

亀裂性岩盤におけるグラウチング特性について

復建調査設計㈱ 正会員 ○浅津直樹
 水資源開発公団 正会員 播田一雄
 山口大学工学部 正会員 古川浩平
 山口大学工学部 正会員 中川浩二

1. まえがき

ダムの基礎処理工法として用いられているグラウチングは、我が国特有の複雑な地質環境と岩盤評価の難しさのため、現在でも経験的な手法に頼る部分が多く存在している。従って、ダムを安全かつ経済的に建設していくためには、グラウチングの合理的な設計・施工が望まれているところである。本研究は亀裂性岩盤上に建設されたHダムのカーテングラウチングを対象として、グラウチング特性の解明を図るものである。本報では、特に透水量と注入量の相関性の問題、及びグラウト注入圧力の問題について考察を行う。

2. グ라우チングの概要

Hダムの基礎地盤は、古生層の砂岩、粘板岩及び砂岩・粘板岩の互層からなっており、ところどころにひん岩の貫入が見られる。グラウチングにおけるパイロット孔間隔は12mであり、中間内挿法による3次孔までの施工を基本としている。グラウトの最大注入圧力の最高値は、ダム本体部で30kg/cm²、リム部で15kg/cm²と異なっている。本研究の解析結果から、圧力の小さかったリム部では岩盤の改良が遅れていることがわかっている。

3. 透水量と注入量の相関性

従来からルジオン値と単位セメント注入量の相関性については多くの検討がなされているが、一般的に相関係数は大きなものではない。これは、ルジオン値が一定圧力10kg/cm²での透水量であるのに対し、単位注入量は実際の注入量であって、圧力で規準化されていないことに起因すると考えられる。そこで、次に示すどちらかの方法をとった上で、この相関性の問題を検討しなければならない。

①単位注入量を圧力で規準化し、ルジオン値と比較する

②グラウチング時の圧力で透水量を算出し、単位注入量と比較する。

まず①の方法として、単位注入量をグラウト注入最大圧力で除した注入度Ce/Pmaxを導入した。表-1にルジオン値と単位注入量、及びルジオン値と注入度の場合の相関係数を示すが、後者の方が相関性が大きくなっている。また後者の場合において、ルジオン値を算出する際のPQ曲線のパターン別に相関係数を求めたものを表中に併記した。パターン(1)はPQ曲線がほぼ比例関係にあり岩盤が弾性限度内にあると考えられるもの、パターン(2)は亀裂の開閉により圧力の上昇中に限界圧力が生じるものである。パターン(2)は(1)と比較して相関係数は極めて小さく、これが全体の相関性を小さくしていることがわかる。更にパターン(1)'はパターン(1)の中でも特にPQ曲線が原点を通過する場合であるが、相関係数はパターン(1)よりも

表-1 相関係数の比較(1)

パラメータ	PQ曲線パターン	個数n	相関係数r
Lu~Ce	全体	705	0.38
Lu~Ce/Pmax	全体	704	0.46
	(1)	282	0.67
	(2)	242	0.16
	(1)'	118	0.79

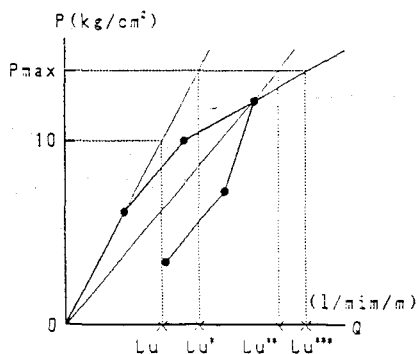


図-1 換算ルジオン値の算出方法

表-2 相関係数の比較(2)

パラメータ	左岸リム部 (n=123)	右岸リム部 (n=107)
Lu~Ce	0.24	0.25
Lu~Ce/Pmax	0.38	0.35
Lu'~Ce	0.50	0.48
Lu''~Ce	0.69	0.75
Lu'''~Ce	0.64	0.72

大きくなっている。

次に②の方法として、PQ曲線から換算ルジオン値 Lu^* 、 Lu^{**} 、 Lu^{***} を算出した。それぞれの換算ルジオン値の算出方法を図-1に示す。いずれもルジオン値の場合と異なり、グラウト注入最大圧力の点で透水量を求めるものであるが、 Lu^{**} と Lu^{***} についてはパターン(2)の様な場合に透水量が過小評価される可能性を考慮している。表-2に各々のパラメータを用いた場合の相関係数を示す。なお、PQ曲線のデータはダム本体部では得られなかったため、左岸、右岸のリム部についてのみ検討した。表をみれば、両方の場所で Lu^{**} を用いた場合の相関係数が最も大きくなっていることがわかる。これに対し Lu^* では透水量が過小評価され、また Lu^{***} では逆に透水量が過大評価されることが考えられ、 Lu^{**} の場合ほど相関性は大きくならなかった。

