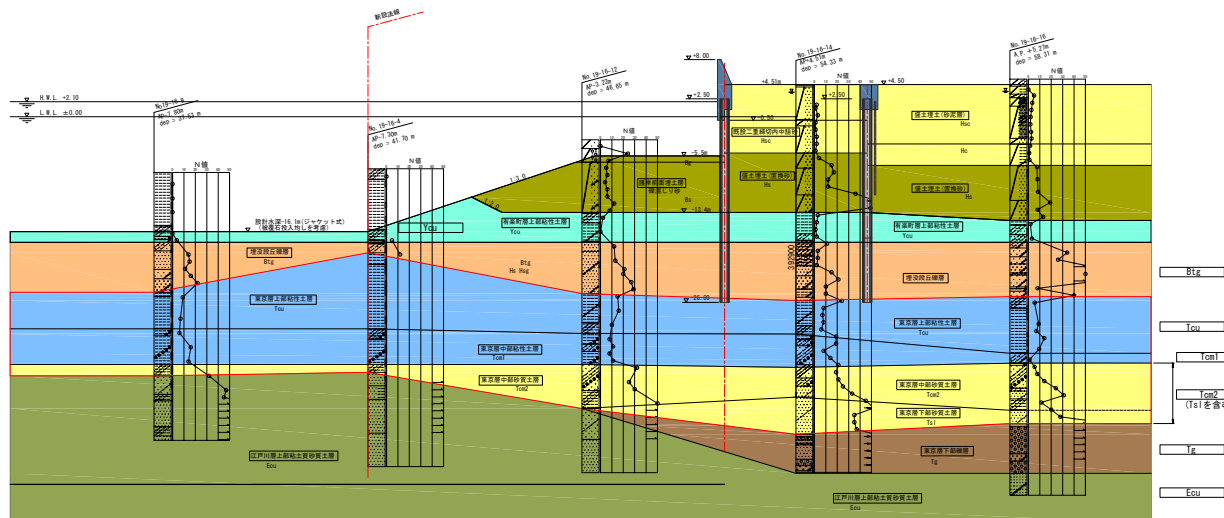


図-2 対象となる構造物の位置における地盤の断面図

キーワード：信頼性設計法，港湾の施設の技術上の基準・同解説，地盤パラメータ設定，補正係数

連絡先：〒102-0092 東京都千代田区隼町 3-16 住友半蔵門ビル 6F TEL. 03-3234-5862 FAX. 03-3234-5877 CDIT

4 補正係数を導入した地盤パラメータの設定

技術基準に示された方法では、試験法等に起因するばらつきにより、変動係数 (CV) が著しく異なることに着目して、「推定値」を「特性値」にするための補正係数 b_1 を導入している。これは、均質な地盤であれば変動係数は0.1以下になることが知られていることより**表-1**のように変動係数に応じて補正係数 b_1 の数値が与えられている。変動係数が0.6以上のときは、ばらつきが大きすぎて設計に用いることができない。

また、データ個数が統計処理をするのに不足している場合には、補正係数 b_2 を導入して補正を行う。当該地盤パラメータが性能照査上耐力側に寄与する場合や設計で

安全側に寄与する場合には $b_2 = \{1 - (0.5/n)\}$ を、危険側に寄与する場合には $b_2 = \{1 + (0.5/n)\}$ を、補正係数 b_1 に乗じるものとする。ただし、補正係数を導入するにあたり、**表-2**に示す各地盤パラメータのうち補正の必要がないものもある。

この考え方に基づき、各試験結果より対象断面について、設定した地盤パラメータを**表-3**に示す。

表-1 補正係数の値

変動係数 CV	補正係数 b_1	
	性能照査上耐力側のパラメータ(設計で安全側に寄与する定数)	性能照査上作用側のパラメータ(設計で危険側に寄与する定数)
0.1未満	1.00	1.00
0.1以上 0.15未満	0.95	1.05
0.15以上 0.25未満	0.90	1.10
0.25以上 0.4未満	0.85	1.15
0.4以上 0.6未満	0.75	1.25
0.6以上	結果の解釈やモデル化の再検討あるいは再調査	

