

土質試験や技術論文などの資料も活用した設計土質定数の設定事例

サンイン技術コンサルタント(株) 松本 明日香

1. はじめに

設計に用いる土質定数は、道路橋示方書・同解説、各種指針・基準書等に示されている経験式を用いて設定するのが一般的である。経験式が複数ある場合は、調査地の地質概要、堆積状況などを考慮して、解析担当者が総合的に決定することが多い。

本報告では、これら地質情報に加えて、物理試験結果や技術論文などの資料も参考に経験式を選定し、調査地の地質・土質に適合した設計土質定数を設定した事例の一例を紹介する。

2. 業務概要

調査対象は、鳥取県米子市にあるため池（新堤池）であり、報告事例は、堤体および基礎地盤の耐震性能を検討することを目的とした「ため池耐震性調査業務」である。

(1) 地形・地質概要

対象地は、大山の裾野地域に位置する台地である。この台地地形は、大山火山の噴火に伴う火砕流の堆積地形である。地質は、中新世火山岩類に属する吉佐火山碎屑岩および清水安山岩が付近一帯の基盤岩を形成しており、この上部には砂・礫および粘土からなる沖積層が堆積して一帯の低平地を形成している。

(2) 調査内容

調査は、ボーリング調査および現場透水試験、サンプリング及び室内土質試験を実施した。（表-1）

表-1 調査数量

項目	数量	
機械ボーリング	3箇所	堤体中央・上流側・下流側
現場透水試験	1回	堤体中央（堤体盛土）
サンプリング	2本	堤体中央（堤体盛土・基礎地盤）
室内土質試験	一式	

3. 調査結果

ボーリング調査の結果、層厚4m程度の均一型堤体盛土が確認された。

(1) 地層推定断面図

基礎地盤は、沖積の砂質土層と粘性土層が互層状に成層しており、沖積砂質土層は上部と下部に分けられ、下部砂質土層では粒径の不揃いな礫や部分的に玉石の混入も確認された。

その下位に洪積粘性土層（N値10前後、中ぐらいの硬さ）および洪積砂質土層（中ぐらいの締まり具合）が堆積している。（図-1）

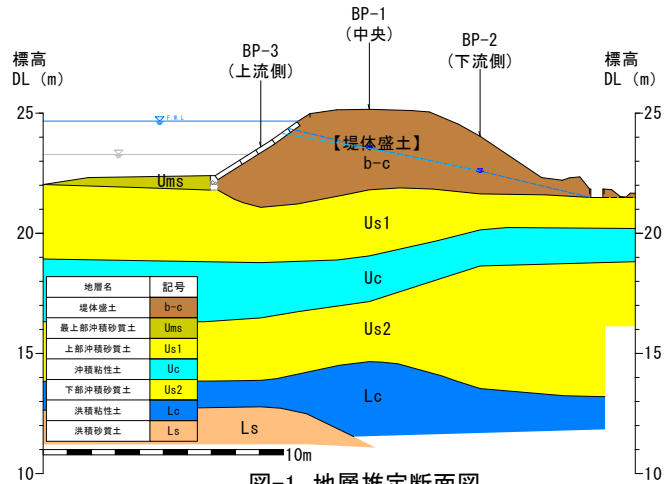


図-1 地層推定断面図

(2) 土質試験結果

サンプリング試料を用いた室内土質試験により、堤体盛土および基礎地盤粘性土の物理特性・力学特性を把握した。（表-2）

表-2室内土質試験結果

ボーリング孔	BP-1 (中央)	
深度 GL- (m)	1.50~2.50	6.50~7.50
地層名	堤体盛土	基礎地盤
記号	b-c	Uc
湿潤密度 (g/cm ³)	1.627	1.681
自然含水比 (%)	62.0	46.0
礫分 (%)	1.6	0.0
砂分 (%)	48.5	2.0
シルト分 (%)	25.2	21.6
粘土分 (%)	24.7	76.4
液性限界 (%)	91.7	60.3
塑性限界 (%)	59.1	30.9
塑性指数	32.6	29.4
試験条件		CU Bar
粘着力 C (kN/m ²)	23.9	24.8
内部摩擦角 φ (°)	6.8	4.5
粘着力 C' (kN/m ²)	2.5	22.7
内部摩擦角 φ' (°)	23.5	7.7

4. 土質定数設定

土質定数の設定は、表-3に示すように試験値がある地層は試験値を採用し、試験値がない地層については、設計N値から各種経験式を用いて設定した。

表-3 設計定数設定根拠

地盤定数	記号	単位	地層区分	
			粘性土	砂質土・礫混り土砂
設計N値	N	回	各層の平均N値	
			実測値より	
単位体積重量	γ _t	kN/m ³	湿潤密度試験の結果より γ _t (kN/m ³) = ρ _t (g/cm ³) × 10 それ以外は一般値を採用	
粘着力	c	kN/m ²	三軸圧縮試験結果より それ以外は Peck qu=16.7N を採用 C=qu/2	c=0
内部摩擦角	φ	°	φ=0	三軸試験結果より それ以外は Peck φ=0.3N+27 を採用
透水係数	k	m/s	現場透水試験の結果より それ以外はクレーガーによる D ₂₀ と透水係数の関係より	

