

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 1 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07933

研究課題名(和文)「農業用ため池堤体」の構造的安定性評価法確立を目指した調査と検証

研究課題名(英文) Investigation and inspection for establishing a structural stability evaluation method of agricultural reservoir

研究代表者

森 洋(Mori, Hiroshi)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：20631493

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ベーンコーンせん断試験(VCST)と一面せん断試験(DST)による簡易な現場調査手法の確立を、スウェーデン式サウンディング試験(SWS)を実施した農業用ため池堤体で検証しつつ、円弧すべり手法による構造的安定性評価を検討した。

エンジンオーガーとハンドオーガーを組み合わせた試料採取が可能であり、地盤強度定数に着目すれば、DST、SWS、VCSTの順に大きくなることから、円弧すべり手法による安全率の増加が確認できた。また、DSTによる地盤強度定数を材料物性値(含水比等)から算出できる可能性を示し、3種類の試験方法によるため池堤体の構造的安定性評価と構造的危険度評価との比較・検討が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの農業用ため池堤体の安定性評価に関わる研究は、詳細調査が行われている場所のみに限定される場合が多く、地盤情報が殆どない中で多くのため池堤体では円弧すべり手法による安定性評価が行われていないのが現実である。

そのため、今回推奨する簡易な調査手法が確立できれば、短期間で、且つ、低コストで数多くあるため池堤体の地盤材料物性値を得ることが可能になるため、実務レベルで用いられてきた円弧すべり手法による定量的な安全率評価が可能となる。また、青森県内で今回検討する定量的な安全率評価が一義的に関係付けられる事が明らかになれば、積雪寒冷地域等に即した危険度評価モデルの再構築が可能になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In inspecting the establishment of a simple site research technique by vane-cone shear test (VCST) and direct shear test (DST) for an agricultural reservoir using Swedish weight sounding test (SWS), the structural stability evaluation by the circular slip surface method was considered.

The sampling method combined a hand auger with an engine auger was possible. As the foundation strength parameter was large in turn of DST, SWS and VCST, the increase of safety factor by circular slip surface method could be confirmed. Also, the foundation strength parameter by DST could be calculated from the material properties, and the comparison the structural stability evaluation with the structural dangerous evaluation for the reservoir using three type tests was possible.

研究分野：地盤工学

キーワード：農業用ため池 青森県 一面せん断試験 ベーンコーンせん断試験 スウェーデン式サウンディング試験  
円弧すべり手法 構造的安定性評価 地盤強度定数

### 1. 研究開始当初の背景

農業用ため池は全国に約 17 万箇所あると言われているが、どのような地盤材料で築堤されているのかは殆ど分かっていない。1 箇所毎に多額な予算と多くの時間をかけた大掛かりな調査を実施していくことは非現実的であるため、出来るだけ簡易に地盤材料物性値を把握する事が可能な調査手法を確立することが重要であった。

### 2. 研究の目的

本研究では、約 1,800 箇所ある青森県のため池を対象とした安定性評価に寄与した新たな調査手法の確立を目指すものであり、ベーンコーンせん断試験と一面せん断試験による現場試験を行い、出来るだけ現状に近い地盤物性条件を再現することで、目視点検での定性的な劣化状況等による危険度判断ではない、ため池堤体の持つ構造的安定性を定量的な値で、より精度よく客観的に表現しようとするものである。

### 3. 研究の方法

ベーンコーンせん断試験と一面せん断試験による現場試験等を 2 年間かけて実施し、それらの結果から円弧すべり手法による構造的安定性評価を検討する。その後、ため池一斉点検による構造的危険度評価と円弧すべり手法による構造的安定性評価を比較・検討するものである。

### 4. 研究成果

農業用ため池は全国に約 17 万箇所あると言われているが、どのような地盤材料で築堤されているのかは不明である。1 箇所毎に多額な予算と多くの時間を要した大掛かりな調査を実施していくことは非現実的であるため、できるだけ簡易に地盤材料物性値を把握する事が重要である。そこで、本研究では、青森県内に約 1,800 箇所あるため池堤体を対象に (図 1)、新たな調査手法である一面せん断試験 (DST: 図 2) とベーンコーンせん断試験 (VCST: 図 3) による現場試験を実施し、それらの結果から円弧すべり手法による構造的安定性評価を検討した。また、最終年度には、ため池一斉

