

ため池堤体材料の締固め特性とせん断強度について

Compaction Property and Shear Strength on Material of Small Earth Dam for Irrigation

○菊地 雅義* 森 洋**
Masayoshi KIKUCHI Hiroshi MORI

1. はじめに

農業用ため池は、全国に約 20 万カ所以上存在し、約 70%が締固め技術のない江戸時代以前に築堤されており、近年、東北地方太平洋沖地震（2011 年）や熊本地震（2016 年）等による沈下、並びに、平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）によるすべり破壊を原因とした破壊堤が相次いでいる。土地改良事業設計指針「ため池整備」¹⁾では堤体の締固め度 D （= 乾燥密度 ρ_d /最大乾燥密度 ρ_{dmax} ）を 95%に規定しているが、大部分のため池堤体は規定値より締固め度が低く、せん断強度も小さいと考えられるため、地震や豪雨に対するリスクが高い。

ため池堤体の締固め度とせん断強度には何らかの関連性があると考えられているが、既存のため池堤体材料を対象に締固め試験等を行うこと自体が作業的に困難で、定量的に評価されている研究例は少ない。本論文では、青森県内にある既存のため池堤体材料で締固め試験をした結果（8 試料【1Ec】）と、過去に被災したため池堤体からの調査結果（日本海中部地震（1983 年）：4 試料【1Ec】²⁾、東北地方太平洋沖地震：3 試料【1Ec】³⁾）をもとに、締固め特性（Fig.1 を参照）とせん断強度特性を整理したモノを報告する。

2. 検討結果

(1) 締固め特性

Fig.2 には、砂質土【S】と粘性土【C】を含めた 15 試料での締固め曲線を示す。砂質土の最大乾燥密度 ρ_{dmax} は 1.4~1.7g/cm³、粘性土の ρ_{dmax} は 1.1~1.4g/cm³ であり、それぞれの

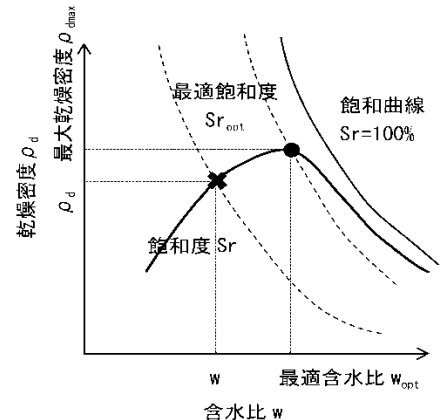


Fig.1 Compaction-Curve

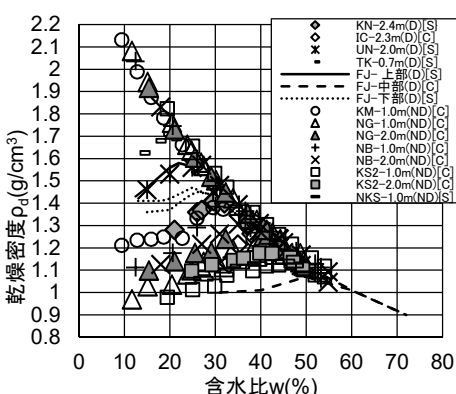


Fig.2 Compaction Curve on Experiment

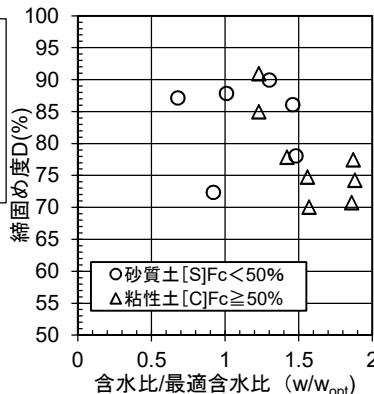


Fig.3 Degree of Compaction-Moisture Ratio

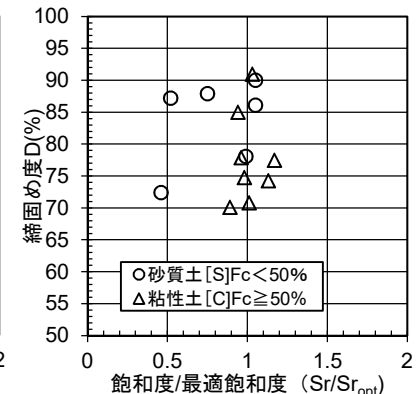


Fig.4 Degree of Compaction-Saturation

*株式会社オリエンタルコンサルタンツ [Oriental Consultants]、**弘前大学[Hirosaki University]

