# フィルダムコア材料の水理的破壊に関する実験

(㈱ダイム技術サービス 正会員 〇村瀬 祐司 愛知工業大学 正会員 奥村 哲夫 成田 国朝 大根 義男

## 1. はじめに

フィルダムコア内部における水理的破壊現象(Hydraulic Fracturing:以下 HF)を想定した場合、HF の破壊条件にはその地点の応力状態(特に有効応力)や浸透状態(動水勾配)が大きく関与すると考えられる。本報文は、この主旨に基づいて行った実験結果について述べたものである。

# 2. 実験概要

実験装置の概要を図-1 に示す。供試体は $\phi$  200mm のモールドを用いて 高さ H100mm に突き固めた。供試体の上部から載荷装置を介して鉛直拘 束圧( $\sigma_v$ : 全応力)を与えるとともに、供試体中央部から放射状に給水し ドレーン層に排水させることにより動水勾配を与えている。また、有効 鉛直応力( $\sigma_v$ )の算定に必要な間隙水圧は、供試体中央から給水側,排水 側両水槽に生じている水頭差の中間点までの落差で定義した。

実験に用いた試料は、図-2 に示すように最大粒径を 2mm に調整した細 粒分を多く含む材料である(F<sub>c</sub>=55.7%, IP=63, 統一分類 CH)。実験内容は、 図-3 に示したように同一の含水比のもとで締固め密度を変化させたシリ ーズ(A~D)、および同一の締固め密度(D 値 95%)のもとで含水比を変化 させたシリーズ(C, E~G)を行いこれらの影響を調べた。

#### 3. 実験結果

## (1) 破壊点の定義

図-4 は代表ケースにおける動水勾配と浸透流量の関係である。 動水勾配の上昇に比例して浸透流量は増加するが、さらに動水勾 配を上昇させると浸透流量に急激な増加点が現れる。流量急増後 の流出水には土粒子の流失によるにごりが認められたことから、 本実験ではこの流量急増点を HF 発生点と考え、この時の動水勾 配を破壊時の動水勾配 i<sub>f</sub>と定義した。

#### (2) 有効鉛直応力の影響

図-5 は実験条件 A に対して有効鉛直応力  $\sigma_v$  を変化させた場合の実験結果である。 $\sigma_v$  の増大に伴って破壊時の動水勾配  $i_f$  も大きくなり HF に対する抵抗性は増す。両者の関係は両対数 で整理するとほぼ直線関係で表すことが出来る。文献 1)では実験材料や実験条件が異なるものの、応力レベルの低い範囲で同様の実験が行われており、図中に併記したように同様な直線関係が得られている。

## (3) 締固め度,初期飽和度の影響

図-6, 図-7 はそれぞれ締固め密度(D値), 供試体作成時の初期

キーワード:フィルダム,コア,ハイドロリックフラクチャー,動水勾配,有効拘束圧 連絡先 :〒470-0356 愛知県豊田市八草町1251-2 ㈱ダイム技術サービス TEL 0565-48-5131 FAX 0565-48-5066





図-1 実験装置概要





飽和度( $Sr_0$ )と破壊時の動水勾配  $i_f$ の関係を調べたものである。D 値や $Sr_0$ を高めると破壊時の動水勾配  $i_f$ も大きくなり HF に対する 抵抗性は増す。特に  $Sr_0$ が高い領域(実験条件 G)ではこの効果は顕 著となる。

## (4) 飽和化に伴う強度低下

不飽和土の浸水飽和化に伴う圧縮変形はカラープスとして知られているが、同時に強度低下を伴うことが多い<sup>2)</sup>。図-8 は簡便的な強度推定手段としてコーン貫入試験( $\phi$ 100mm モールド, 1/4in<sup>2</sup>コーン使用)により、供試体の飽和前後の貫入抵抗値を調べたものである。締固め時の初期飽和度(Sr<sub>0</sub>)が90%近いものでは大きな強度変化はないが、Sr<sub>0</sub>が低下するにつれて極端な強度低下を生じるようになる。この種の強度低下は HF に対してより厳しい状況になると思われる。図-9 は飽和後の貫入抵抗値と破壊時の動水勾配 i<sub>f</sub>の関係を示しており、上述した締固め密度や初期飽和度と HF に対する抵抗性の序列、貫入抵抗値との相互関係をよく表している。

#### 4. まとめ

以上に述べた実験結果を以下にまとめて示す。

1500

500

0

1200

1100

1000

900

800

700

600

500

40

図-7

時の動水勾配

80

①有効鉛直応力σ<sub>v</sub>'の増大に伴って破壊時の動水勾配 i<sub>f</sub>も大きく

σ<sub>v</sub>'=294.3 kPa

90

 $\sigma_{v}$ '=294.3 kPa

50

<sub>d</sub>=1.216 g/cm<sup>3</sup> (D値 95%)

締固め度 D値=ρ<sub>d</sub>/ρ<sub>dmax</sub>

図-6 締固め密度と破壊時の動水勾配

W=21.6 %

なり HF に対する抵 抗性は増す。 ②締固め密度(D 値) や初期飽和度(Sr<sub>0</sub>)を 高めると破壊時の動 水勾配 i<sub>f</sub>も大きくな り HF に対する抵抗 性は増す。 ③不飽和土の浸水飽 和化に伴うカラープ

ス(沈下や強度低下) は、HF に対してより 厳しい状況になると 思われる。

参考文献

 1) 村瀬:土質コアを 有するロックフィル ダムの水理的破壊現 象に関する研究,愛 知工業大学学位請求 論文,1996



60

70

初期飽和度 Sro(%)

初期飽和度と破壊時の動水勾配

80

90

100



図-9 貫入抵抗と破壊時の動水勾配

n

110

100