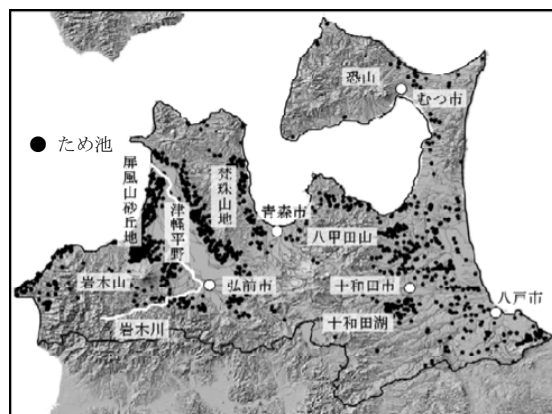


図 1 GIS を用いた青森県内のため池分布図

点検による構造的危険度評価と円弧すべり手法による構造的安定性評価を比較・検討した。

青森県内でスウェーデン式サウンディング試験 (SWS) を実施していた 1,300 箇所のため池から抽出した約 30 箇所での事前調査を実施した結果、約 20 箇所のため池を検証対象とし、エンジン式ドリルオーガーと刃先付ハンドオーガーを組

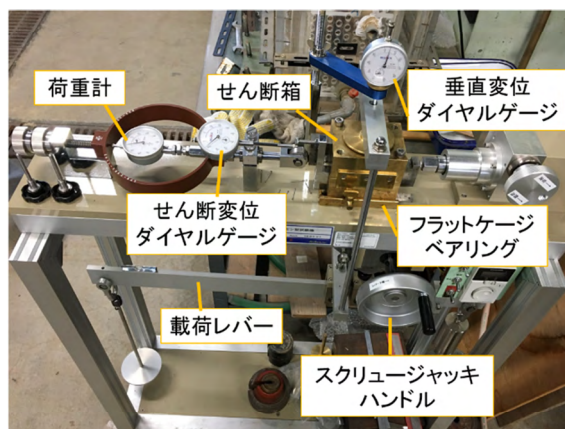


図 2 一面せん断試験装置 (DST)

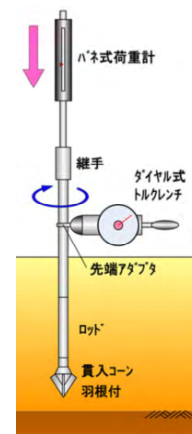


図 3 ベーンコーンせん断試験

み合わせた不攪乱試料採取方法を開発し (図 4)、そのサンプリング試料による DST と採取孔を利用した VCST による 3 種類の試験方法 (DST・VCST・SWS) による地盤強度特性 (粘着力  $c$ ・内部摩擦角  $\phi$ ) を図 5(a)(b)(c) に示す。図 5(a) に示す SWS と VCST の  $c$  は、直線的相関を示さないが、SWS の  $c_s$  よりも VCST の  $c_{dk}$  の方が小さな値になる傾向を示す。また、VCST の  $\phi_{dk}$  が  $10 \sim 60^\circ$  の広範囲にあるのに対して、SWS の  $\phi_s$  は  $20 \sim 25^\circ$  の狭い範囲に分布する傾向にある。図 5(b) に示す DST と SWS の  $c$  は、DST の  $c_d$  が  $20 \text{ kN/m}^2$  以下で SWS の  $c_s$  方が若干大きく、 $20 \text{ kN/m}^2$  以上では SWS の  $c_s$  の方が若干小さい値を示すと共

に、直線的な相関を示す。また、DSTの $\phi_d$ が $20\sim 40^\circ$ の範囲にあるのに対して、SWSの $\phi_s$ は $20\sim 25^\circ$ の狭い範囲に分布する傾向にある。図5(c)に示すDSTとVCSTの $c$ は、明確な直線的相関は示さないが、DSTに対してVCSTは小さな値を示す傾向にある。また、DSTの $\phi_d$ が $20\sim 40^\circ$ の範囲にあるのに対して、VCSTの $\phi_{dk}$ は $10\sim 60^\circ$ の広範囲に分布する傾向にある。同じ地盤条件での $\phi$ に着目すれば、DST、SWS、VCSTの順に値は大きくなり、円弧すべり手法による安全率の増加が確認できた(表1)。参考までに、図6には安全率が一番小さい場合の地震時下流側( $kh = 0.15$ )での解析事例を示す。

各材料物性試験における相関性から、DSTに相当する地盤強度定数( $c \cdot \phi$ )を推定することが可能であることを示した。特に、材料物性値( $F_c \cdot \omega \cdot \gamma_i$ )と地盤強度定数の間に強い相関性が伺えたことで(図7)、比較的簡便な試験から得られる材料物性値より地盤強度定数を求めることができる可能性を示した(図8)。これにより、3種類の試験方法による材料強度の違いから、ため池堤体の円弧すべり法での構造的安定性の評価が可能となり、ため池一斉点検による構造的危険度評価と比較・検討することが可能となった。



