

地下構造物周辺岩盤におけるグラウチング調査・設計・施工システムの構築

安藤ハザマ 正会員 ○宇津木慎司, 中谷 匡志, 澤田 純之

1. はじめに

ダムグラウチングの技術指針は、2003年に改訂された。具体的には、堤体基礎全面に注入孔が設定されていた既往設計に対して、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、力学的改良目的の孔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手法が採用されている。このため施工時には、水みちを構成する割れ目の状況を考慮し、最適なグラウト注入を行うことが重要となる。

また、(独)日本原子力研究開発機構により検討が進められている地層処分空洞や、高土被り部におけるトンネル掘削に伴う突発湧水の発生が懸念されているリニア中央新幹線トンネルなどにおいても、施工時の安全や恒久的な空洞内への地下水湧出防止などを目的とした水抜きボーリング工や止水対策工が計画されている。これらの構造物においては、通常の地下構造物施工より高い品質が求められることとともに、全体工費の抑制が重要課題として指摘されており、より効率的かつ効果的な止水対策を実施する必要があると考えられる。

これに対して筆者は、グラウチング調査・設計・施工システム(特許公開2013-221298)として、①最も割れ目と交差しやすい削孔方向を算定する割れ目密度ダイアグラムと②岩盤の水みちを地球統計学的解析により推定コンター図化する手法を組み合わせ、ダム施工現場において適用した¹⁾。本論文においては、本システムを地下構造物周辺岩盤において適用することを目的として、種々の検討を実施した内容について詳述する。

2. 既往の地下構造物周辺岩盤における止水対策に関する課題

ダム基礎におけるグラウト注入孔の削孔方向は、図-1に示すように、鉛直下方に設定される事例がほとんどである。これに対して図のように、高透水を呈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割れ目にグラウトが注入されず、ダム基礎を上下流に貫く水みちが残存する可能性がある。

また、地下構造物周辺岩盤における止水対策工は、図-2に示すように、空洞壁面から数mの範囲の周辺岩盤を均等に改良することを目的として、等間隔で放射状に設置される事例が多い。この場合、図に示すように、トンネル軸と平行な走向を有する割れ目やトンネルの傾斜角と同様な傾斜角を呈する割れ目が分布する状況においては、上述したダムの場合と同様に、注入孔と割れ目が交差しにくいため、地下構造物周辺岩盤の水みちが改良されず残存する可能性がある。

3. 地下構造物施工におけるグラウチング調査・設計・施工システム

本章においては、空洞掘削前の事前地質調査結果や掘削時の切羽や側壁における割れ目調査結果などをもとに、種々の解析や評価を実施し、最適な止水対策を講じるための調査・設計・施工システムについて検討を行った。ここで、立坑を例にしたシステムの概念図を図-3に示す。

3.1 調査・設計段階におけるシステムの検討

本実施段階においては、止水対策対象区間において、地下空洞掘削前に調査ボーリングを実施し、対策が必要な湧水の多い区間や高透水ゾーンの位置を大まかに把握するとともに、空洞掘削時に当該区間における割れ目の卓越傾向を確認することにより、最適な対策孔設定方向を考慮した事前設計を実施する。

従来の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として利用されるに留っており、割れ目分布性状に起因する岩

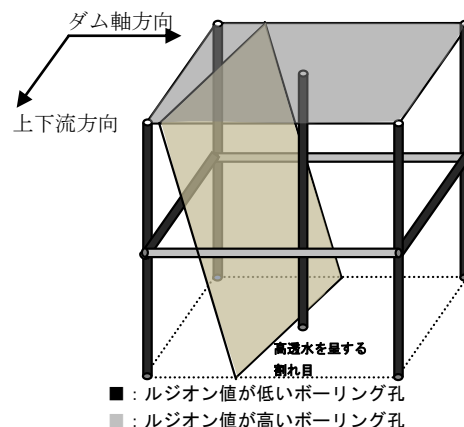


図-1 ダム基礎における対策孔配置例

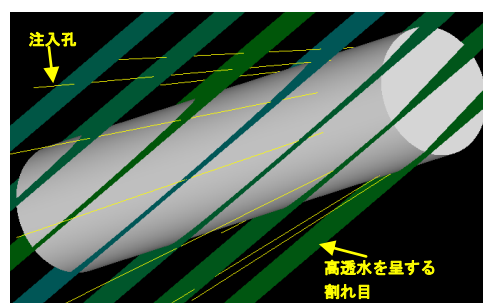


図-2 地下構造物における対策孔配置例

盤の異方性を考慮するまでには至っていない。これに対して本システムにおいては、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²⁾。この方法は、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-4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。また割れ目の開口幅が調査されている場合には、任意の削孔方向における岩盤の透水係数を推定するダイアグラムも検討している。

