

カーテングラウチングにおける 2 ステージ一括注入適用上の課題と対応方針

独立行政法人土木研究所 正会員 山口 嘉一
独立行政法人土木研究所 正会員 ○塚越 雅之

1. はじめに

ダム基礎グラウチングの基準である「グラウチング技術指針・同解説」¹⁾(以下、「改訂指針」という)は、近年のダム基礎地盤の多様化に適切に対応するために、平成 15 年(2003 年)に抜本的に改訂された。改訂指針の適用により、グラウチングの施工数量が減少し、結果として大きなコスト縮減効果をあげている²⁾が、現在のわが国における逼迫した財政事情を考慮すると、さらなる合理化の検討が望まれている。

ここでは、グラウチングの合理化策として、施工深度の長いカーテングラウチングを対象として、通常 5m とするステージ長を 2 倍の 10m にして注入の効率化を図る、いわゆる「2 ステージ一括注入」を取り上げ、国内外の実施例に基づいて整理した「2 ステージ一括注入」の適用上の課題³⁾をふまえて、今後 2 ステージ一括注入の導入を検討する際に留意すべき点を取りまとめた。

2. 検討の前提条件

2 ステージ一括注入の技術的課題を検討するに際し、以下の前提条件を設定する。

- ① 2 ステージ(10m 区間)一括注入する場合でも、水押し・透水試験は区間長 5m で行うものとする。
- ② 水押し・透水試験において限界圧力が発生した場合は、2 ステージ一括注入の技術的課題検討の対象外とする。
- ③ 検討を単純化するためカーテングラウチングの改良目標値は、深度や諸条件に関わらず 2Lu とする。また、改良目標値以下の改良度合は議論の対象外とする。
- ④ 地盤の透水性が同じであれば、水みちの状況や注入特性も同等であるとする。

3. 具体的な課題の抽出および対応策の検討

1) 注入圧力

- ① 基礎地盤浅部においては、標準の 5m 区間の 1 ステージ注入(以下、「1 ステージ注入」という)の上部側ステージと下部側ステージで規定注入圧力が異なるため、2 ステージ一括注入の場合どのような注入圧力設定をするかが課題となる。

上部側ステージの規定圧力を採用した場合、2 ステージ一括注入の下部側ステージでは、1 ステージ注入に比べて注入圧力が低くなることからセメントミルクの到達距離が低減し改良範囲が相対的に狭くなる。

一方、下部側ステージの規定圧力を採用した場合、上部側ステージでは 1 ステージ注入に比べて注入圧力が高いことからリークや基礎地盤に有害な変形や破壊が生じる可能性が相対的に高くなる。また、セメントミルクが必要以上に遠方まで逸散し非効率となる可能性がある。

- ② 2 ステージ一括注入では注入区間長が長くなることにより、セメントミルクの比重による注入区間上下端での注入圧力の差が 1 ステージ注入に比べ大きくなる。しかし、この影響はかなり小さいのではないかと考える。

2) 注入速度

1 ステージ注入の場合、最大注入速度を 40 /min/m としている事例が多い。この値を単純に 2 ステージ一括注入にあてはめると、1 ステージ注入の 1 孔あたりの最大注入速度 200 /min に対し 2 ステージ一括注入では 2 倍の 400 /min となる。このように注入流量が大きくなる場合には以下の課題が考えられる。

- ① 一括注入する 2 ステージの一方のステージの透水性が他方より極端に大きい場合、透水性の大きいステージに注入が集中し、1 ステージ注入の場合よりも大きい注入速度が地盤変位の原因となる可能性がある。
- ② 一般的には 1 ステージ注入における 1 孔あたりの最大注入速度を基にグラウト製造設備および注入設備が選定される場合が多い。そのため、2 ステージ一括注入を採用する場合には両設備の能力の確認が必要となる。
- ③ 1 孔あたりの最大注入速度が大きくなることで注入管の管内抵抗による損失水頭が大きくなり、結果的に有効注入圧力が低下する。この影響度合を概略検討するために、1 ステージ注入時(5m 区間)と 2 ステージ一括注入時(10m 区間)それぞれについて、注入速度と損失水頭(圧力換算)の試算値を注入管長ごとに整理した結果を図-1 に示す。図中の値は、あくまで最大注入速度での結果であり、その影響度合については、実施工における注入速度、注入圧力の組合せによって異なる。

キーワード ダム、カーテングラウチング、合理化、2 ステージ一括注入

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 (独)土木研究所 ダム構造物チーム(水工) TEL029-879-6781

一方、2ステージ一括注入において最大注入速度を 40 /min/m とせず、1ステージ注入の1孔あたりの最大注入速度である 200 /min を採用した場合には、1mあたりの最大注入速度が半減することから透水性の高い基礎地盤に対しては注入時間の増大につながる可能性がある。

3) 透水性に応じた配合切替基準

2ステージ一括注入の対象となる2つのステージにおいて、配合切替基準の区分が異なる程度に地盤の透水性が異なる場合、一つの配合切替基準を採用することによる注入効果への影響が考えられる。そのため、2ステージ一括注入の上部側ステージのルジオン値 LuX と下部側ステージのルジオン値 LuY の組合せを表-1に示すように区分し、配合切替基準が2ステージ一括注入の注入効果に与える影響を考察する。

