

コア材料の締固め度が繰返し強度に及ぼす影響

土木研究所 正会員 ○佐藤 弘行

土木研究所 正会員 山口 嘉一

1. はじめに

大規模地震に対するダムへの耐震性能を照査するため、2005年3月に「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」¹⁾が国土交通省河川局により策定・通知され、現在試行中である。指針(案)では、ダムサイトにおいて現在から将来にかけて発生する可能性がある最大級の地震動であるレベル2地震動に対して、動的解析により照査を行うことが提案されており、フィルダムについては地震による沈下量(すべり変形量)に着目して照査することが提案されている。フィルダムの地震時の沈下量の算定法としては、等価線形解析とNewmark法などによるすべり変形解析を基本として、有効応力解析や累積損傷解析などによる沈下量の推定も提案されている。しかし、フィルダム材料は最大粒径が大きいなどの制約があるため、動的変形特性や動的強度特性に関するデータが十分に蓄積されているとは言えず、さらにはフィルダム材料の締固め度が動的物性や地震時の沈下量へ及ぼす影響の検討はほとんど行われていないのが現状である。

そこで本研究では、ロックフィルダムのコア材料について、締固め度を変化させた繰返し強度試験を行い、締固め度が繰返し強度に及ぼす影響の検討を行った。

2. 試料と試験方法

試験に用いた試料は、現在建設中のAダム(中央コア型ロックフィルダム)のコア材料(最大粒径150mm)を、最大粒径19mmのせん頭粒度に調整したものである。図-1に試料の粒径加積曲線、表-1に試料の物理特性(粒度・締固め・間隙比)を示す。試料の含水比は w_{opt} とし、締固め度 $D=\rho_d/\rho_{dmax}$ は95%、98%、100%、103%と変化させて供試体を作製した。なお、締固め度は、実際のコア材料の施工実績を考慮して設定した。供試体のサイズは、直径 ϕ 150mm、高さH300mmとし、締固め層数は10層とした。

試験は、拘束圧 $\sigma_3=196\text{kPa}$ で40時間等方圧密した後に、6時間の異方圧密(主応力比 $\sigma_1/\sigma_3=2$ 、 $\sigma_1=392\text{kPa}$ 、 $\sigma_3=196\text{kPa}$ 、 $\sigma_m=261\text{kPa}$)を行い、載荷周波数0.05Hz、所定の繰返し応力で非排水繰返し載荷を行った。繰返し数が20回、あるいは軸ひずみが10%に達するまで繰返し載荷を行った。

3. 試験結果

図-2に、締固め度 D を変化させた時の、繰返し数と繰返し応力比の関係を示す。 D が大きくなるほど、繰返し強度も大きくなり、繰返し数20回、軸ひずみ5%の時の繰返し応力比を推定すると、 $D=95\%$ で0.25、 $D=100\%$ で0.48となっている。各時刻の過剰間隙水圧を $\Delta u(t)$ 、各時刻の平均有効応力を $\sigma'_m(t)$ とし、繰返し数と $\Delta u(t)/\sigma'_m(t)$ 、繰返し数と軸ひずみの関係を図-3に示す。図-3(a)には $D=95\%$ 、繰返し応力比0.2のケース、図-3(b)には $D=100\%$ 、繰返し応力比0.3のケースを示す。図-3(a)では、繰返し応力比が大きくないため繰返し載荷初期の軸ひずみと $\Delta u(t)/\sigma'_m(t)$ は小さいが、繰返し数が増加するにつれて $\Delta u(t)/\sigma'_m(t)$ が徐々に増加し、 $\Delta u(t)/\sigma'_m(t)$ が1を超えるあたりから軸ひずみが急激に増加している。一方、図-3(b)では、図-3(a)よりも繰返し応力比が大きいために繰返し載荷初期の軸ひずみと $\Delta u(t)/\sigma'_m(t)$ は図-3(a)よりも大きくなっているが、