最適含水比 w_{opt} は 20~30% と 30~50% であった。

Fig.3 には、締固め度 D と含水比/最適含水比 (w/w_{opt}) の関係を示す。特に東北地方では、ため池の水を抜くケースが少ないため、上流側からの浸透量によって最適含水比 w_{opt} よりも湿潤側 ($w/w_{opt} > 1.0$) にある傾向を示すとともに、含水比/最適含水比 (w/w_{opt}) が増加するに従って、締固め度 D が減少する傾向にある。

Fig.4 には、締固め度 D と飽和度/最適飽和度 (Sr/Sr_{opt}) の関係を示す。締固め度 D に対する飽和度 Sr /最適飽和度 Sr_{opt} のバラツキは、**Fig.3** に示す締固め度 D に対する含水比/最適含水比 (w/w_{opt}) のバラツキよりも小さく、特に、砂質土の場合は乾燥側 ($Sr/Sr_{opt} < 1.0$) に多く分布する傾向にある。

(2) 強度特性

Fig.5 には、締固め度 D と有効土被り圧 σ_v' で正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' の関係を示す。締固め度 D が増加するに従って、正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' が増加する傾向にある。

Fig.6 には、最適飽和度 Sr_{opt} と正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' の関係を示す。正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' に対する最適飽和度 Sr_{opt} のバラツキは、**Fig.5** に示す正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' に対する締固め度 D のバラツキよりも小さく、砂質土の最適飽和度 Sr_{opt} の方が粘性土に比べて小さい値を示す傾向にある。

Fig.7 には、飽和度/最適飽和度 (Sr/Sr_{opt}) と正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' の関係を示す。乾燥側 ($Sr/Sr_{opt} < 1.0$) の砂質土では Sr/Sr_{opt} が減少するに従って、正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' が増加する傾向にあるが、粘性土でのデータ数は少なく判断するには至らなかった。

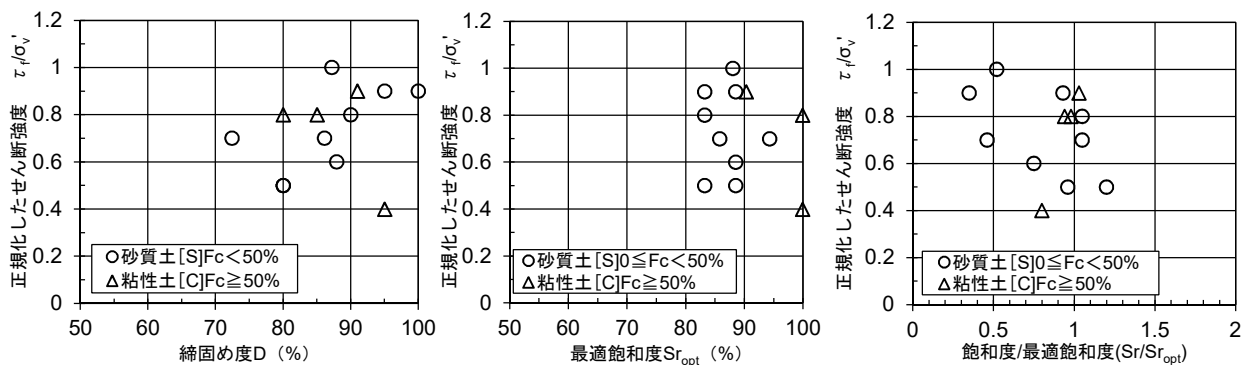


Fig.5 Degree of compaction - Shear strength

Fig.6 Optimize saturation - Shear strength

Fig.7 Saturation ratio - Shear strength

3. まとめ

ため池堤体材料を対象とした締固め特性とせん断強度特性を、含水比/最適含水比 (w/w_{opt})、最適飽和度 Sr_{opt} 、及び飽和度/最適飽和度 (Sr/Sr_{opt}) 等で整理した結果、相関性の可能性があることが分かった。また、締固め度 D と正規化したせん断強度 τ_f/σ_v' は、含水比 w や締固め度 D よりも、最適飽和度 Sr_{opt} や飽和度/最適飽和度 (Sr/Sr_{opt}) で整理した方が、バラツキの程度が比較的少ないことが分かった。

<参考文献>

- 1) 農林水産省 (2015) : 土地改良事業設計指針 (ため池整備) .
- 2) 谷茂、安中正美、川口徳忠、釜田豊也 (1985) : 1983年日本海中部地震によるため池の被害調査報告、農業土木試験場技報 169 (CE-4) .
- 3) 田中忠次、龍岡文夫、毛利栄征 (2013) : 東北地方太平洋沖地震による藤沼湖の決壊原因調査について、ダム工学 23(2)、pp99-114.