図4 不攪乱試料採取を伴う簡易調査手法

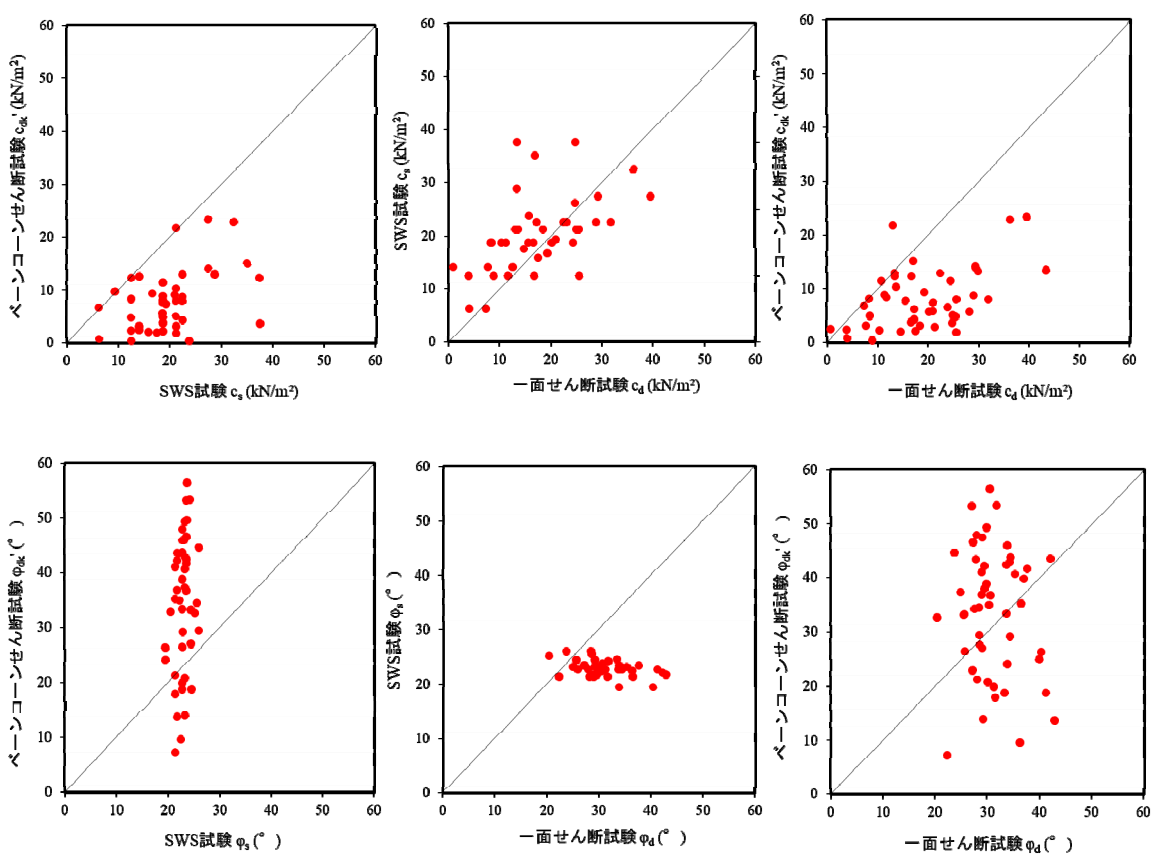


図5(a) SWS-VCST

図5(b) DST-SWS

図5(c) DST-VCST

図5(a)(b)(c) 地盤強度特性 (DST・VCST・SWS)

表 1 試験方法の違いによる安全率の比較

条件	安全率					
	サウンディング試験	ベーンコーンせん断試験	一面せん断試験(降伏点)	一面せん断試験(8mm)	一面せん断試験(降伏点、二点)	一面せん断試験(8mm、二点)
常時上流	1.181	2.494	2.197	3.827	3.308	4.087
地震時上流	1.038	1.961	1.081	2.181	1.894	2.857
常時下流	0.742	1.18	1.048	2.228	1.874	3.348
地震時下流	0.358	0.788	0.779	1.417	1.032	2.088