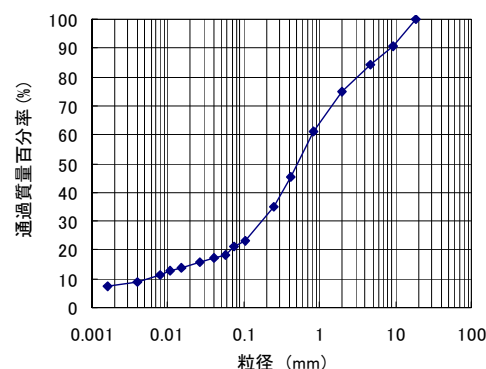


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

粒度	最大粒径(mm)	19		
	礫分(2～19mm)%	25.3		
	砂分(0.075～2mm)%	53.7		
	シルト分(0.005～0.075mm)%	11.5		
	粘土分(0.005mm未満)%	9.5		
	均等係数 U_c	142		
締固め	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.685		
	最適含水比 w_{opt} (%)	18.3		
間隙比の 平均 (圧密後)	D95%	D98%	D100%	D103%
	0.648	0.609	0.581	0.524

キーワード ロックフィルダム、コア材料、繰返し強度

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独)土木研究所水工研究グループ TEL029-879-6781 E-mail: h-sato@pwri.go.jp

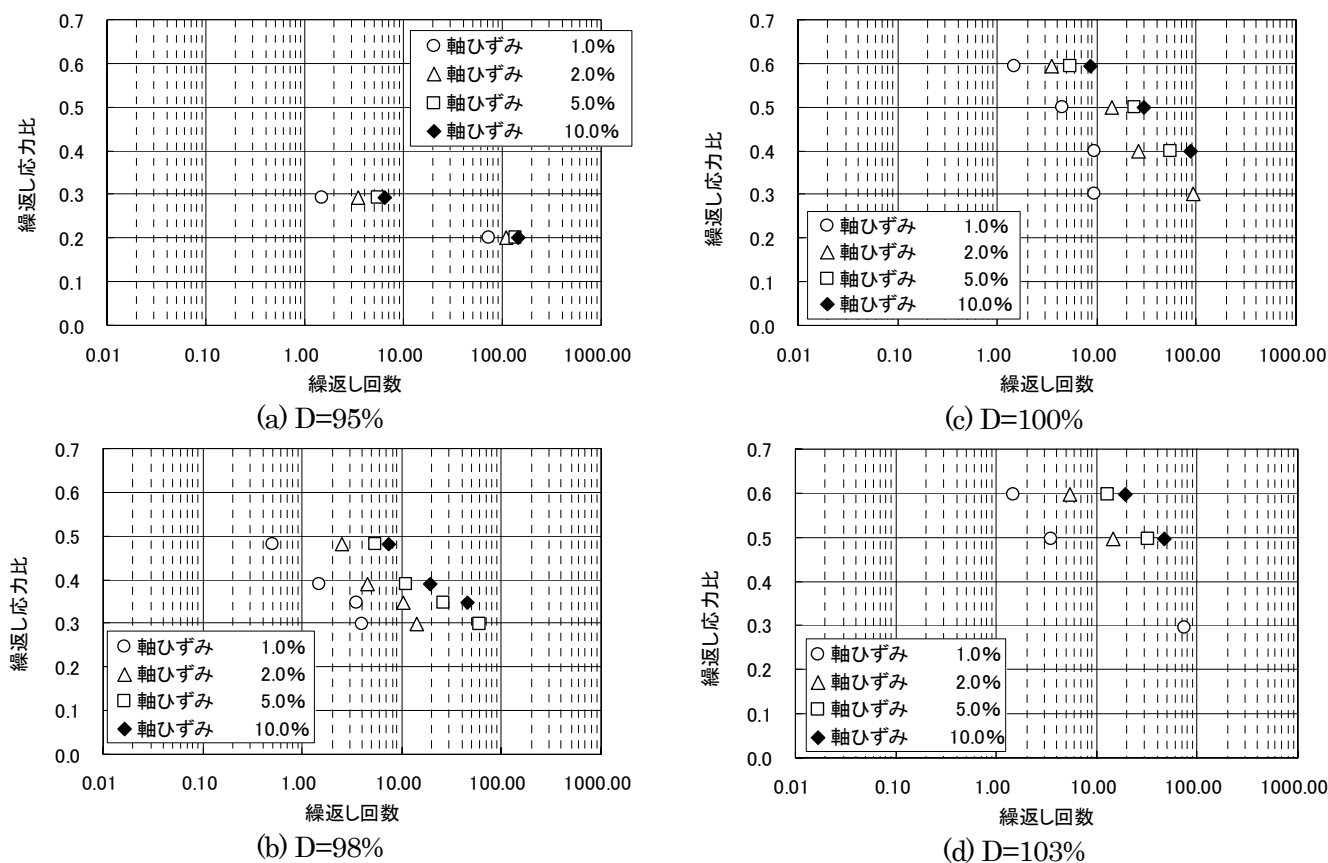
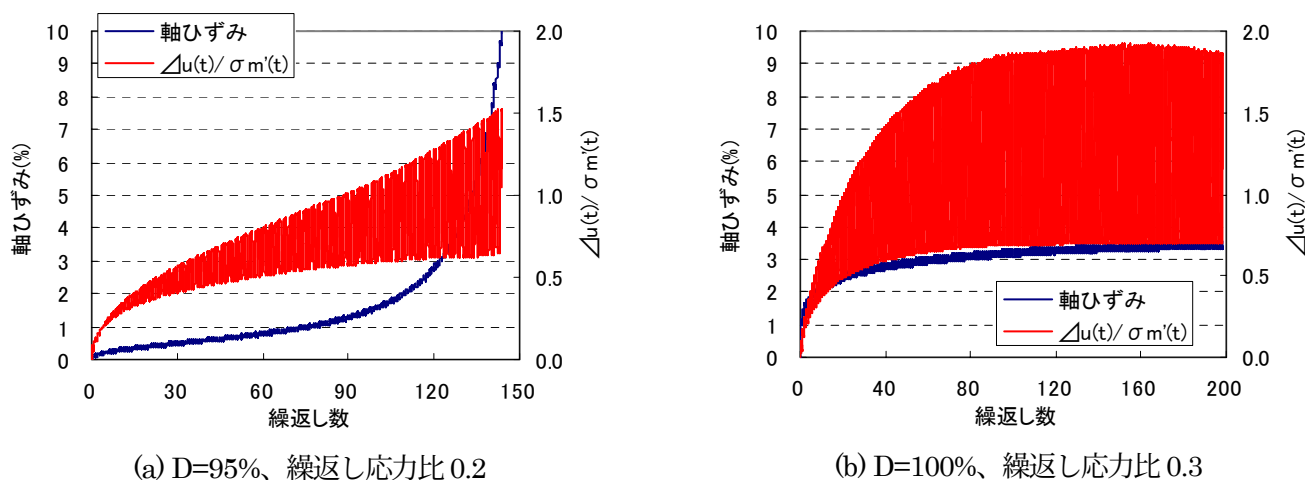


