

回転式破碎混合機によるCSG材料の製造実験

日本国土開発 正会員○山内 匡 正会員 高垣 豊
正会員 佐原 晴也 林 伊佐雄

1. はじめに

河床砂礫や掘削ズリなどの現地発生材を有効活用する CSG 工法は、国土交通省中部地方整備局長島ダムの上流仮締切堤で適用されて以来、多くの施工実績を有している。CSG 材料は、母材(現地発生材)にセメント、水を添加し、混合することにより製造されるが、こうした CSG 材料を連続的に製造できる混合システムはこれまで数多く提案されている。本報文は、地盤改良や法面保護などのセメント安定処理材の製造に使用されている回転式破碎混合機に着目し、CSG 材料の製造実験を行った結果について報告するものである。

2. 実験概要

(1) 混合方法

CSG 材料の製造に用いる回転式破碎混合機は、円筒内で高速回転する複数のチェーンの打撃力によって、母材(現地発生材等)を破碎するとともに、添加材(水、セメント)の均質な混合も可能とした装置である。通常、CSG 材料の製造には 80mm オーバーサイズを除去した母材が使用されるが、本装置の場合は、母材自体を破碎するため、最大粒径 200mm までの材料を CSG 材料の母材として有効活用することができる。また、チェーン回転数を変えることによって、CSG 材料を目標とする範囲の粒度分布に調整できる特徴を有している。

(2) 使用材料

母材には、近隣の碎石場の破碎材(安山岩)のうち 200mm オーバーを除去した材料を使用した。母材の物性値および粒度分布曲線をそれぞれ表-1、図-1に示す。現地で採取した母材の粒度は一定ではないことから、今回の一連の製造実験は、図-1に示す母材の粒度に調整した材料を用いて行った。なお、セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、80kg/m³の単位セメント量とした。

(3) 実験ケース

回転式破碎混合機の回転数は、別報 1)に詳述する破碎試験において確認された、破碎後の 5mm アンダー含有率が 34.5%となる 600rpm、5mm アンダー含有率が 44.9%となる 750rpm とし、それぞれの回転数について、単位水量を 60

～140kg/m³まで変化させた 5 ケースの CSG 材料製造実験を行った。それぞれの回転数による母材破碎後の粒度分布曲線を図-1に同時に示す。また、回転式破碎混合機による製造実験に先立ち、比較実験として、母材から 80mm オーバーサイズを除去した材料を用いて傾胴ミキサによる室内実験を行った。実験ケースを表-2に示す。

(4) 供試体作製および圧縮強度試験

圧縮強度試験には、φ150×300mm の供試体を用いた。供試体は、傾胴ミキサおよび回転式破碎混合機によって製造した CSG 材料を 40mm フルイによりウェットスクリーニングした後、3 層に分けて型枠に詰め、各層を振動タンパで 30 秒間締固めて作製した。20℃の恒温室における封緘養生後、材齢 7 日および 28 日において、それぞれ 3 本の圧縮強度試験を行った。

表-1 母材物性値

粒径	表乾密度(g/cm ³)	吸水率(%)
5 mm 以上	2.49	6.20
5 mm 以下	2.41	9.15

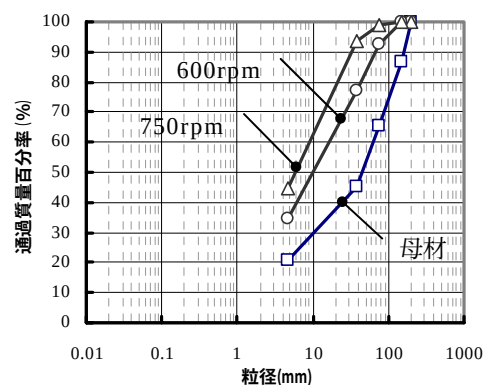


図-1 粒度分布曲線

表-2 実験ケース

混合方法	5mm アンダー含有率(%)	単位水量 (kg/m ³)
傾胴ミキサ (室内実験)	31.8*	60,80,100,120,140 の 5 水準
回転式破碎混合機:600rpm	34.5	
回転式破碎混合機:750rpm	44.9	

*母材から 80mm オーバーサイズ除去後

キーワード：CSG、破碎混合、現地発生材、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

傾胴ミキサ、回転式破碎混合機 600rpm と 750rpm による、単位水量と圧縮強度および単位容積質量の関係をそれぞれ図-2～4に示す。

(1) 圧縮強度に影響を及ぼす要因

図-2から分かるように、傾胴ミキサの場合、締固め程度を目安となる単位容積質量は 2.2t/m^3 程度ではほぼ一定となる。圧縮強度は、単位水量 80kg/m^3 においてピーク($\sigma_{28}: 6.4\text{N/mm}^2$)をむかえるが、単位容積質量が 2.2t/m^3 程度となつてからは、単位水量の増加、つまり、水セメント比の増加に伴い低下する傾向にある。また、図-3に示すように、600rpm の場合、単位容積質量 2.2t/m^3 程度までは、単位容積質量の増大に伴い圧縮強度も増加するが、単位容積質量が 2.2t/m^3 程度になり、ピーク強度($\sigma_{28}: 5.8\text{N/mm}^2$)をむかえてからは、水セメント比の増加に伴い圧縮強度は低下する傾向にある。このように、傾胴ミキサおよび 600rpm とともに、単位容積質量がある値(本実験では 2.2t/m^3 程度)までは、圧縮強度は単位容積質量に依存し、単位容積質量がある値以上になると圧縮強度は水セメント比に依存する傾向にあるといえる。

