

## 原位置内部浸食試験装置の提案

水資源開発公団試験研究所 正員○杉村 淑人  
 アイドールエンジニアリング 正員 森田 豊  
 埼玉大学工学部 正員 渡辺 邦夫

### 1. はじめに

近年、従前に比べて良好でないサイトにダム基礎を求めざるを得ない状況が顕在化する中で、ダム基礎の浸透機構を的確に把握し、所要の遮水性や浸透破壊に対する安全性を確保することが重要な課題となっている。特に浸透破壊抵抗性の小さい地層と高透水性の亀裂性岩盤が接するような水理地質構造において、ダム基礎の水理学的安全性の確認する方法の確立が急務となっている。本論文は、風化花崗岩サイトにおける孔間透水試験において実測された局部的な内部浸食(internal erosion)の可能性のあると考えられる現象を紹介するとともに、新しい原位置内部浸食試験装置について提案するものである。

### 2. 風化花崗岩の内部浸食測定事例

#### 1) 試験エリアの水理地質

孔間透水試験を行った試験エリアは、花崗岩を主体とし局部的に変麻岩が介在する地質構成で、岩盤はC M級を主体で、割れ目系は風化したマサを伴う高角度の連続性のよい2つの割れ目系（NE系とEW系）と連続性のよくない高角度のNS系、さらにこれらを連結する低角度割れ目系（割れ目間隔1m~0.5m程度、伸長数m）を伴っている。掘削面の割れ目系調査、5本（Φ=66mm、深度30m）のボーリング孔のボアホールスキャナーによる孔壁写真、ルジオンテスト等を基に作成した試験エリアの水理地質構造の模式図を図-1に示す。

試験エリアの透水性は、深度20m以深は概ね1~3Lu以下の難透水性で、それ以浅は10~20Lu程度と透水性が高くなっている。試験エリアには、変麻岩の存在に起因する相対的難透水性層が1~2枚程度分布、地下水面が複数存在し、飽和~不飽和が混在する領域となっている。

#### 2) 孔間透水試験

本試験に先立ち、孔内微流速測定を行い、水みちとなる割れ目を取り出し、各孔に受信用の7~8段のパッカー区間（標準区間長：2~3m）を設定した。各受信区間には、水頭で1mmの測定精度を有する水晶発振器の間隙水圧計がセットされている。孔間透水試験は、1孔を注水孔とし、他の4孔で受信する方式とし、注水区間はダブルパッカーを用い2~3mとした。注水深度は、地表へのリークを避けるため深度10m以下に4~7区間/孔設定し、注水圧は約3kgf/cm<sup>2</sup>の一定圧力とした。孔間透水試験は、各孔で4~7区間実施するパルス試験（約30分一定圧で注水）と、各孔で最大の透水性を示した注水区間で実施する長時間透水試験（注水圧一定、注水時間約4.5~7.5時間）の2種類とし、注水と受信の組合せを変えて、全孔で注水を行った。

#### 3) 内部浸食量の測定

受信孔の各測定区間の下部パッカーには円筒状の保護カバー（内径52mm、高さ75mm）があり、これを利用して各測定区間を移動する内部浸食の試料が採取可能である。各測定区間は、ダブルパッカーで仕切られて

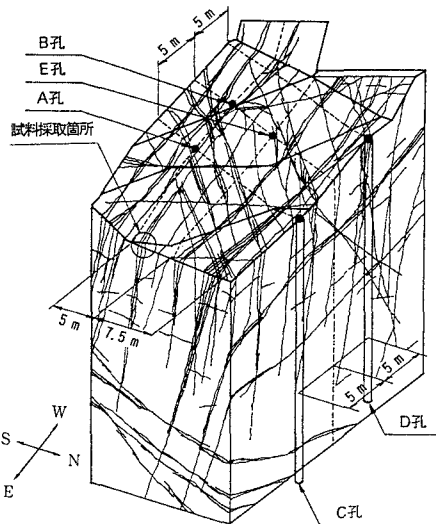


図-1 試験エリアの水理地質構造模式図

いるので、自然状態の流れがかなりの程度再現できていると考えてよい。本試験では、一連の孔間透水試験の終了後孔内の試料採取を行った。表-1に採取された試料の乾燥質量（比重2.6）を各孔の観測区間毎に示す。A孔、B孔が際だって採取量が多いのが着目される。

