

任意配合注入システムの開発と実用性の確認

前田建設工業株式会社 正会員 伊藤節男 非会員 小熊 登
日特建設株式会社 正会員 阿部義宏 非会員 永井典久

1. はじめに

近年、ダム建設はもとより山岳トンネルや放射性廃棄物地層処分等、岩盤を対象としたグラウチング技術に関する研究が多数なされている。グラウチングは古くからの技術であるが、目視できない岩盤内での工事であるため、現在においてもその改良のメカニズム、改良程度、改良範囲等の不明な点が多く、そのためグラウチングの設計は難しく、施工中においても施工数量の予測が難しい。また、近年、不良岩盤の改良のための施工が増加していることから、グラウチング工事費の全体工事費に占める割合が増える傾向にある。一方、近年の環境問題に対する認識の高まりから、建設分野においても、より環境に優しい施工法や対策が求められている。

このような背景のもと、筆者らは、より効率的なグラウチング技術の開発をめざし、さらに、建設分野が多大な環境負荷を与えている現状に着目し、コスト削減と環境負荷の低減に配慮した新しい岩盤注入システムを開発した。

2. 任意配合注入システムの概要

従来のグラウチングシステムでは注入材料の配合はバッチ単位（通常 200L）で行われているため、施工途中において注入材料の配合を任意に変更することは困難であり、地山性状に対応した効率的な注入が難しいという問題がある。

そこで、本システムでは、図 - 1 に示すように注入するセメントミルクの比重（配合比）を任意にかつ瞬時に設定および変更するために、一定比重のセメントミルク（以下、原液ミルク）と希釈水の 2 液の流量比率を制御する流量比率制御装置を開発し、これにより、2 液の流量を制御して所定の配合のセメントミルクを製造する任意配合注入システムを開発した。2 液の混合攪拌には混合セメントミルクの品質向上を考慮し、静止ミキサーを使用した。

本システムの特徴をまとめると以下ようになる。

- (1) 2 液の流量比率制御装置により、セメントミルクの比重を任意にかつ瞬時に変更できる。
- (2) 原液ミルクは常に一定比重のため、廃棄セメントミルク量が削減し、環境負荷の低減が図られる。
- (3) 1.5 ショット形式で 2 液を混合するため、同様な薬液を用いた多くの注入工事にも適用可能である。

次に、開発した流量比率制御装置の主な機能を以下示す。

- (1) 所定の比重のセメントミルクを製造するため、原液ミルクと希釈水の流量比率を制御し、作業中においても、セメントミルクの比重を任意にかつ瞬時に変更できる。
- (2) あらかじめ所定の比重、流量、圧力、規定注入量などを設定しておくことで、透水試験からグラウチングまでの一連の作業が自動制御可能である。

3. 現場実験による実用性の確認

実岩盤において本システムの実用性を確認した。実験は、T ダム（山形県）の右岸天端カーテン軸の下流約 20m のヤードで実施した。写真 - 1 に実施状況を示す。実験ケースは、

キーワード：任意配合、注入システム、廃棄セメントミルク、コスト削減、環境負荷の低減

連絡先 〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8 J.CITY TEL 03-5372-4751 FAX 03-5372-4768

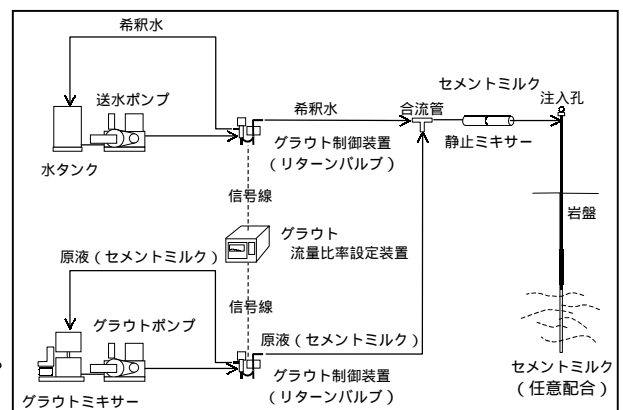


図 - 1 システム概要図



写真 - 1 現場実証実験状況

- (1)セメントミルク比重の任意切替え機能
- (2)長時間注入による本システムの実用性

各ケースの実験結果を図 - 2 に示す。これより、

- ・本システムは、段階的な配合切り替えや連続的な配合切り替えなど、任意に配合を設定することができる。
- ・長時間注入に対しては、合流部、静止ミキサー部においてもセメントミルクの閉塞は見られなかった。

以上より、本システムの実用性が確認された。

4．コスト削減および環境負荷低減の効果

本システムと従来システムの廃棄セメント量を比較して、コスト削減および環境負荷の低減の試算を行う。

本システムでは、原液ミルクに一定濃度のセメントミルクを使用するため、注入完了時に原液ミルクを廃棄することなく、他孔へ有効利用できる。このため、ミキサー内、配管内の清掃は1回/日とする。一方、従来システムでは、注入完了時毎に廃棄セメントミルクが発生し、平均注入回数を4回/日とすれば、廃棄セメントミルクは4回/日発生する。ここで、1回の廃棄セメントミルク量はミキサー内50～100L、配管内100Lとした場合、175L/回と仮定する。