図-2 締固め度を変化させた時の繰返し回数と繰返し応力比

図-3 締固め度が繰返し数と軸ひずみ、 $\Delta u(t) / \sigma'_m(t)$ に与える影響

繰返し数が大きくなると軸ひずみと $\Delta u(t) / \sigma'_m(t)$ はほぼ一定になっており、 $\Delta u(t) / \sigma'_m(t)$ が1を超えても軸ひずみは増加していない。このことから、コア材料の締固め度がある程度大きい場合には、繰返し応力比がそれほど大きくなければ、地震による過剰間隙水圧が上昇してもひずみは累積しにくいものと考えられるとともに、締固め度のわずかな違いがコア材料の繰返し強度に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

4. まとめ

大規模地震時のフィルダムの耐震性能評価に関する基礎的な検討として、コア材料の締固め度が繰返し強度に及ぼす影響の検討を行った。その結果、締固め度が大きくなるほど繰返し強度も大きくなること、締固め度が大きくなると過剰間隙水圧比が上昇してもひずみが累積しにくいこと、などが分かった。今後も、フィルダム材料の締固め度とその静的強度や動的特性に及ぼす影響の検討を行うとともに、締固め度が沈下量などへ及ぼす影響について動的解析による検討を行いたい。

参考文献：1) 国土交通省河川局治水課：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）、2005年3月。