考察にあたり、表-1の透水性区分の境界値を、改良目標値の $2Lu$ と、配合切替基準の透水性区分境界として事例の多い、 $10Lu$ 、 $20Lu$ とした。

配合切替基準による影響についての考察結果を以下に示す。

- ① $a1 \sim a4$ 、 $b1$ については対象となる2つのステージの配合切替基準の区分が同じであるため、開始配合については1ステージ注入と同じにしても注入効果に差が無いものとする。
- ② $a1 \sim a4$ 、 $b1$ については対象となる2つのステージの配合切替基準の区分が同じであるため、配合切替基準における配合ごとの注入規定量・総注入量を単純に2倍とした場合でも1ステージ注入との注入効果に大きな差は無いものとする。
- ③ $b2$ 、 $b3$ 、 $c1 \sim c3$ については対象となる2つのステージの配合切替基準の区分が異なるため、開始配合の設定は重要な課題となる。

2ステージ一括注入の対象となる2つのステージで1つのステージごとに注入する際の開始配合が異なる。仮に2つのステージの内の小さいルジオン値のステージの開始配合を採用した場合には、大きいルジオン値のステージに注入が集中し1ステージ注入の配合切替基準設定時に想定したセメントミルク量が小さいルジオン値のステージに注入されない可能性がある。逆に大きいルジオン値のステージの開始配合を採用した場合には、小さいルジオン値のステージの透水性に対して開始配合が濃すぎて目詰まりが発生し十分な改良ができない可能性がある。

- ④ $b2$ 、 $b3$ 、 $c1 \sim c3$ については対象となる2つのステージの配合切替基準の区分が異なるため、配合ごとの注入規定量・総注入量の設定は重要な課題となる。

単純に、配合ごとの注入規定量を2つのステージの配合ごとの規定量の和とし、総注入量を2倍としたときには、ルジオン値の大きいステージに配合の薄いセメントミルクが1ステージ注入を想定した規定量より多く注入される可能性がある。これは、地盤の透水性に対して配合が薄いセメントミルクを注入してしまう問題とルジオン値の小さいステージに1ステージ注入の配合切替基準設定時に想定した量が注入されないという問題を引き起こすことが考えられる。さらに、透水性に対して配合が濃いセメントミルクは必要な範囲まで到達しない可能性があり、配合が薄いセメントミルクはブリージングが大きくなり硬化後の品質が問題となるとともに注入時間が増える可能性があることを考えると、2つのステージで透水性に差があるこのケースでは、ダムごとに注入初期の段階で注入データを含めて詳細に分析して適切な配合切替基準を検討する必要がある。

4. おわりに

本報では、改訂指針発刊以降のグラウチングの合理化の課題の一つである「2ステージ一括注入」における具体的な技術的課題を注入圧力、注入速度、配合切替基準という観点から抽出、整理し、課題解決に向けた検討の方向性、あるいは適用条件（制約条件）を明確にして適用する場合の具体的な条件などについて考察した。その結果を受けて、今後2ステージ一括注入の導入を検討する際に留意すべき点を取りまとめた。

参考文献

- 1) (財)国土技術研究センター編集：グラウチング技術指針・同解説、(株)大成出版社発行、2003年7月。
- 2) (独)土木研究所水工研究グループ：グラウチング技術指針の改訂によるコスト削減効果、ダム技術、No.241、pp.90-92、2006年10月。
- 3) 山口嘉一、塚越雅之：カーテングラウチングにおける2ステージ一括注入の適用上の課題、土木学会第64回年次学術講演会講演概要集CD、2009。

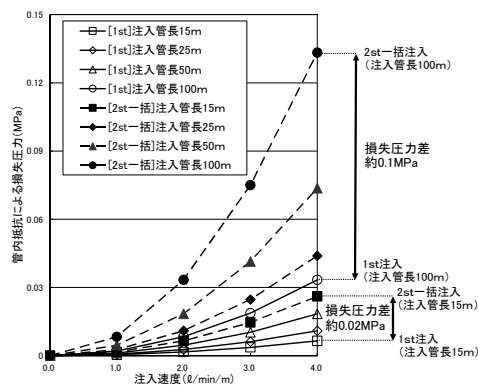


図-1 注入速度と管内抵抗による損失圧力の関係

表-1 上下ステージの透水性の組合せに基づく区分

Lu X \ Lu Y	I-i	I-ii	II	III
	$Y \leq 2$	$2 < Y \leq 10$	$10 < Y \leq 20$	$20 < Y$
I-i	a1	b1	b2	b3
I-ii	b1	a2	c1	c2
II	b2	c1	a3	c3
III	b3	c2	c3	a4

対象となる2つのステージの上部側ステージルジオン値を LuX 、下部側ステージルジオン値を LuY として表示。

- $a1 \sim a4$: 対象となる2つのステージが同じ配合切替基準の区分となるケース
- $b1$: 対象となる2つのステージが同じ配合切替基準の区分となるが、片方のステージのルジオン値が改良目標値以下で、もう一方が改良目標値より大きいケース
- $b2$ 、 $b3$: 対象となる2つのステージが異なる配合切替基準の区分となり、片方のステージのルジオン値が改良目標値以下で、もう一方が改良目標値より大きいケース
- $c1 \sim c3$: 対象となる2つのステージが異なる配合切替基準の区分となり、ともにルジオン値が改良目標値より大きいケース