

築造過程の締固めの影響を考慮した、既存ため池の強度評価に関する考察 Study on Strength of Reservoir Embankment considering Effect of Compaction

○野村 英雄*, 向井 亮介**, 赤坂 幸洋*, 島田 徹也*

NOMURA HIDEO, MUKAI RYOSUKE, AKASAKA YUKIHIRO, SHIMADA TETSUYA

1. はじめに

ため池の殆どは築堤年代が古いため、堤体土は人力によって締固められているが、締固めエネルギーの堤体強度に対する影響の評価方法は明確ではない。ため池堤体の耐震性能の評価は現在、全国で精力的に行われているが、既存堤体の強度特性の評価において、締固めの影響はあまり注意が払われていないのが現状である。本報告では、現存するため池の堤体土を用いて、築造過程の締固めの影響を圧密試験とせん断試験から調べることによって、適切な強度の評価方法について考察したものである。

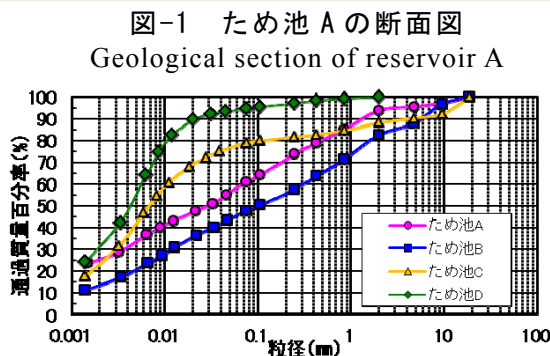
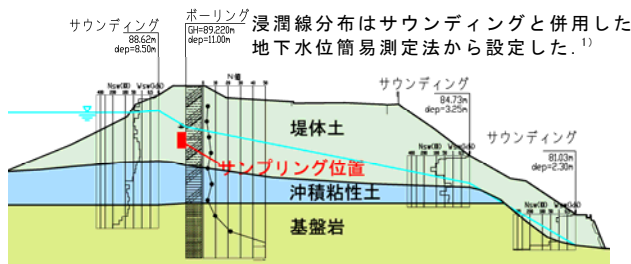
2. 実験概要

2.1 対象ため池および堤体材料

使用したため池堤体試料は、広島県で進めている『ため池耐震診断』業務において、原位置から採取した乱れの少ない試料を用いている。表-1 に示すように、対象としたため池の築堤時代は古く、人力で築造したものと考えられる。

表-1 ため池の物理特性
Physical properties

		ため池A	ため池B	ため池C	ため池D
型式		均一型	均一型	均一型	均一型
堤体土質		粘性土	砂礫質粘土	砂礫質粘土	砂礫質粘土
築堤年代		1682年	1861年	詳細不明 (江戸時代)	江戸時代 以前
堤体改修履歴		改修事業あり 内容不明	無し	無し	1988年 堤体改修
採取深度	(m)	3.0~4.0	3.0~4.0	2.0~3.0	2.0~3.0
土粒子の密度 ρ_s	(g/cm^3)	2.695	2.665	2.644	2.689
自然含水比 W_n	(%)	25.7	15.2	20.6	27.7
湿潤密度 ρ_t	(g/cm^3)	1.996	2.151	2.039	1.947
間隙比 e		0.697	0.427	0.564	0.763
粒度特性	礫分 (%)	6.1	17.4	11.9	0.0
	砂分 (%)	33.1	35.1	9.3	5.3
	シルト分 (%)	27.2	26.8	36.8	38.4
	粘土分 (%)	33.6	20.7	42.0	56.3
サンプリング深度の鉛直有効上載圧 σ'_v	(kN/m^2)	60.2	73.9	50.0	44.8
工学的分類		礫混じり 砂質粘土	細粒分質 礫質砂	砂混じり 礫質粘土	砂混じり 粘土
等方圧密試験 圧密降伏応力	(kN/m^2)	100	140	180	-



2.2 試験方法

試験は、圧密試験と三軸 CUBAR 試験を行った。圧密試験は築造時の締固めエネルギーの影響を圧密降伏応力によって評価するために実施したものであるが、締固め時の応力状態を考慮して等方応力状態で圧密するため、三軸セルを用いて行った。各圧密段階における圧密終了の目安は 3t 法を用いて判定した。

