

ダム貯水池におけるダム周辺の堆砂の沈降・圧密特性の把握 効率的な堆砂対策に向けて

Understanding sedimentation and consolidation characteristics around a dam in dam reservoirs
Pursuing efficient anti-sedimentation measures

(電力技術研究所 土木G)

(Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

ダム貯水池において、ダム周辺の堆積土の沈降堆積から圧密に至る経時変化等の性状を把握することは、堆砂対策を立てる上で非常に重要である。そこで、沈降・圧密過程をラボ試験により把握した結果、細粒土砂の流入後1ヶ月程度で、堆積土の含水比の分布は概ね一定となり、その後の変化は小さいと考えられることがわかった。

Understanding the properties of a dam reservoir such as changes over time from sedimentation to consolidation around the dam is crucial in order to take measures against sedimentation. Figuring out the sedimentation and consolidation process with sedimentation and consolidation tests revealed that the distribution of water content in the sediment is largely constant one month after the inflow of fine-grained soil, and the change thereafter is presumably small.

1 はじめに

多くのダム貯水池では、出水時などに河川上流域から流入する土砂による堆砂の進行が大きな課題となっている。当社にも、堆砂の進行が全国平均よりも非常に早く、かつ建設後50年以上が経過したダム貯水池があり、底層放流設備の機能維持や貯水容量の確保のため、浚渫に代表される様々な対策を行ってきている。

2 カラムを用いた沈降試験

第3図に試験装置を示す。試験に用いたカラムは、高さ210cm、内径20cmの透明の円筒であり、堆積泥の深度ごとの含水比を計測するため、カラムを分割し任意の高さ（破線部分）ごとに試料を採取できるよう工夫した。

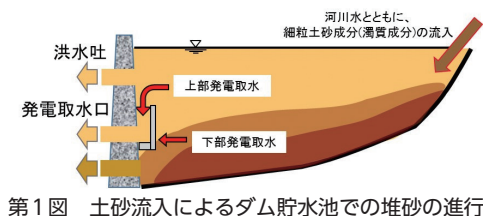
第1図に土砂流入によるダム貯水池での堆砂の進行のイメージ図を示す。河川水とともに上流域から流入した細粒土砂（濁質成分）は、一部は放流設備より下流に排出されるものの、その多くはダム貯水池内にとどまり、時間の経過とともに沈降堆積する。堆積層は、徐々に厚くなり自重による圧力が増し圧密され固くなる。ダム周辺には、特に細かい粒子成分が沈降し、堆積層の上に含水比が高く流動性の高い浮泥層ができることが知られている（第2図参照）。これら、浮泥層や堆積層の厚さや固さに影響する含水比（物質中の水分の重量割合）等の経時変化等の性状を把握することは、堆砂量の予測や堆砂の進行の抑制対策を検討する上で非常に重要である。

試料は、モデルにした貯水池で採取した堆積土砂に水を加えて混合し、初期含水比を236%（最終的に水と泥の境界がカラム中央付近となる程度）に調整した濁水を、カラムに投入し、3か月間沈降堆積過程を観察した。

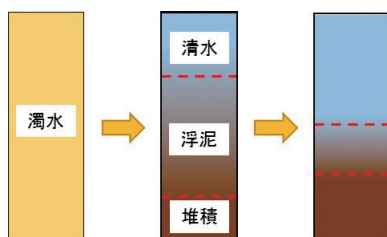
そこで本研究では、土砂の沈降堆積・圧密過程を再現した沈降試験や圧密試験を行って、湖底堆積土の性状を明らかにした。

第4図に、沈降試験で得られた深度と含水比の関係の経時変化を示す。試料投入後に3層（清水、浮泥、堆積層）に分かれ、含水比が大きく変化する水と浮泥の境界面が徐々に低下していく様子が見られる。境界面の低下速度は時間の経過とともに遅くなり、約1か月でほぼ落ち着いた。この時の堆積層の含水比は約50%（非常に柔らかい塊状の粘土程度）であり、その後の時間経過による変化はあまりなかった。

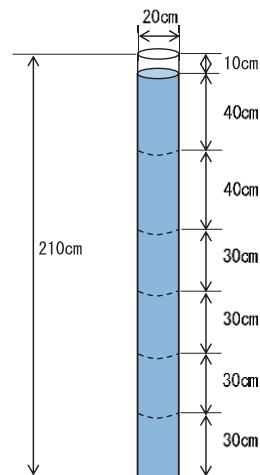
図中の紫色の点線で囲った浮泥層（ここでは含水比100～400%程度で流動性の高い液体状のものとする）は、時の経過とともに、含水比および層厚が大きく変化