単注セメント区分別廃棄セメント量の試算結果を表 - 1 に示す。単注セメント区分が30kg/m以上では本システムの廃棄セメント量が少なくなる。

次に、廃棄セメントミルク量の低減によるコスト削減の効果を試算する。ここで、コスト削減効果は以下のよう

に考える。

コスト削減 = セメント量の削減費用

+ 濁水処理費用の低減 + 設備変更の機械費用の増分

濁水処理量の低減量はダム施工機械設備設計指針(案)¹⁾により、濁水処理発生量から推定した。また、本システムは2系統のラインが必要となるため、増加分を機械費用として加算した。試算結果を表 - 2 に示す。また、環境負荷低減の効果を表 - 3 に示す。これより、コスト面で6～9百万円の削減、環境負荷面で最大360t-CO₂/年程度の低減が可能であることが推測される。

5．まとめと今後の課題

今回提案した任意配合注入システムは、高濃度のセメントミルクに1.5ショット形式で希釈水を加え、2液を攪拌混合することで、任意に配合を変更できる新しい岩盤注入システムである。また、セメントミルクを有効活用し、廃棄セメントミルクを大幅に削減してコスト縮減と環境負荷低減を達成できることが確認された。今後は様々な岩盤を対象として注入実験を行い、さらに実用性のあるシステムとする必要がある。

参考文献

- 1) ダム施工機械設備設計指針（案）平成2年11月 建設省河川局、建設経済局監修

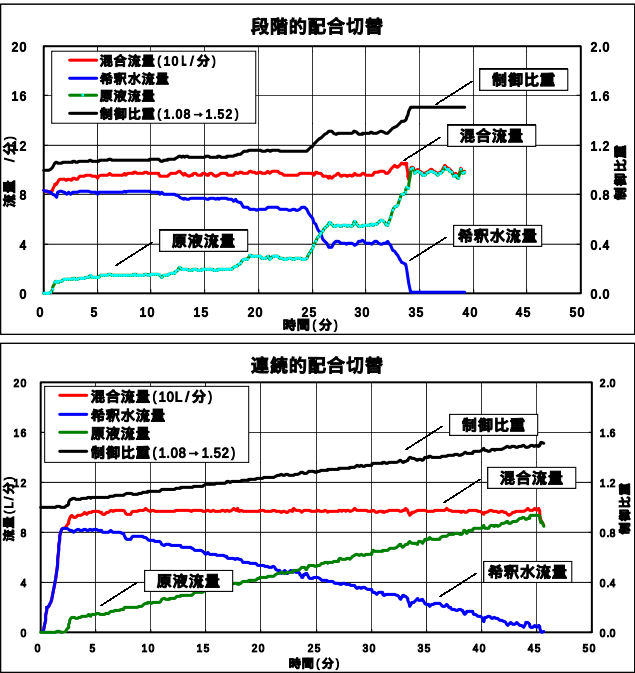


図 - 2 配合切替機能の確認結果

表 - 1 単注セメント区分毎廃棄セメント量

単注セメント区分 (kg/m)	使用セメント量 (t/年)	年間廃棄セメント量(t/年)	低減費用 千円/年
10	250	60	-840
30	750	180	120
50	1250	300	1,080
70	1750	420	2,040
100	2500	600	3,480

本システム年間廃棄セメント量 = 175L × 1.512(比重) / 2 × 5台 × 250日 / 1000 = 165t/年
注入長: 5m、平均注入数: 4回/日、グラウト機械台数: 5台、年間稼働日: 250日
廃棄ミルク量: 175L、セメント廃棄率: 24%、セメント単価: 8,000円/t

表 - 2 コスト削減の効果

	従来システム	本システム	削減効果 単位:千円/年
材料費(セメント)	1,440 ~ 4,800	1,320	120 ~ 3,480
濁水処理費	12,000	3,000	9,000
機械経費	36,000	39,000	-3,000
合計			6,120 ~ 9,480

単注セメント区分の10kg/mは除く
濁水処理量 = 0.06 × グラウト機械台数 × グラウト機械の日運転時間 × グラウトポンプの吐出量

表 - 3 環境負荷低減の効果

単注セメント区分 (kg/m)	従来システム	本システム	低減量	CO2削減量 (t-CO2/年)	樹木換算数 (本/年)
10	60		-105	-	-
30	180		15	13	1,140
50	300		135	113	10,260
70	420		255	213	19,380
100	600		435	364	33,060

CO2原単位: 土木学会推奨値 0.228 × 44/12 = 0.836kg-CO2
樹木換算値: 11kgCO2/年(胸高直径2cm、樹高2m、常緑広葉樹高木)