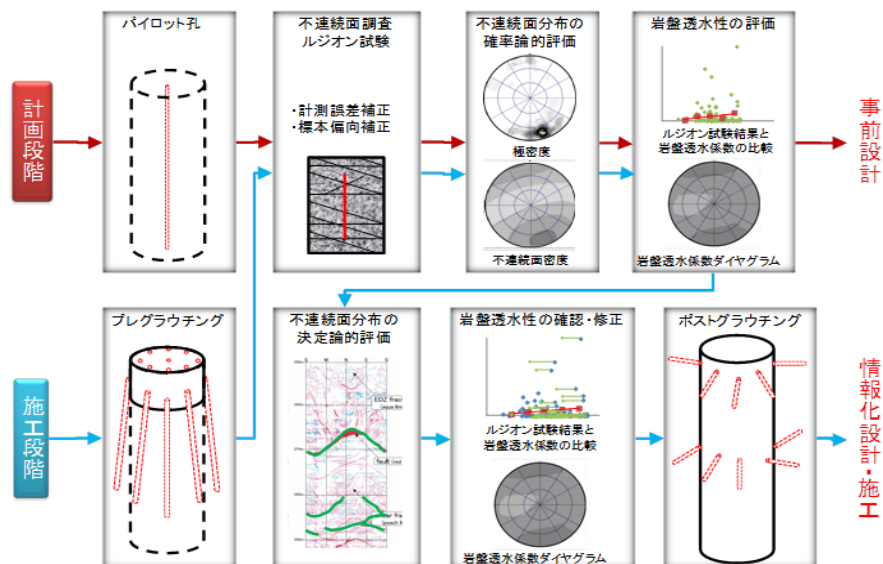


図-3 地下構造物施工 グ라우チング調査・設計・施工システム概念図

図-4は、新第三紀の泥岩が分布する立坑の30m区間における割れ目調査データ³⁾をもとに、任意の削孔方向における割れ目密度を算定したものである。当該地点には、東西走向で高角度を呈する割れ目が卓越しているため、割れ目交差密度は、南北方向に低角度で削孔する場合で大きく、東西方向および高角度に削孔する場合で小さい傾向が認められる。これに対し、図-4に赤丸で示したのは、当該地点において傾斜角70°で等間隔・同心円状に配置されている注入孔の削孔方向である。この孔配置は、施工性が良好であるとともに、側壁から数mの範囲を改良するために最適な配置であると考えられるが、特にA4～A9孔については当該地点において最も割れ目交差密度が低い方向であるため、2章で示したように、高透水を呈する割れ目に注入孔が交差せず水みちが残存する可能性がある。これに対しては、当該ダイアグラムを用いて、数十°程度、割れ目交差密度の大きな方向へ傾斜させることにより、より効率的かつ効果的な施工が実現できると考えられる。

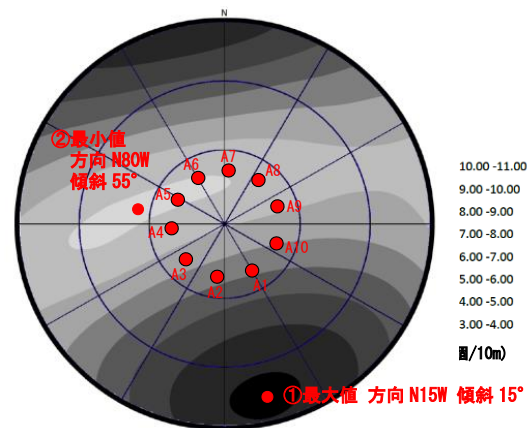


図-4 割れ目密度ダイアグラム検討結果

3.2 施工段階におけるシステムの検討

本実施段階においては、上述したように、割れ目の卓越傾向を考慮した削孔方向で実施したプレグラウチング施工結果とともに、施工時に得られるコア観察結果などにより地質状況を把握することにより、計画段階で検討した割れ目密度と岩盤の透水係数との関係をより詳細に確認していく。また、止水対策後に実施する対象区間空洞掘削時に、特に3.1項で示した改良されずに残存する水みちが分布する可能性の高いA4～A9孔付近の側壁で空洞内への湧水量調査を実施し、必要に応じて最適な方向にポストグラウチングを実施する必要があると考えられる。

4. 結論および今後の課題・展開

本システムにおいては、地質状況を考慮して最適な対策削孔方向を評価することにより、より効率的かつ効果的なグラウチング施工を実現するための調査・設計・施工システムについて、種々の検討を実施した。今後、多種の岩盤におけるダム施工現場および地下空洞現場において本システムを運用することにより、その適用性をより高めていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 宇津木慎司, 水戸義忠, 小山倫史: 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, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.69, No.1, 118-125, 2013.
- 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) 稲垣大介, 常盤哲也, 村上裕晃: 幌延深地層研究計画; 平成23年度地下施設計測データ集, JAEA-Data/Code 2012-029, 2012.