図-2は、この採取された試料（細粒マサ）の粒度分布（0.15mm以上）を、A孔とB孔に近接して存在する連続性のよい高角度亀裂帯（図-1参照）に介在するマサ、リク個所から採取した試料と比較して示したものである。内部浸食を起こす可能性のある地層は、リク個所の粒度分布から1.2mm以下が主体と考えられる。孔内で採取された試料は、やや粗い1.2~5mmの粒度のものが24~45%含まれているが、これは孔壁で観察された開口状の亀裂内から洗い出されたものと推定された。

孔壁写真で注水前には明瞭な開口割れ目が、注水後には細粒マサで覆われていたこと、孔内で採取された試料と高角度亀裂介在マサから採取した試料の0.15mm以下の粒度分布がほぼ一致していること、各測定区間のクラック幅と試料粒度の関係が整合すること等から、A、B両孔で採取された試料は、内部浸食物を含む可能性があると考えられた。

採取された細粒マサの浸透破壊抵抗性は、局所的な限界動水勾配の解析を待たなければならぬが、亀裂性岩盤におけるパイプフローと浸食抵抗性の低いマサが接触するような本ケースのような条件下では、局部的に内部浸食が発生する可能性があると考えられる。なお、注水圧3kgf/cm<sup>2</sup>は、試験区間では限界圧力以下である。

### 3. 新しい原位置内部浸食試験装置（孔内多段受信型）の提案

図-3に示すように多段パッカーの下部に試料採取受け皿と重量計測用のセンサーを設置すれば、注水孔の圧力と受信孔の間隙水圧とともに内部浸食試料をリアルタイムで測定可能となり、内部浸食発生時点の動水勾配を算定することにより、限界動水勾配を得ることができる。現在までに我が国のダムサイトで実施された原位置パイピング試験装置には、単孔注水式、多孔注水式、単孔揚水式の3方法があるが<sup>1)</sup>、いずれも観測孔は自由水面を形成しており、地下深部における岩盤の割れ目を介する内部浸食の原位置試験には適さない。ここで提案した上記の試験装置は、近年課題となっている浸透破壊抵抗性が小さい地層と高透水の亀裂性岩盤が接する箇所での原位置内部浸食試験に特に有効と考えられる。亀裂性岩盤は多くの場合異方性があり、この場合多孔多段型を使用するとよい。この一連のシステムは、孔内微流速測定と組み合わせば地下深部の水理地質構造の把握にも適している。限界動水勾配の算定には、筆者らが提案している水みちネットワークモデル（Don-Chanモデル）<sup>2)</sup>が有効で、これを乱流領域まで拡張したいと考えている。

#### 参考文献

- 山口嘉一：ダム基礎軟岩の水に関する問題、平成3年度シンポジウム予稿集、応用地質学会、pp48~57、1991年5月
- 杉村淑人、森田豊、三枝博三、鈴木希、渡辺邦夫：ダム基礎の水みちネットワークの試み、第27回岩盤力学に関するシンポジウム、pp161~165、1996

表-1 採取試料の乾燥質量

Stage等	孔	A	B	C	D	E
1		6.29	131.81	0.06	0.28	
2		3.79	154.08	0.42	0.12	0.20
3		30.85	137.72	0.50	0.68	1.05
4		103.50	119.99	2.82	0.21	0.72
5		—	103.89	2.95	0.36	0.79
6		36.12	53.17	2.18	0.52	1.00
7		45.49	53.09	1.94	0.98	1.86
8		30.59	17.75	4.99	0.97	—

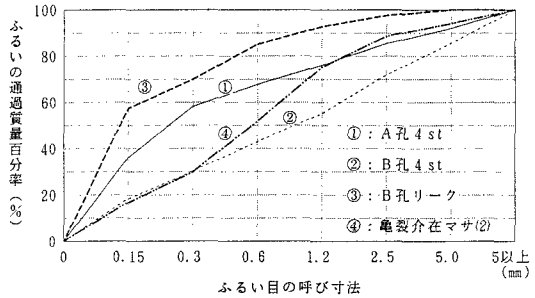


図-2 採取試料の粒度分布

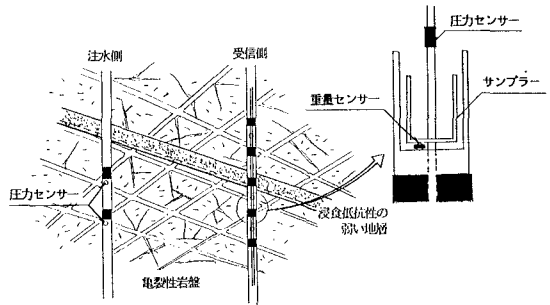


図-3 原位置内部浸食試験装置（孔内多段受信型）