

【パネルディスカッション】ダム基礎岩盤の止水処理 ダム基礎岩盤の止水処理の概要

土木学会 岩盤力学委員会 ダム・大型構造物基礎小委員会
小委員長 藤 沢 侃 彦（建設省土木研究所）

1. はじめに

岩盤は本来程度の差はあれ透水性を有するものであり、ダムを築造しようとする基礎岩盤についても例外ではない。貯水を最終目的としたダムにおいては貯水池側とダム下流側で必然的に動水勾配を生ぜしめるものであるから適切な止水処理は不可欠のものであり、従来より何等かの止水処理が成されてきた。止水処理に用いられる工法としてこれまで採用されてきたものとしては、グラウチング工法、コンクリートにより連続止水壁工法、ブランケット工法等があるが、連続止水壁工法、ブランケット工法ともに単独で用いられることは稀で、グラウチング工法との併用という形で用いられることが通常である。従って、ここではダム基礎岩盤の止水処理工法の代表であるグラウチング工法についてその概要を述べる。

なお、現在、ダム基礎岩盤の止水処理については力学的な面からの基礎の検討とともにダム築造に際しての最重点検討項目と位置づけられており、細心の注意が、調査、設計、施工の各段階で払われている。

2. 基礎岩盤の透水性

ダム基礎岩盤の透水性は通常ルジオンテストにより調査され、ルジオン値 (L_u) で評価される。ルジオンテストはボーリング孔を利用した水の圧水試験の一種であり、ルジオン値は 10kgf/cm^2 の圧力でボーリング孔内に水を注水した際、ボーリング孔長 1 m 当りに 1 分間に注入される水の Q 数で表される。なお、ルジオン値は必ずしも基礎の透水係数を表したのではなく、ダム基礎岩盤の止水処理を行う上での工学的な判断に用いられるものである。

3. 基礎グラウチング

ダム基礎岩盤に用いられるグラウチングとして、その主なものはカーチンググラウチング、コンソリデーショングラウチング、ブランケットグラウチングの3種類である。

1) カーチンググラウチング

貯水池からの浸透を押さえるために、ダム基礎岩盤および左右岸のアバットメントに対してカーテン状の難透水ゾーンを形成するように実施されるグラウチングのことをいう。

2) コンソリデーショングラウチング

コンクリートダム基礎面全体にわたって実施されるグラウチングであり、止水の面からはダムと基礎岩盤の接統部および基礎岩盤浅部の遮水効果を有するものである。

3) ブランケットグラウチング

フィルダムの遮水ゾーンの基礎岩盤浅部の透水性およびコア材と基礎との接統部の透水性の改善を目的として実施されるグラウチングのことをいう。

4. グ라우チングの計画、設計、施工

1) グ라우チングによる改良目標

カーチンググラウチングの改良目標はルジオン値を用い、コンクリートダムで $1 \sim 2 L_u$ 、フィルダムで $3 \sim 5 L_u$ 以下とされている場合が多い。コンクリートダムとフィルダムで改良目標が異なることの理由は、ダムタイプによる対象基礎岩盤の差（コンクリートダムは硬岩、フィルダムはコンクリートダムに比較すれば軟岩基礎に築造されることが多い。）によるものである。コンソリデーショングラウチング、ブランケットグラウチングの改良目標は通常 $5 \sim 10 L_u$ とされている。

2) グ라우チングの施工範囲

カーチンググラウチングの施工範囲は、深さ方向には、そのダムで定めた改良目標値を満足する遮水性を有する岩盤に達するまでの深さ、左右岸アバットメント方向に対しては、洪水時満水位と地山の地下水位が交わる位置までを施工範囲としている例が多い。

コンソリデーショングラウチングは通常コンクリート堤体下面全域に施工され、深さは5～10mが通常である。ブランケットグラウチングは、フィルダムのコア敷全域に施工され、施工深さはコンソリデーショングラウチングと同様5～10mである。

3) グ라우チングの注入材料

グラウチングの注入材料（グラウト材料）は、強度、安定性等の面からセメントが主材料として用いられている。セメントの種類としては、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種が一般に用いられている。グラウトに対する添加材として、ブリージング率や粘性を低下させるためにベントナイトや分散剤を用いることも多い。また、風化花崗岩や低固結岩等いわゆる軟岩に対してはコロイドセメントや超微粒子セメントが使用されることもある。

4) グ라우チング孔配置

カーテングラウチングの孔間隔は1～3mの範囲で各基礎岩盤の状況に応じて設定される。勿論、グラウチングの進捗に伴って改良効果が十分得られない場合、更に間隔は狭めて実施される。

コンソリデーショングラウチング、ブランケットグラウチングは一般に格子状に孔を配置して施工される。孔間隔は3～5mの例が多い。

5) グラウトの配合、注入圧力

グラウトの注入に際しては、目づまり防止等を考慮して通常低濃度の配合から順次高濃度の配合へ切り替えていく施工法が採用されている。一般に使用されている配合は、水とセメント重量比で、 $W/C=10\sim1$ で5～6段階である。また注入圧力については、注入圧力を高くする方が注入効率が良くなる反面、高すぎると岩盤に有害な変位を与える恐れもある。通常、グラウチングの注入圧力は基礎岩盤の限界圧力近傍に設定することが合理的であるとされている。

6) 注入方式、注入順序等

グラウチングの注入方式としては、上位より下位へ順次パッカーを設置して注入するステージ工法が採用される場合が多い。1回の注入単位であるステージ長は5mが一般的に採用されるが、岩盤の変位防止等のため注入圧力のコントロールが必要な場合にはステージ長を2～3mとすることもある。グラウチングの孔毎の注入順序としては、施工の進捗に伴って改良度合が順次把握可能とするため中央内挿法を用いることが原則とされている。

4. おわりに

以上、ダム基礎岩盤の止水処理、その中での代表工法であるグラウチングについてパネルディズカッションの基礎資料として蛇足と思いつつその概要を述べた。グラウチングに関しては、その対象が千差万別と言えるほど多岐にわたる岩盤であり、かつ地中内での工法でもあり数多くの経験がその技術の発展の基礎となっている。上述の概要はあくまで一般論であり、具体のダムサイトでのグラウチングの調査、設計、施工法等は、一般論を基礎とした上で個別の岩盤特性等を把握し、個々の対応を検討することが必要とされる。ここにグラウチング技術の所謂“むつかしさ”が存在するものと思われる。また、上述の概要の個々の項目についてもいずれも今後更に研究、実証しより合理的な技術とする余地を十分残しているものである。しかし、これまでもキレツの卓越する硬岩に対する軟岩のグラウチングの考え方、限界圧力に関する考察、限界圧力の小さい場合の静水圧を用いた透水性状の把握、アバット方向の止水範囲の考え方、グラウト注入機構の考察、浸透破壊の抵抗性、グラウト三要素計等注入状況把握システムの開発、地形、地質状況を総合的に考慮した止水処理の考え方、等々グラウチング技術全般に亘って着実な進展が図られてきている。今後の理論面を含めた一層の技術の進展が望まれる。

今回のパネルディスカッションはダム基礎岩盤の止水処理に関して各立場の4氏から最新の技術情報を述べて頂くこととなっており、この方面に関心のある多数の方々の参加を得て活発な議論がなされることを期待します。