

地質状況を考慮したグラウチング品質管理支援システムの構築

安藤ハザマ 正会員○宇津木慎司, 正会員 中谷 匡志
 京都大学大学院工学研究科 正会員 水戸 義忠

1. 概要

ダムグラウチングに関する技術指針¹⁾は2003年に改訂された。具体的には、ダム基礎全面に注入孔が設定され安全側に設計されていた既往の設計に対して、遮水性改良目的の孔を基礎上流側に集中して設定するとともに、力学的改良を目的とした施工を断層などの弱部に限定することにより、必要最小限の施工で所要の品質を確保する方法が採用されている。このため、実施工時においては、水みちを構成する岩盤の割れ目の状況などを考慮し、最適なグラウト注入を実施することの重要性がより高まっている。これに対して筆者は、主要な水みちを形成する割れ目の走向・傾斜データをもとに最も割れ目と交差しやすい削孔方向を算定する、①割れ目密度ダイアグラムを開発した。また、実施工時の透水試験結果を用いて②地球統計学的解析により推定コンター図化することにより、水みちなどを評価しその状況に応じて確実に対策を講じる方法について検討した。

2. 既往のグラウチング設計・施工に関する課題

2.1 ボーリング削孔方向

ダムグラウチング注入孔削孔方向は、鉛直下方に設定される事例がほとんどである。これに対して、基礎岩盤に分布する割れ目の傾斜角が高角度で上下流方向の走向を有している場合、注入孔と割れ目が交差しにくいことにより、高透水を呈する割れ目にグラウトが注入されず残存する水みちがダム基礎を上下流に貫く可能性がある。

2.2 水みちの評価方法

施工時の透水試験結果とグラウト注入実績については、5m区間ごとに実施された透水試験結果を左半円に、単位セメント注入量を右半円に示すのが一般的である。しかしながら、この図については、高透水部や低透水部の分布状況を大まかに捉えることはできるが、水みちや未改良区間の分布状況を詳細に評価することは困難である。

3. グ라우チング品質管理支援システムの検討

本章においては、上記した課題に対して、地質調査結果と施工結果をもとに解析を実施することにより、最適な注入の実現を目的とした品質支援管理システムについて検討を行った。

3.1 割れ目密度ダイアグラムを用いた削孔方向の検討

地質調査によって測定された割れ目は、シュミットネットなどの球面投影法を用いて整理されるのが一般的であるが、この方法は方向性の定性的な評価に利用されるに留まっており、割れ目分布性状に起因する岩盤の異方性を考慮するまでには至っていない。これに対して筆者²⁾は、球面投影法を用いて節理分布密度を評価し、定量的に設計・施工に反映できる新しい図的解法を考案した。この方法では、任意の削孔方向における割れ目交差密度(単位:個/m)を算出し、その結果を図-1のようなシュミットネット上にコンター図として整理する。

検討を実施したダムの地質は中生代白亜紀の花崗閃緑岩である。調査測線長1,362m区間で得られた2,337個の割れ目について、任意の削孔方向で交差する割れ目密度を算出した結果を図-1に示す。これをみると、①最も割れ目と交差しやすい方向はN25Wで南東に20°傾斜させる孔であり、③最も交差しにくい向きはN30Wで北西に60°傾斜させる孔であることがわかる。なお、実際の割れ目密度値については、①約1.0個/mに対して、②鉛直下方が約0.8個/m、③では約0.6個/mと、最大4割程度、差異があることが判明した。

当ダムにおいては、上述の検討結果を検証する目的で、地質状況や割れ目の卓越傾向が同一の地点において、(1)鉛直に設定した孔と(2)検討結果より60°傾斜させた孔で透水試験を実施することにより、試験結果の差異を確

キーワード：グラウチング, ダム基礎, 岩盤, 品質管理

連絡先：〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 TEL：03-3588-5770, FAX：03-3588-5755

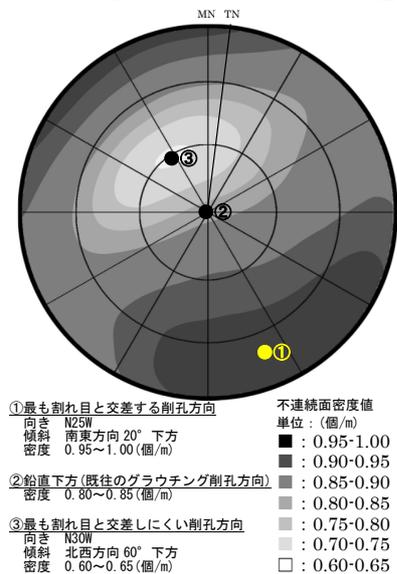


図-1 割れ目密度ダイアグラム

認した. ここで, 図-2 に2つの削孔方向のルジオン値対数頻度分布を示す. この図はそれぞれ①C_H級岩盤の結果, ② C_M~C_L級岩盤の結果, そして③両者を足し合わせた河床部全体の結果を示したものである. これをみると, (2)60°傾斜孔の方で対数ルジオン値の最小値, 平均値, そして平均値-標準偏差値が大きくなっており, より多くの割れ目と交差することにより高透水を呈していることを示唆していると考えられる.

3.2 地球統計学的解析を用いた水みちの評価

本論文においては, 2.2項で示した水みちの評価方法に関する課題に対して, 地球統計学的解析³⁾を用いた評価方法を提案する. ここで, 上述したダムにおけるグラウチング施工結果について, 図-3に地球統計学的解析によるルジオン値の推定コンター図を示す. この図は, 12m間隔のパイロット孔と6m間隔の1次孔のデータをもとに, これらの孔間の任意の位置における透水特性の推定値を算出したものであり, 図中の赤線は透水性が高いと想定されている連続性の良い弱層である. この図をみると, 既往の実績図では透水試験結果が数m離れた点のデータとして整理されているのに対して, 推定コンター図では高透水部と低透水部の分布状況を分かりやすく表示できている.

