

回転式破碎混合機による CSG 工法用岩石質材料の破碎実験

日本国土開発 正会員 ○高垣 豊 正会員 山内 匡
正会員 中島 典昭 徳田 順司

1. はじめに

近年、ダム建設ではコスト縮減と自然環境への配慮から、現地発生材を有効活用する CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法に期待が高まっている。筆者らは、この CSG 材料製造への回転式破碎混合機の適用性を確認するため、岩石質材料の破碎試験、セメント混合（ミキシング）試験、供試体の強度試験、室内配合試験など一連の試験を行った。本報告は一連の試験のうち、岩石質材料の破碎試験結果をとりまとめたものである。

2. 実験概要

2.1 回転式破碎混合機の特徴

回転式破碎混合機は、円筒内で高速回転するチェーンの打撃力で岩石等を細粒化させ、同時にセメントの混合を可能にした装置であり、軟岩などのセメント安定処理、建設汚泥の改良、最終処分場の遮水土製造等の施工実績がある。回転式破碎混合機の特徴 1) は次のとおりである。(1)地盤材料の細粒化と添加材との混合を同時に行うことができ経済性に優れている。(2) 硬質な岩塊から粘性土まで破碎し細粒化する。(3)チェーンの回転数、段数、本数を変化させることにより、広範囲な地盤材料に適用可能である。(4)混合方法がシンプルでメンテナンスも

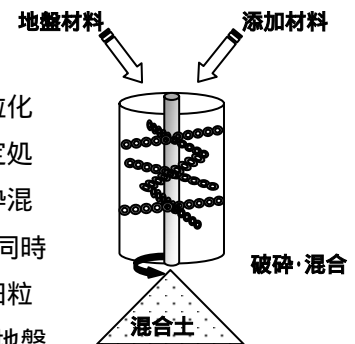


図 - 1 回転式破碎混合機概念図

容易である。(5)ベルトコンベア搬送システムとの組み合わせで連続大量施工が可能である。図 - 1 に回転式破碎混合機概念図、表 - 1 に本機とベルトコンベアの仕様の一例を示す。

表 - 1 回転式破碎混合機とベルトコンベア

項目	仕様
回転式破碎混合機	直径
	1,000mm
	チェーン段数
	3段
ベルトコンベア	チェーン本数
	3段×4本=12本
	チェーン回転数
	0~1200rpm
	ベルト速度
	50m/min

2.2 使用材料

今回使用した岩石質材料は、岩級 B, CH, CM クラスの混在したものである。図 - 2 に使用材料の 200mm オーバーサイズカット後（以下これを「母材」という）の粒度を示し、表 - 2 に物性試験結果を示す。搬入した材料を気中乾燥後 200、150、80、40、5mm のふるいを用いて 5 分級し、図 - 2 の母材粒度に適合するように調合して各種実験を行った。

2.3 実験手順・実験内容

実験手順・実験内容を図 - 3 に示す。

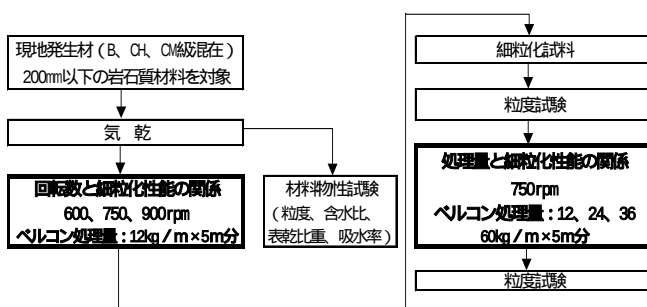


図 - 3 実験手順・実験内容

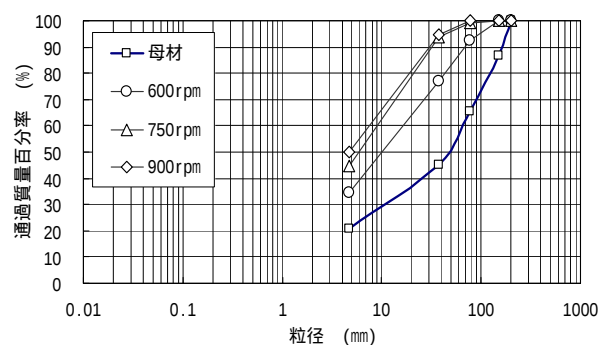


図 - 2 母材と回転数別粒径加積曲線

表 - 2 母材の物理性試験結果

項目	細骨材	粗骨材
破碎時含水比（%）	3.6	3.3
表 乾	比重	2.41
	吸水率（%）	2.49
岩の一軸圧縮試験（ kg/cm^2 ）	9.15	6.20
岩の一軸圧縮試験（ kg/cm^2 ）	10,456~70,721	

キーワード：CSG 工法、回転式破碎混合機、岩石質材料、細粒化、有効活用

連絡先：〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 TEL：046-285-3339 FAX：046-286-1642

3. 実験結果および考察

3.1 回転数と細粒化性能の関係

母材を回転式破碎混合機で細粒化した後の粒度を図 - 2 に示す。チェーン回転数 750rpm および 900rpm の条件では、最大粒径 200mm の母材のほとんどが 80mm 以下に細粒化されたが、回転数 600rpm の条件では 80mm 以上が若干残った。一方、細骨材成分である 5mm 以下の含有量に着目すると、回転数 900rpm では 49.8%、750rpm では 44.9%、600rpm では 34.5% になり、母材に比較して 15～30% 増加した。