(1) 設計指針「ため池整備」¹⁾

設計指針「ため池整備」¹⁾では、良質な不かく乱試料が採取できない場合にあっては、N値から推定で求めてよいものとする、とあり、図-2が示されている。

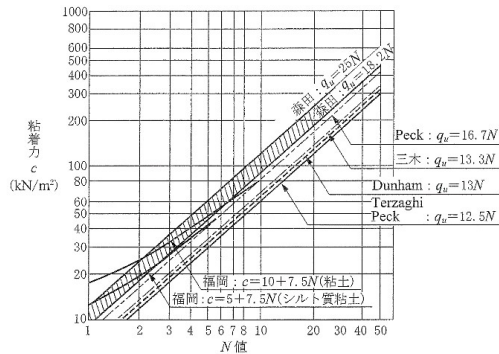


図-2 粘性土のN値と粘着力Cとの関係

設計指針¹⁾では、表-4に示すように複数の経験式が示されているが、採用する経験式によって粘着力の値に最大2倍程度のバラツキが生じることが理解できる。(設計N値=8、 $\phi=0^\circ$ として算定)

表-4 各種経験式と換算値

提案者	経験式	粘着力
森田	$q_u = 25N$	100
	$q_u = 18.2N$	72
Peck	$q_u = 16.3N$	65
三木	$q_u = 13.3N$	53
Dunham	$q_u = 13N$	52
Terzaghi Peck	$q_u = 12.5N$	50
福岡 *粘土 *シルト	$C = 10 + 7.5N$	70
	$C = 5 + 7.5N$	65

※設計N値8の場合

(2) 技術論文からの考察

これら経験式は、バラツキをもったデータを集積し提案されたものであり、図-3にみられるように、国内の土質は海外の経験式よりも概して高い傾向にある。設計における強度定数²⁾に示されている q_u とN値の関係でもそのバラツキが確認できる。(図-3)

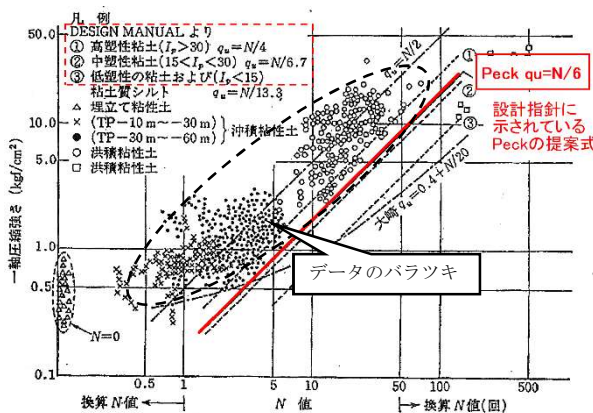


図-3 q_u とN値の関係²⁾に加筆

(3) 土質試験結果からの考察

図-3では塑性指数に着目した粘土の経験式が示されており、堤体盛土は $I_p=32.6$ より①高塑性粘土 ($I_p>30$) の経験式、基礎地盤は $I_p=29.4$ より②中塑性粘土 ($15<I_p<30$)

の経験式に該当する。つまり調査対象地の土質は、バラツキのあるデータの下限側に位置することが図-4により読み取れる。

このため、設計指針¹⁾にある Peck の経験式を採用することは、調査対象地の土質に適合しており、なおかつ安全側の定数であることが図-4より読み取れる。

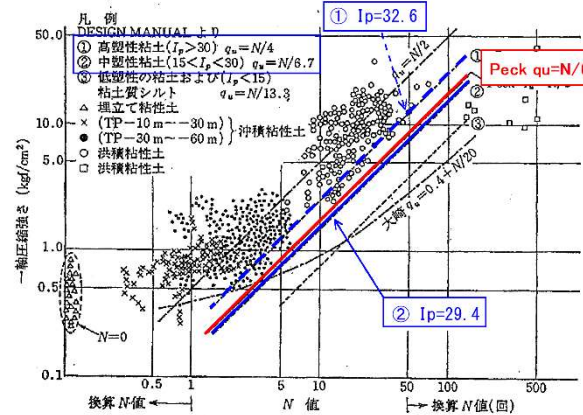


図-4 q_u とN値の関係²⁾に加筆

(3) Peck の経験式採用

以上のように、物理特性の結果を反映し、今回の業務では Peck の経験式を採用し、試験を実施していない層 (Lc 層) の粘着力を算出した。(図-5)

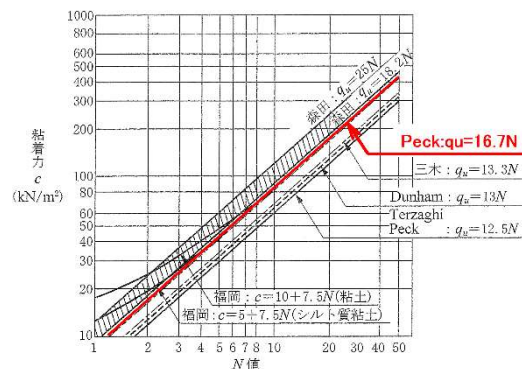


図-5 粘性土のN値と粘着力Cとの関係¹⁾に加筆

5. おわりに

本報告では、土質試験や技術論文も含めて様々な視点から土質定数を設定する事例を報告した。

採用する経験式によっては定数に大きな差異が生じ、現地の土質とそぐわない定数を設定しかねないが、物性値や技術論文を参考に多方面から考察をすることで、現地状況に適合した定数設定が可能になると考える。

特に各地層ごとの物性値把握は、調査段階で必ず実施すべきと考える。

《引用・参考文献》

- 農林水産省農村振興局整備部監修，公益社団法人農業農村工学会：土地改良事業設計指針「ため池整備」，p. 57，2015. 5.
- 土質工学会：設計における強度定数-C、 ϕ 、N値，p. 52，1988.