一方、図-4に示す 750rpm の場合では、ピーク圧縮強度が得られていない。しかし、単位水量 140kg/m^3 の単位容積質量は 2.2t/m^3 程度が得られており、傾胴ミキサや 600rpm の結果を含めて考察すると、このあたりがピーク強度($\sigma_{28}: 4.9\text{N/mm}^2$)と考えられる。なお、単位水量が少なく十分な締固めが行われず、単位容積質量が小さくなる場合、材齢 7 日から 28 日への圧縮強度の伸びも小さくなっていることが分かる。

(2) 混合方法とピーク強度値の関係

当初、傾胴ミキサによる練混ぜと破碎混合との違いにより、回転式破碎混合機による CSG 強度は傾胴ミキサに比べ大きく低下することが懸念された。しかし、600rpm の結果からは、破碎後の 5mm アンダー含有率が同程度の場合、破碎混合で傾胴ミキサの 90%程度の強度を確保できることが分かる。750rpm の場合、傾胴ミキサの 77%程度の強度であるが、これは破碎後の 5mm アンダー含有率が多く、所定の単位容積質量を得るための単位水量が多くなることが原因と考えられる。

なお、単位容積質量が 2.2t/m^3 程度になる単位水量、言い換えれば、材齢 28 日の圧縮強度がピークとなる単位水量はいずれも異なっている。

傾胴ミキサと回転式破碎混合機の違いは、実機レベルでの水やペーストのロスが一因と考えられ、回転式破碎混合機における 600rpm と 750rpm の違いは、上述のような 5mm アンダー含有率の影響と考えられる。

4. まとめ

回転式破碎混合機により、CSG 材料の製造が可能なが確認された。傾胴ミキサと比較して、ピーク圧縮強度時の単位水量にずれはあるものの、単位容積質量と圧縮強度の関係は、ほぼ同じ傾向が得られた。また、5mm アンダーの含有率が同程度の場合、回転式破碎混合機によるピーク圧縮強度は傾胴ミキサの 9 割程度であった。5mm アンダー含有率が CSG の圧縮強度へ影響を及ぼす傾向がみられたが、CSG 材料の製造を行うにあたり、チェーン回転数を変えることによって、目標とする粒度分布に調整できることは、回転式破碎混合機の大きな特徴といえる。

【参考文献】

- 1) 高垣ほか：回転式破碎混合機による CSG 工法用岩石質材料の製造実験、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003.9

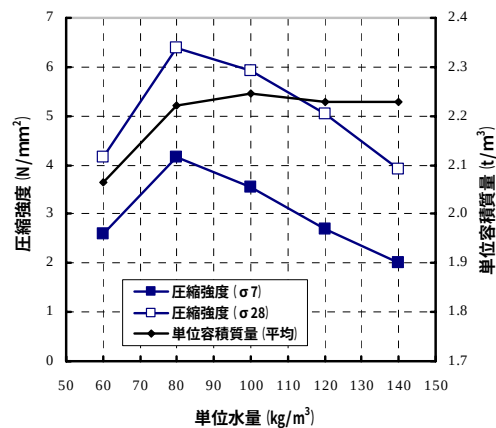


図-2 単位水量と圧縮強度および単位容積質量の関係(傾胴ミキサ)

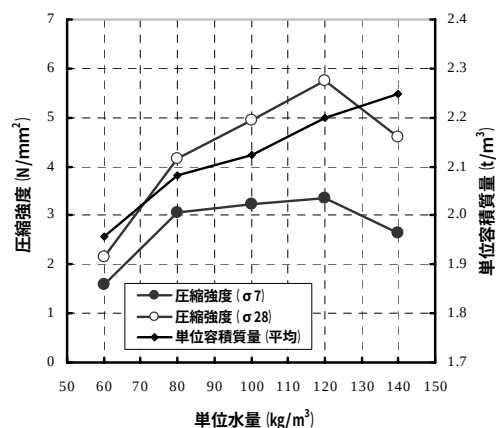


図-3 単位水量と圧縮強度および単位容積質量の関係(600rpm)

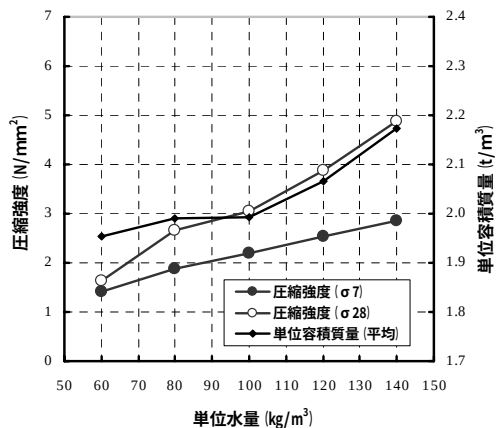


図-4 単位水量と圧縮強度および単位容積質量の関係(750rpm)