表-2 特性値を設定する際の補正の考え方

調査・試験方法	当該調査・試験で計測・導出される地盤パラメータ	記号	補正の必要性		例外の理由等
			有	無(例外)	
物理試験	透水性(単位体積重量)	ρ_s	○	※	
	含水比	w	○	※	
	土粒子密度	ρ_s	①	②	①性能照査において当該パラメータを直接用いる場合は補正の必要あり ②その他のパラメータを算出するために当該パラメータを用いる場合は補正の必要なし
	粒度試験(通過質量百分率)	D_{50} 等	○	○	粒度は分布であり土質定数ではないので、補正の対象ではない
	コンシステンシー試験	液性限界 塑性限界	○ ○	※ ※	
一軸圧縮試験	一軸圧縮強度	σ_c	○	※	
	粘着力	c	○	※	ばらつきはtanφで考える
三軸試験	せん断抵抗角	ϕ	○	※	
	圧縮指数	e_c	○	※	
圧密試験	体積圧縮指数	e_v	○	※	
	圧密係数	c_v	○	※	
現場透水試験	透水係数	k	○	○	※位置での実験的な調査・試験であって、地盤の確かな特性を評価しているため、統計処理には適さない

※補正の必要性のある地盤パラメータであっても、3m程度以下の浅層の場合など、取得可能なデータ個数に限りがある場合にあっては統計的処理に適さないこともある。

表-3 対象となる構造物の位置で設定した地盤パラメータ一覧表

名	種	項 目	飽和重量 γ _{sat} (kN/m ³)	埋置重量 γ _i (kN/m ³)	水中重量 γ' (kN/m ³)	一軸圧縮強度 σ _{cu} /2 (kN/m ²)	三軸OU試験 (kN/m ²) ×0.75×0.9	三軸UU試験 (kN/m ²)	三軸CUb (kN/m ²)	せん断抵抗角 三軸CD φ _u (°)	せん断抵抗角 φ' (°)	粘着力C (kN/m ²)	内部摩擦角φ (°)	設定係数				
上部粘性土層 (砂混じり粘土)	Ycu	推 定 値	---	15.5	5.7	14.0	---	57.700	---	36.000	---	---	---	---	C=17.5m以上 C=17.8kN/m ² C=17.5m C=11.0kN/m ² C=13.4m 粘性土 X=-1.483Y-8.88 y=AP=0m	一軸圧縮試験 C=146kN/m ² (補正前平均値) C=106kN/m ² (補正後) 深さ方向に強度増加が見られるため、計算に用いる設定値(強度)	X=-1.483Y-8.88(y=0 AP=0) Y: AP標準(-記号のまま)をそのまま入力	
		変動係数 CV	---	0.123	0.335	0.490	---	0.280	---	---	---	---	---					
		データ数 n	---	44	44	34	---	2	---	1	---	---	---					
		補正係数 b ₁	---	1.06	1.16	0.75	---	0.85	---	---	---	---	---					
		b ₂	---	1.01	1.01	0.99	---	0.75	---	---	---	---	---					
		特 性 値	---	16.5	6.6	10	---	36.784	---	36.000	---	---	---					
埋没段丘礫層 (砂礫)	Btg	推 定 値	---	18.3	10.6	18.8	---	210.600	---	38.400	37.100	---	---	---	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) ここに、σ _v :有効土被り圧 N値 34.2=34°	砂質土 34.2=34°	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) ここに、σ _v :有効土被り圧 N値 34.2=34°	
		変動係数 CV	---	0.053	0.225	0.010	---	0.220	0.060	---	---	---	---					
		データ数 n	---	9	9	2	---	2	5	1	---	---	---					
		補正係数 b ₁	---	1.00	1.10	1.00	---	0.90	---	---	---	---	---					
		b ₂	---	1.06	1.06	0.75	---	0.75	---	---	---	---	---					
		特 性 値	---	19.3	12.3	13.1	---	142.155	38.400	37.100	---	---	---					
上部粘性土層 (砂混じりシルト)	Tcu	推 定 値	---	16.4	6.6	20.4	153.500	---	162.200	---	32.600	---	---	---	C=134.3kN/m ² C=24.7m C=151.0kN/m ² C=29.7m 粘性土 X=-3.34Y+51.78 y=AP=0m	K ₀ 再圧密後圧縮伸張試験の平均値は C=182.2kN/m ² (補正前) 一軸強度の平均値は、 174.5kN/m ² (補正後)。 X=-3.34Y+51.78(三軸による、補正後) y=AP=0m	K ₀ 再圧密後圧縮伸張試験の平均値は C=225.9kN/m ² (補正前) 一軸強度は、 145.8kN/m ² (1箇所)	
		変動係数 CV	---	0.059	0.147	0.270	0.100	---	0.160	---	0.090	---	---	---				
		データ数 n	---	41	41	37	2	---	21	---	5	---	---	---				
		補正係数 b ₁	---	1.00	1.06	0.85	0.85	---	0.90	---	---	---	---	---				
		b ₂	---	1.01	1.01	0.99	0.75	---	0.88	---	---	---	---	---				
		特 性 値	16.6	16.6	7.0	17.3	109.369	---	142.504	---	32.600	---	---	---				
