

(III-67) ピンホールを有する供試体を用いたフィルダム遮水材料の侵食試験

建設省土木研究所	正会員	○今林 豊 ¹
建設省土木研究所	正会員	山口嘉一 ¹
建設省土木研究所	正会員	川崎将生 ¹
建設省土木研究所	正会員	吉田 等 ¹

1. はじめに

筆者らは締め固めたフィルダム遮水材料に対して段階圧および一定圧のパイピング試験を行い、その浸透破壊抵抗性の評価を行っている^{1)~4)}。また、遮水ゾーンに集中的な浸透が発生した場合にも遮水材料の侵食の進展を防ぐフィルタの粒度条件を決定するための非侵食試験も併せて実施している⁵⁾。今回は非侵食試験と同様に、締め固めた遮水材料にピンホールを設け、その中に動水勾配を段階的に上昇させて通水する侵食試験を実施し、集中浸透状況下での侵食破壊特性について検討した。

2. 試験方法

試料には文献 3) ,4) で用いた最大粒径 19mm の風化千枚岩を用いた。含水比を w_{opt} ($=17.5\%$) と $w_{opt}+3\%$ に調整した試料を内径 100mm、高さ 127mm の高さ方向に 3 分割可能なモールド（高さは上、中、下それぞれ 21,85,21mm）内で 1Ec のエネルギーで突固めた。締め固めた試料の上、下 21mm の高さの部分をカットして直径 100mm、高さ 85mm の供試体を作製した。この供試体の断面中央部にそれぞれ $\phi 1, 2, 4\text{mm}$ のピンホールを形成し、ピンホールが水平方向になるように供試体を給水装置に接続した。試験装置を図-1 に示す。試験は動水勾配の上昇期と一定期よりなる。上昇期は第一段階の動水勾配を 2 より開始し、30 分毎に動水勾配を 2 ずつ上昇させ一定期の動水勾配 30 まで連続して試験を実施する。流量の測定は一動水勾配の 30 分経過直前の 3 分間以内で行った。動水勾配 30 の一定期は 30 日間継続し 1 日 1 回流量を測定した。供試体本数は含水比とピンホール径の各組み合わせで 3 本とした。なお、試験で規定している動水勾配 i は、供試体の上下流水位差を供試体高さで除した値として定義している。

3. 試験結果

補正動水勾配 i' と流量 Q の関係を図-2 にまとめて示す。補正動水勾配とは、流量が大きく配管等における水頭損失が無視できない場合に、水頭損失分を考慮して動水勾配 i を補正したものである。なお、全てのケースで侵食破壊の発生の有無は動水勾配上昇期において判明したので、上昇期のみに限って i' - Q 関係を示している。

$\phi 1\text{mm}$ の場合、両含水比とも流量のばらつきが大きく、かつ動水勾配の増加に伴う流量の上昇が見られない。試験終了後の供試体解体およびピンホールの観察では何ら変状が認められなかった。

これは相対的に粗粒な粒子による目詰まりが原因と考えられる。 $\phi 2\text{mm}$ の場合、 w_{opt} については昇圧期および一定期の 30 日間連続通水を通して流況は安定しており破壊や目詰まりは発生しなかったが、 $w_{opt}+3\%$ については一定期の動水勾配 $i=30$ になる前に侵食破壊が発生している。また、 $\phi 4\text{mm}$ の場合も $\phi 2\text{mm}$ と同様の結果が得られている。 $\phi 2$ および 4mm のケースでは、試験条件が同じ 3 本の供試体での結果のばらつきが小さく、かつ $w_{opt}+3\%$ の破壊前のデータに限れば同一ピンホール径の w_{opt} の場合とほぼ同じ i' - Q 関係を示すことがわかる。表-1 には、 $\phi 2$ および 4mm の破壊前の (i', Q) データの回帰係数