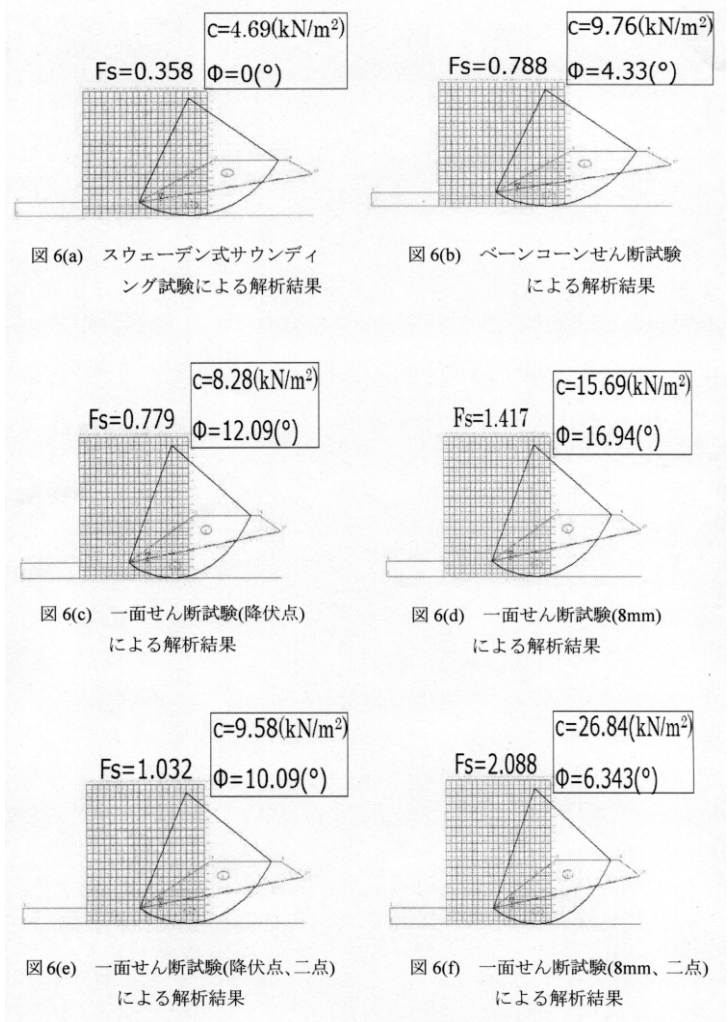


図 6 地震時下流側での解析事例

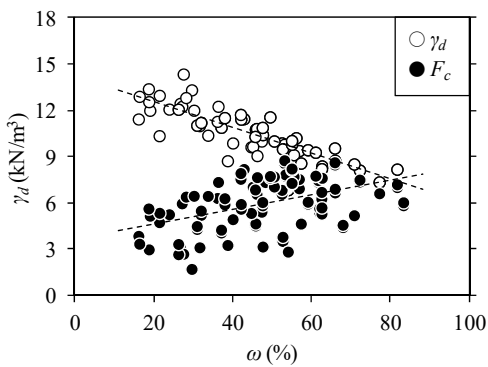


図 7 材料物性値

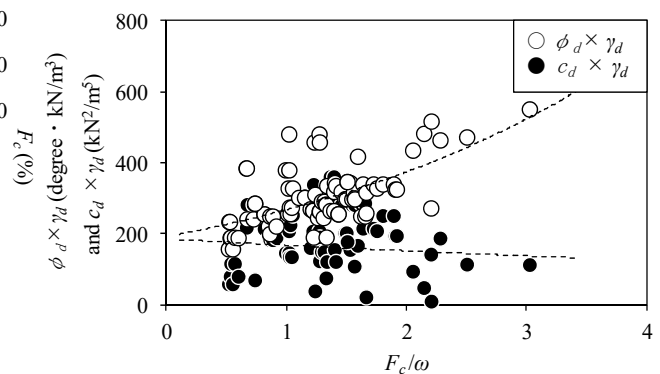


図 8 地盤強度定数

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 森洋・朝倉紀樹	4. 巻 87
2. 論文標題 GISによる青森県内にあるため池堤体材料特性の検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 127-130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 森洋・朝倉紀樹	4. 巻 87(11)
2. 論文標題 都道府県へのアンケート調査による廃止ため池の現状	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 27-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 森洋・朝倉紀樹	4. 巻 20(3)
2. 論文標題 青森県における日本海中部地震の被害ため池周辺での堤体材料特性について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 116-123
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森洋・朝倉紀樹
2. 発表標題 地震時の農業水利施設被害に伴う青森県内での溜池堤体材料特性と農業用ロックフィルダムの耐震性評価検討
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森洋・朝倉紀樹
2. 発表標題 青森県内にある溜池分布特性と堤体材料について
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森洋・朝倉紀樹
2. 発表標題 溜池堤体の地盤強度特性と材料物性値について
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森洋・朝倉紀樹
2. 発表標題 各都道府県へのアンケートによる廃止溜池の現状について
3. 学会等名 第60回農業農村工学会東北支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森洋、島根涼太
2. 発表標題 ため池堤体での不攪乱試料採取方法と地盤強度特性について
3. 学会等名 平成29年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森洋、朝倉紀樹
2. 発表標題 青森県内にある溜池堤体の分布特性について
3. 学会等名 第59回農業農村工学会東北支部研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----