中部粘性土層 (貝混じりシルト)	Tcm1	推 定 値	---	16.4	6.6	17.4	109.400	---	143.000	---	32.600	---	---	---	C=151.0kN/m ² C=29.7m C=167.7kN/m ² C=34.7m 粘性土 X=-3.34Y+51.78 y=AP=0m	K ₀ 再圧密後圧縮伸張試験の平均値は C=225.9kN/m ² (補正前) 一軸強度は、 145.8kN/m ² (1箇所)	Y: AP標準(-記号のまま)をそのまま入力	
		変動係数 CV	---	0.064	0.147	0.320	---	---	---	---	---	---	---	---				
		データ数 n	---	18	18	1	14	---	1	---	1	---	---	---				
		補正係数 b ₁	---	1.00	1.06	1.00	0.85	---	1.00	---	---	---	---	---				
		b ₂	---	1.03	1.03	0.50	0.98	---	0.50	---	---	---	---	---				
		特 性 値	---	17.8	8.1	145.8	135.077	---	112.950	38.800	---	---	---	---				
中部砂質土層 (シルト質細砂)	Tcm2	推 定 値	---	18.1	9.5	---	213.600	---	34.700	---	---	---	---	---	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) 三軸CU試験 φ=34.7° N値からの換算は 33.8° 注:T _u 層を含む。	砂質土 34°	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) 三軸CU試験 φ=34.7° N値からの換算は 33.8° 注:T _u 層を含む。	
		変動係数 CV	---	0.018	0.075	0.440	---	0.400	---	0.090	---	---	---	---				
		データ数 n	---	7	7	---	4	---	3	---	---	---	---	---				
		補正係数 b ₁	---	1.00	1.00	0.75	---	0.75	---	---	---	---	---	---				
		b ₂	---	1.07	1.07	0.88	---	0.88	---	---	---	---	---	---				
		特 性 値	---	19.4	10.2	---	140.175	---	---	34.700	---	---	---	---				
下部粘性土層 (砂質シルト)	Tcl	推 定 値	---	18.4	8.6	---	229.400	---	---	---	---	---	---	---	C=178.7kN/m ² C=38.0m C=186.4kN/m ² C=40.3m 粘性土 X=-3.34Y+51.78 y=AP=0m	C=178.7kN/m ² C=38.0m C=186.4kN/m ² C=40.3m 粘性土 X=-3.34Y+51.78 y=AP=0m	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) N値からの換算は 39.8°	
		変動係数 CV	---	0.024	0.051	0.100	---	---	---	---	---	---	---	---				
		データ数 n	---	6	6	---	6	---	---	---	---	---	---	---				
		補正係数 b ₁	---	1.00	1.00	---	0.85	---	---	---	---	---	---	---				
		b ₂	---	1.08	1.08	---	0.82	---	---	---	---	---	---	---				
		特 性 値	---	19.9	9.3	---	199.769	---	---	---	---	---	---	---				
下部礫層 (礫質土)	Tg	推 定 値	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) N値からの換算は 39.8°	砂質土 φ=40°	φ=25+3.2√ 100N (70+σ _v) N値からの換算は 39.8°	
		変動係数 CV	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				---
		データ数 n	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				---
		補正係数 b ₁	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				---
		b ₂	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				---
		特 性 値	---	20.0	18.0	10.0	---	---	---	---	---	---	---	---				---

5 まとめ

本報告の対象となる構造物の位置においては、多くの地盤調査と試験を行っており、データ数が多いことから、変動係数が小さくなると予想されたが、データを集計してみると予想以上に変動係数が大きく、結果として「推定値」から「特性値」を得るまでに、大きく補正が行われた地盤パラメータとなった。今後、新しい技術基準に準拠した地盤パラメータ設定の事例が、蓄積されていくと思われるが、事例が蓄積されてそのデータで信頼性設計による性能照査を行っていくことが重要であると考え。

参考文献

- 国土交通省港湾局監修，日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007.7
- 地盤工学会基準JGS4001-2004：性能設計概念に基づいた基礎構造物に関する設計原則，2004
- 財団法人 沿岸技術研究センター：港湾構造物設計事例集（平成19年 改訂版），2007.3