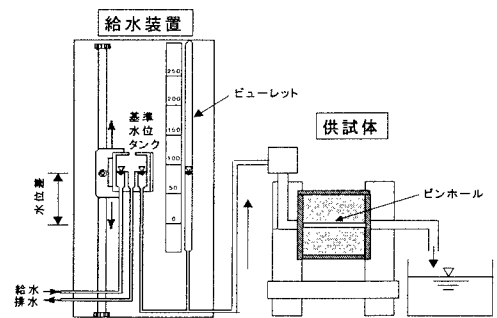


図-1 試験装置の概要

室内試験, 遮水材料, 侵食, フィルダム

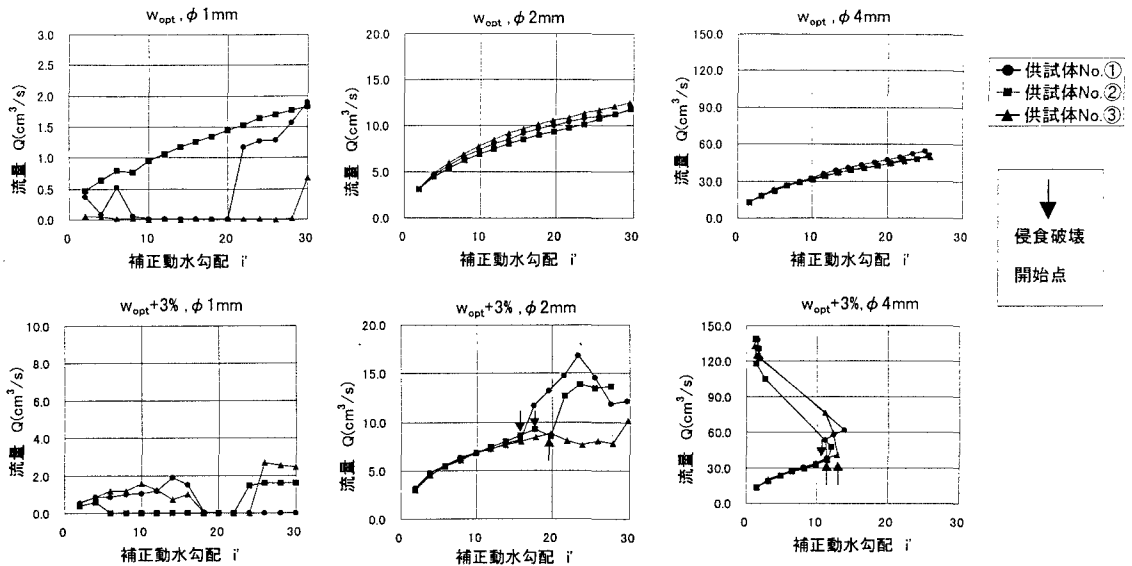


図-2 補正動水勾配と流量の関係

$a, b(Q=ai^b)$ と相関係数を示す。この表からも、ピンホール径が同じであれば a, b の値に差がないことがわかる。また、ピンホール径によらず、 b の値は約 0.5 であり、ピンホール中の水流は乱流であることがわかる。表-1 中には、 $w_{opt}+3\%$ 供試体が侵食破壊を開始する際の i と i' およびその時点でピンホール径は全く侵食されていないとして計算した破壊開始時の流速も示している。この表より、ピンホール径ごとに侵食破壊開始時の $i(i')$ に大きな差がなくばらつきの小さい結果が得られていることがわかる。また、破壊開始時の流速は 3 供試体の平均で $\phi 2\text{mm}$ の場合約 280cm/s、 $\phi 4\text{mm}$ の場合約 305cm/s とピンホール径による差があまりなく、今回用いた試料は流速 300cm/s 程度の流れにより侵食されることがわかる。

表-1 試験結果($\phi 2.4\text{mm}$ の場合)一覧

供試体条件	供試体番号	乾燥密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	破壊時の動水勾配		破壊時の流速 (cm/s)	$Q=ai^b$ (破壊前)		
			i	i'		a	b	相関係数
w_{opt} $\phi 2\text{mm}$	①	1.760	-----	-----	-----	2.375	0.480	0.997
	②	1.761	-----	-----	-----	2.286	0.477	0.999
	③	1.763	-----	-----	-----	2.391	0.498	0.996
	平均	1.761	-----	-----	-----	2.351	0.485	0.997
$w_{opt}+3\%$ $\phi 2\text{mm}$	①	1.718	16.0	15.8	280.7	2.499	0.437	0.995
	②	1.720	18.0	17.8	293.5	2.271	0.484	0.999
	③	1.716	20.0	19.8	279.5	2.366	0.448	0.995
	平均	1.718	18.0	17.8	277.9	2.379	0.456	0.996
w_{opt} $\phi 4\text{mm}$	①	1.762	-----	-----	-----	9.968	0.523	1.000
	②	1.756	-----	-----	-----	10.005	0.498	1.000
	③	1.758	-----	-----	-----	10.859	0.469	0.999
	平均	1.759	-----	-----	-----	10.277	0.497	1.000
$w_{opt}+3\%$ $\phi 4\text{mm}$	①	1.718	14.0	11.3	300.0	10.365	0.519	0.999
	②	1.721	14.0	11.5	289.1	10.487	0.497	0.999
	③	1.716	16.0	12.9	326.1	10.675	0.516	0.998
	平均	1.718	15.0	11.9	305.1	10.509	0.511	0.999

4. おわりに

今回実施した試験から得られた知見は以下のとおりである。

① w_{opt} の供試体の方が $w_{opt}+3\%$ より侵食に対する抵抗性が高い。これは段階圧および一定圧パイピング試験より得られた浸透破壊抵抗性の大小関係に一致する^{3),4)}。

② 侵食破壊開始時の流速はピンホール径によらず 300cm/s 程度である。この値は数 mm 程度の粒径を持つ均一な砂の限界流速よりかなり大きい⁶⁾。

参考文献

- 中村・山口・石平・峰村・平野：フィルダム遮水材料の限界動水勾配に関する考察，第 30 回土質工学研究発表会講演集，pp.1833～1836，1995 年 7 月。
- 平野・山口・中村・石平・峰村：フィルダム遮水材料の限界動水勾配の異方性，土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集，第 3 部門，pp.204～205，1995 年 9 月。
- 今林・山口・吉田：フィルダム遮水材料の締め固め含水比とパイピング特性の関係，第 32 回地盤工学研究発表会講演集，pp.1957～1958，1997 年 7 月。
- 今林・山口・川崎・吉田：長時間通水によるフィルダム遮水材料のパイピング抵抗性，土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集，第 3 部門，pp.490～491，1997 年 9 月。
- 中村・山口・小嶋・藤澤・矢萩・田原：非侵食試験によるフィルタ機能の評価，建設省土木研究所資料，第 3236 号，1994 年 1 月。
- 松本・山口：砂礫層の基礎処理方法に関する浸透流解析的検討，建設省土木研究所資料，第 2817 号，pp.13～14，1989 年 12 月。