施工時には, 規定孔と呼ばれる設計最終次数孔の注入が完了した時点で透水試験結果を整理することにより, 改良効果の判定を実施するとともに, 残存する水みちの評価および追加対策の必要性が検討される. ここで, 図-4, 5 に施工段階ごとのルジオン値の推定コンター図を示す. この図をみると, 図-3 の初期状態においては連続性のよい弱層沿いに高透水ゾーンが分布していたものの, 図-4 の2次孔(3m 間隔)施工時, 図-5 の3次孔施工時(1.5m 間隔)と施工の進捗に伴い, 遮水性が改善されていく状況が詳細に確認できる. また, 図-5 に寒色系で示された改良範囲と着岩部付近や弱層沿いに暖色系で示された高透水の範囲とが明確に分かれており, 改良完了箇所判定および追加対策が必要な箇所の評価を, 既往の結果図よりも詳細かつ確実に実施できると考える.

4. 結論および今後の課題・展開

本論文においては, 地質状況を考慮して最適な注入孔削孔方向を評価するとともに, 水みちや改良の進みづらい箇所などを特定する, グラウチング品質管理支援システムに関する検討を実施した. 今後, 多種の岩盤におけるダム施工現場において本システムを試行することにより, その適用性をより高めていく必要があると考えられる. また, 地下空洞におけるグラウチングは改良範囲を3次元的に設定する必要がある. これに対しては, 3次元の地球統計学的解析を実施するとともに, 複雑な水みちを分かりやすく描画する方法についても検討する予定である.

参考文献

- 1) 財)国土技術研究センター:グラウチング技術指針・同解説, 大成出版, 2003.
- 2) 水戸義忠:節理分布性状の確率モデルを用いた節理性岩盤の解析に関する基礎研究, 早稲田大学博士論文, 1993.
- 3) 地球統計学研究員会訳編:地球統計学, pp. 1, 2003.

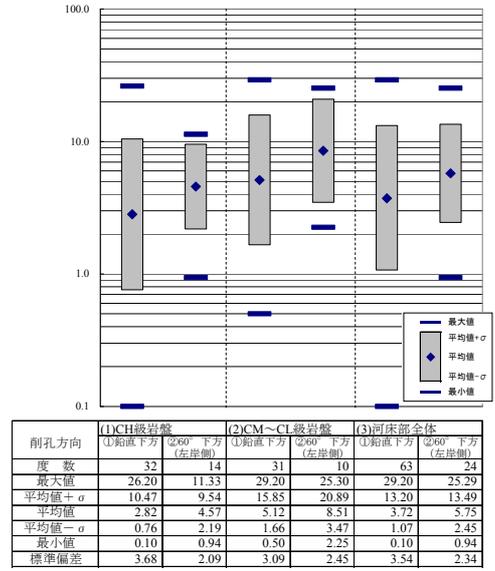


図-2 削孔方向ごとのルジオン値

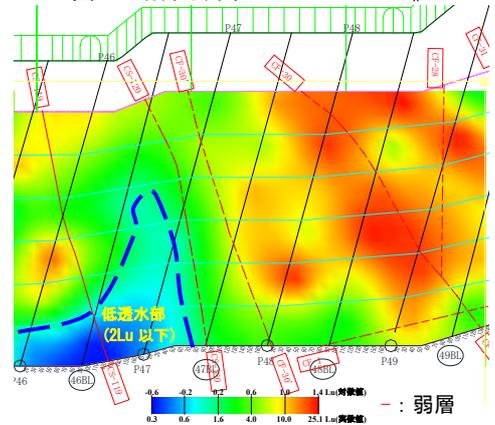


図-3 P孔と1次孔による推定コンター図

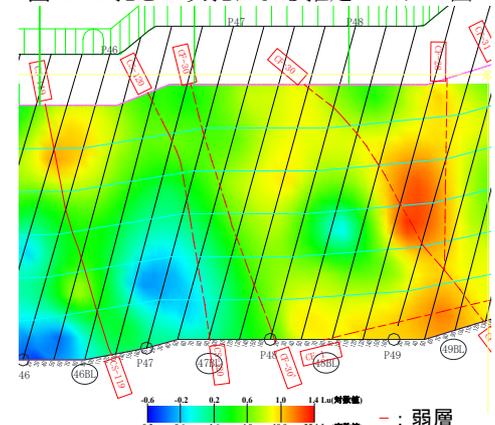


図-4 2次孔による推定コンター図

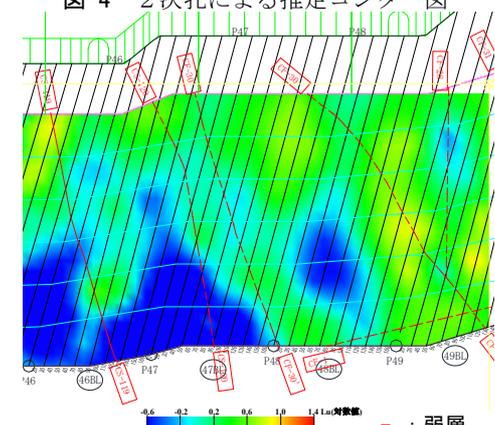


図-5 3次孔による推定コンター図