第1図 土砂流入によるダム貯水池での堆砂の進行



第2図 細粒土の沈降イメージ図

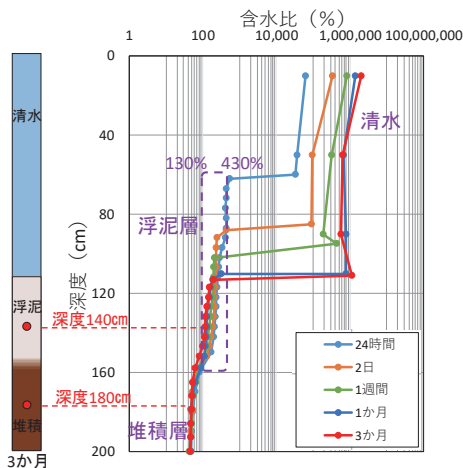


第3図 沈降試験装置

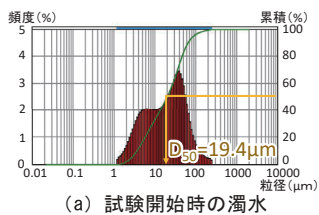


した。浮泥層の厚さは、初期（24時間）には約100cmであったものが、安定期（1～3か月）にはその半分の約50cmとなった。また、浮泥層の含水比は、初期（24時間）には約430%であったものが、安定期（1～3か月）には約130%まで低下することがわかった。

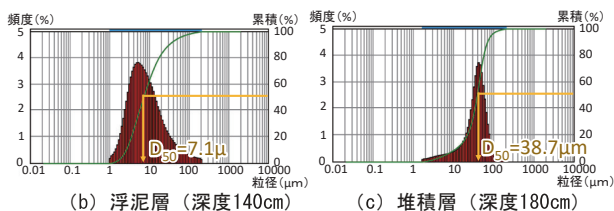
第5図には、沈降試験で3ヶ月経過した状態での、深度の異なる位置における粒度分布を示す。(a)は、沈降試験開始時の濁水の状態のものであり、(b)、(c)は、3か月経過した状態での浮泥層（深度140cm）と堆積層（深度180cm）の位置における粒度分布である。平均粒径 D_{50} （頻度の累積が50%になる粒子径）は、(a)の試験開始時の濁水が $19.4\mu\text{m}$ であるのに対し、(b)の深度140cmでは $7.1\mu\text{m}$ 、(c)の深度180cmでは $38.7\mu\text{m}$ であった。沈降過程では、粒径の大きいものから早く沈降する。 D_{50} には、深度差が40cm程度でも $30\mu\text{m}$ 程度の差があることが確認できた。



第4図 深度と含水比の経時変化



(a) 試験開始時の濁水



(b) 浮泥層（深度140cm） (c) 堆積層（深度180cm）

第5図 粒度分布

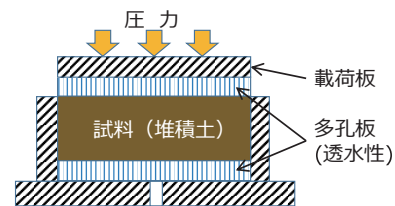
3 圧密試験

貯水池において、堆積土の上に更に土砂が積み重なり圧力が段階的に上昇した場合の土砂の固さ（含水比）の変化を調べるために、沈降試験を行った堆積土を用いて圧密試験を行った（第6図参照）。载荷は、試料（直

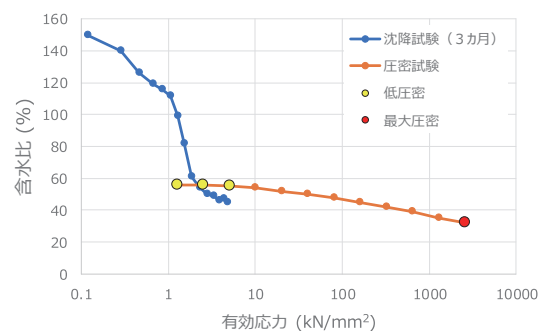
径6cm、高さ2cm）の上下面に排水可能な状態で行い、標準的な圧密試験（JIS A 1217準拠の8段階）に沈降試験との関連性を評価するために加えた低圧力3段階と、高圧力1段階の計12段階とした。圧力値は、 $1.25 \sim 2,560\text{kN/m}^2$ の範囲で2倍ずつ徐々に高くし、それぞれの時間間隔は24時間とした。測定した試験時間と圧密変形量より含水比や有効応力（土粒子間に働いている応力で変形に寄与）を算出した。

第7図に圧密試験で得られた含水比と有効応力の関係と、沈降試験（3か月経過後）の堆積土の各深度における含水比と有効応力の関係も合わせて示す。沈降試験の有効応力が大きい（深い位置）での値は、圧密試験の低圧密試験と同様の値を示している。有効応力を基に両試験の結果を連続性に整理できることがわかった。

図中の有効応力 5kN/mm^2 は、沈降試験において上部の堆積厚が1m程度の状態であり、圧密試験における 160kN/mm^2 は、水中の単位体積重量から算出すると堆積厚が22m程度に相当する。この状態でも含水比は45%であり、圧力の増加と共に含水比は小さくなるものの、その割合は小さいことがわかった。含水比の変化が小さいことから、堆積土の固さの変化も小さいと考えられる。



第6図 圧密試験方法



第7図 含水比と有効応力

4 まとめ

ダム周辺の湖底に堆積した土砂を対象に、流入後の沈降・圧密過程における含水比等の性状の経時変化を、沈降試験と圧密試験により明らかにした。細粒土砂の流入後1ヶ月程度で堆積土の含水比の分布は概ね一定となり、その後の変化は小さいと考えられることがわかった。

今後、得られた知見を、ダム貯水池の堆砂抑制方法の検討シミュレーション等に活用し、効果的な堆砂対策の立案に活かしていきたい。



執筆者／山田里佳