* 基礎地盤コンサルタンツ株式会社, KISO-JIBAN Consultants, Co., LTD., キーワード: 締固め, 過圧密, 強度特性

** 広島県東部農林水産事務所, Hiroshima Prefectural Government

3. 試験結果および考察

等方圧密試験結果を図-3に示す。ため池A～Cでは圧密降伏点が見られ、それぞれの圧密降伏応力はサンプリング深度の有効上載圧よりも大きく、過圧密状態であることが分かった。一方、ため池Dでは圧密降伏点は見られない結果になったが、これは土質のバラツキに起因するものと考えている。図-4にため池Aの三軸CU_{bar}試験結果を示す。過剰間隙水圧の発生状況や有効応力経路から、圧密圧力 $\sigma_c = 80$ (kN/m²)を境界として、過圧密と正規圧密の挙動に分けられる。圧密試験においても $\sigma_c = 100$ (kN/m²)付近に圧密降伏点が見られたことを合わせて考察すると、このため池堤体土は築造時の締固めエネルギー等によって、80～

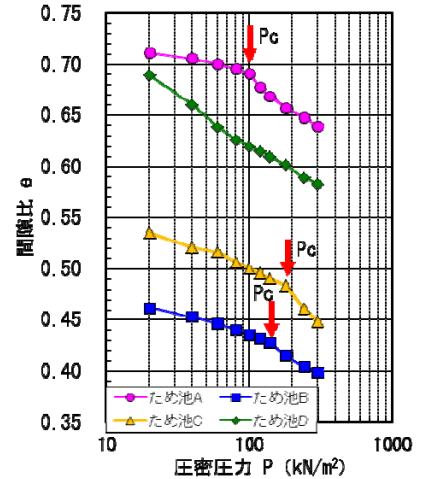


図-3 等方圧密試験結果
Isotropic consolidation test

100 (kN/m²)程度の平均応力で圧密を受けた状態になっていると考えられる。なお、当該ため池の堤体部における鉛直有効応力の最大値は65 (kN/m²)であるため、堤体土全体が過圧密状態にあると言える。次に、圧密降伏応力 P_c を基に三軸CU_{bar}試験結果を「過圧密領域」と実務で良く行われる「広範囲な拘束圧」条件で整理してその結果から強度を設定して安定計算を行った。通常業務では、過圧密の可能性を考えずに広範囲な拘束圧を設定し、試験結果とすることが多いため、安全性を過小評価している可能性が考えられる。

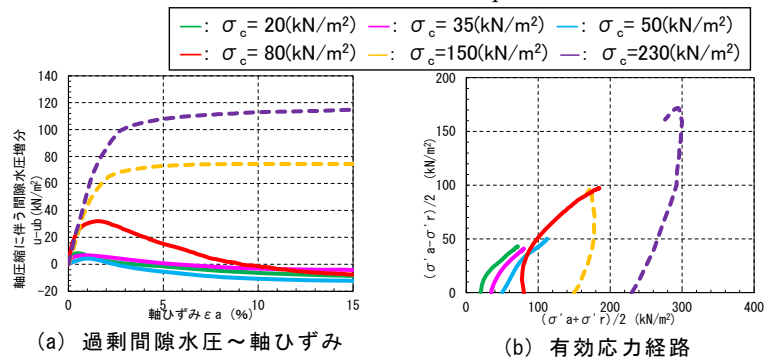


図-4 ため池Aの堤体土の三軸CU試験結果
Results of triaxial compression test

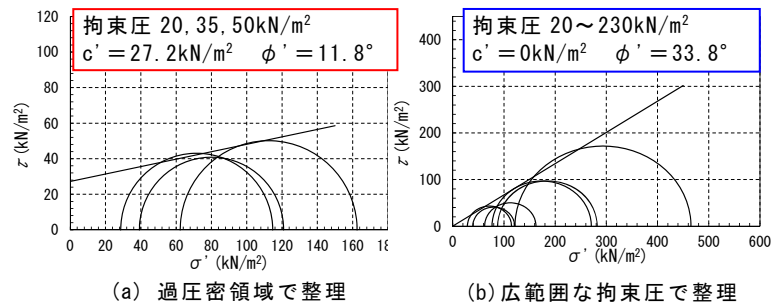


図-5 ため池Aの堤体土のモール円と強度設定
Mohr's envelope

4. まとめ

① 築造時の締固めエネルギーによってため池堤体土は過圧密状態になっている可能性が高い。これを確認するためには等方圧密試験が有効である。

② ため池の耐震安全性を適切に評価するためには、過圧密状態の把握と適切な拘束圧の設定、正規圧密領域と過圧密領域を反映したモデル化が重要であると考えられる。

参考文献

- 野村英雄ほか：広島県における地下水位簡易測定法を用いたため池調査の取り組み事例，平成28年度農業農村工学会大会講演会，2016。

表-2 ため池Aの安定検討結果
Results of Stability analysis reservoir A

拘束圧条件	c'(kN/m ²)	φ'(°)	安全率	判定
過圧密領域	27.2	11.8	1.221	OK
広範囲な拘束圧	0.0	33.8	0.823	NG