文献 2) では、CSG 材料の粒度の最大粒径は 80mm、5mm 以下の含有量は 20～35% 程度を目安としている。この数値を踏まえ、今回使用した材料のみに限定しないで評価すると、最大粒径を 200mm とした母材を 600～750rpm の回転数で破碎することで、CSG 工法に適した岩石質材料に変えることができると考えられる。このように、回転式破碎混合機は一般には CSG 工法用材料として使用することなく、廃棄される 80mm オーバーの材料を有効活用できるとともに、5mm 以下の細骨材成分が不足している場合の補充を同時にできる特徴を有している。

3.2 処理量と細粒化性能の関係

回転式破碎混合機の回転数 750rpm の条件で、処理量としてベルコン 1m あたり 12kg を基準に 2、3、5 倍へ変化させたときの細粒化後の粒度を図 - 4 に示す。5mm 以下の含有量に着目すると、基準量の条件が 44.9% であったのに対し、2 倍量では 38.6%、3 倍量では 34.2%、5 倍量では 30.7% と少なくなることがわかる。図 - 5 に母材処理量と 5mm 以下の含有量との関係を示す。5mm 以下の含有量として 35% 程度確保することを一つの目安にすると、回転式破碎混合機は基準量の約 2.8 倍のベルコン 1m あたり 34kg まで処理が可能であることがわかった。このとき表 - 1 に示した仕様の回転式破碎混合機は約 102 t / h (約 50m³ / h) 程度の処理能力を保持していることになる。

また図 - 6 に処理量と粒径別残留率の関係を示す。同図から 5～40mm の含有量は、処理量の多少に関わらず同程度であるのに対し、5mm 以下の含有量は処理量が少なくなるとともに、増加していることがわかった。この点に関しては本破碎混合機（段数、本数、チェーン回転数等）の特性なのか、材料（岩種、岩級、粒度等）の特性なのか、今後データの蓄積を図り明らかにする予定である。

4. おわりに

回転式破碎混合機は、回転数 600～750rpm の条件で最大粒径 200mm の母材を 80mm 以下に細粒化でき、同時に 5mm 以下の細骨材補充も可能とわかった。CSG 材料製造への回転式破碎混合機の適用は 200～80mm 材料の有効活用が図れるとともに、80mm オーバーの材料選別作業も省けるなどのコスト縮減にも繋がると考えられる。

【参考文献】1) 高垣豊、中島典昭、平松重孝、丸井英司：地盤材料からみた回転式破碎混合工法の評価(その1)，日本国土開発(株) 技術研究報告 No18, pp.1～6, 2001

2) 台形 CSG ダム施工について (財)国土技術研究センター，pp.39,46, 2001

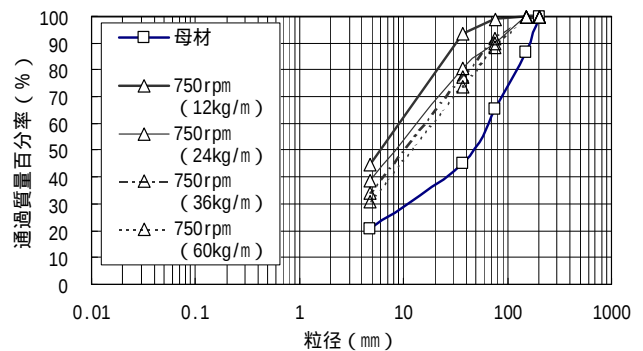


図 - 4 細粒化試料粒径加積曲線（投入量別）

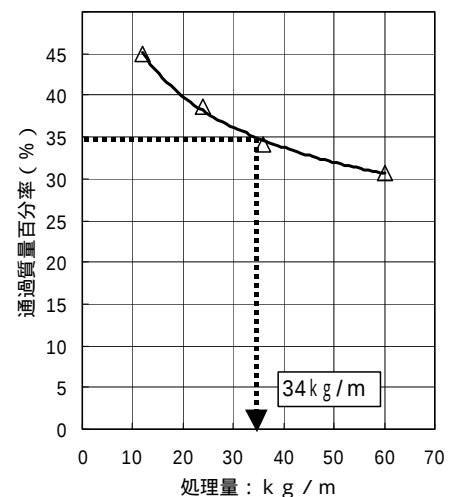


図 - 5 母材処理量と 5mm 以下含有量の関係

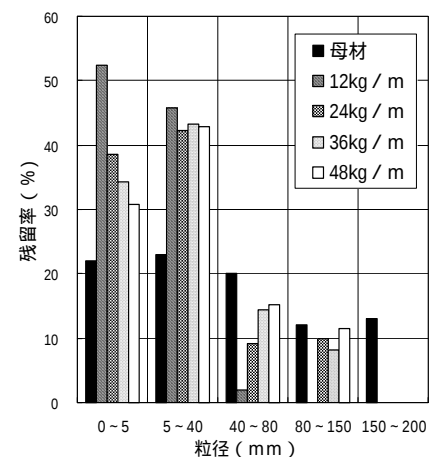


図 - 6 母材処理量と粒径別残留率の関係