4. グラウト注入最大圧力について

本研究では岩盤の限界圧力に着目し、これを最大圧力の比で表した P_{max}/P_{cri} を用いて最大圧力の検討を行った。図-2に P_{max}/P_{cri} と改良度の関係を示す。ここでの改良度はi次孔のグラウチングによるi+1次孔位置の改良効果を表すものであり、次式で定義した。

$$\text{改良度} = \log Lu'_{i+1} - \log Lu_{i+1} \quad (1)$$

ここで、 Lu'_{i+1} はi+1次孔の両隣のi次孔のルジオン値を平均して求めたグラウト注入前の推定ルジオン値であり、 Lu_{i+1} は注入後のルジオン値である。図をみれば巨視的ではあるが正の相関があると思われる、最大圧力は限界圧力の数倍程度でも改良効果は大きくなっていることがわかる。また、図-3には P_{max}/P_{cri} と単位注入量の関係を示す。この図の場合にも単位注入量の増加と共に P_{max}/P_{cri} は大きくなっていることが理解できる。次に、図-4には P_{max}/P_{cri} と注入効率の関係を示す。注入効率は C_e/Lu で定義され、単位ルジオン当りの透水量を表している。この場合には図-2、図-3と異なって、明らかに P_{max}/P_{cri} が1~2付近にピークを生じていることがわかる。

図-2~図-4の結果から判断すると、 P_{max}/P_{cri} が大きいところでは、単位注入量が多いのに効率が悪いので、i次孔においてグラウトの割れ注入が起こっている可能性が考えられ、これによって多量のグラウトがi+1次孔位置まで流れ込んで、この場所での改良度が大きくなったと推測できる。従って、改良度が大きくなっても、その付近の岩盤がすべて改良されているとは限らない。一方、注入効率が大きくなっている P_{max}/P_{cri} が1~2付近ではi+1次孔位置での改良度は小さいが、グラウトはi次孔付近の割れ目に確実に浸透注入されていると考えられる。

5. まとめ

以上の結果をまとめれば次のようになる。

- ① 注入度を導入すれば単位注入量の場合よりもルジオン値との相関性は向上する。更に、本研究で定義した換算ルジオン値 Lu^{**} を用いれば、単位注入量との相関性がかなり大きくなる。また、弾性体とみなしうるような岩盤では相関係数は大きい、低圧で限界圧力を生じる岩盤では相関係数は極めて小さい。
- ② 丁寧なグラウチングを行うためには、個々の岩盤の限界圧力の1~2倍程度に最大圧力を設定することが望ましいと考えられる。

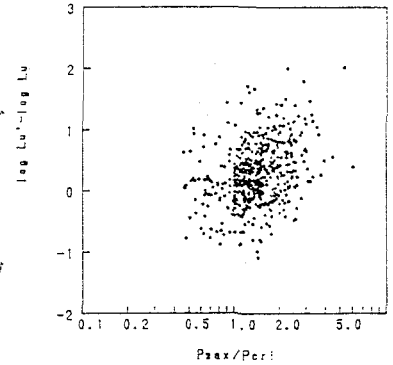


図-2 P_{max}/P_{cri} と改良度の関係

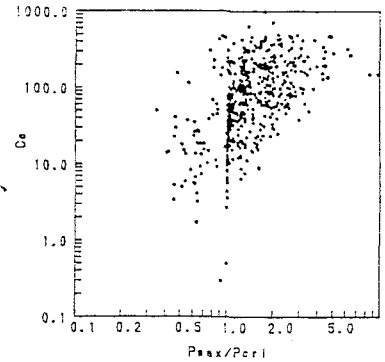


図-3 P_{max}/P_{cri} と単位注入量の関係

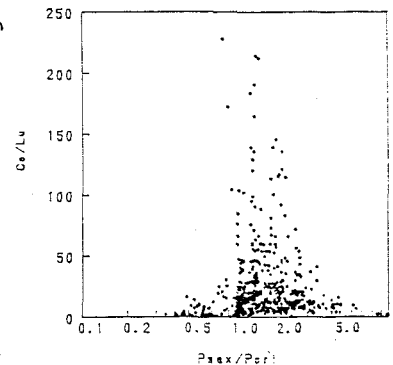


図-4 P_{max}/P_{cri} と注入効率の関係