# 11. CSG工法用混合装置の開発と実用化

# 2重回転式連続ミキサ

清水建設株式会社 清水建設株式会社 清水建設株式会社 ○ 加瀬 俊久 吉野内眞二 大崎 雄作

#### 1. はじめに

CSG(Cemented Sand and Gravel の略)とは、建設現場周辺で手近に得られる岩石質材料を分級・粒度調整、洗浄を基本的に行うことなく、セメント・水を添加し、簡易な設備を用いて混合した材料である。

CSG 工法とは、この混合した材料をブルドーザで敷均し、振動ローラで転圧することによって構造物を築造する工法であり、(財)ダム技術センターが本工法を開発・推進している。本工法を用いて設計された新しいダムの型式が「台形 CSG ダム」であり、『材料の合理化』、『設計の合理化』、『施工の合理化』を目的としている。図-1 に台形 CSG ダムの標準断面を示す」。

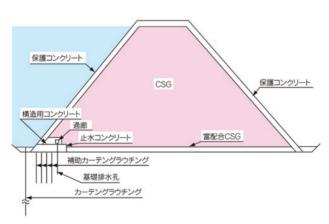


図-1 台形 CSG ダムの標準断面

CSG の混合装置は、施工設備の合理化の観点からこれまで多くの装置が開発されてきた。本装置について開発者は、以前から CSG 工法用混合装置の開発に取組んでおり、今回「新しい混合の概念」を導入した混合装置を開発した。本論文では CSG 混合装置の概要、装置の実証試験結果及び現場における実用化について述べる。

#### 2. CSG 工法用混合装置の概要

### 2.1 DK ミキサ

開発者は、H13 年度より CSG 工法用混合設備「DK ミキサ」の開発に取組み、鷹生ダム(岩手県発注)における現地実証試験により実用化した。DK ミキサは筒型の装置内部に撹拌用の板が設置された「重力式」の混合装置である。写真-2 に DK ミキサの全景を示す。



写真-1 DKミキサ全景

DKミキサの実用化を通じ、実際のダム現場への 適用を図るには、混合性能をさらに向上させるこ とが必要であると考えられた。

## 2.2 2重回転式連続ミキサの概要

従来の各種材料の混合機は、ドラム回転式などによる重力混合と、パドル(羽根)回転式による強制混合に大別される。新型の混合装置は両者を組合せた2重回転式(回転ドラムによる重力混合+パドル羽根による強制混合)とすることにより、効率の良い混合方式となると考えられた。図-2、写真-5に混合方式の模式図及び新型混合装置の内

部構造を示す。

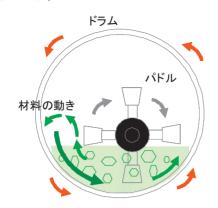


図-2 混合方式の模式図



写真-2 新型混合装置内部

本ミキサは、パドルとドラムが逆方向に回転し、パドルで撹拌した材料はドラムの回転により素早くパドルの撹拌位置に戻され、混合効率を向上させる機構となっている.

表-1に2重回転式連続ミキサの仕様を示す。

表-1	2重回転式ミキサケ	Ͱ様

回転ドラム仕様				
ドラム内径×長さ	φ 1800 × 4200L			
回転数及び回転方向	10rpm(進行方向に向かって右周り)			
動力	37kw×220V			
駆動方式	チェーン駆動			
処理能力	100m3/h			
支持方式	ローラ(φ400×145L)×4箇所			
文符万式	スラストローラ (φ250×90L)×2箇所			
インバーター制御	37KW×220V			

パドル仕様				
ミキサー外径×ピッチ×条数		φ1100×P1000(二条)		
回転数及び回転方向		38rpm(進行方向に向かって左周り)		
動 力		45KW × 220V × 4P × 1∕20		
駆動方式		チェーンカップリング駆動 チェーン駆動		
処理能力	ı	100m3/h		
支持方式		ベアリング		
		ブランマブロック(φ135)		
パドルチップ	寸法	30t-220-220		
	個数	36 ₺		

本装置の機構上の特徴を以下に示す。

- ① 動力を利用した連続式混合装置である。
- ② ドラムは 0~10rpm, パドルは 0~38 rpm で 回転数の調節が可能である。
- ③ ドラム・パドルが互いに反対方向に回転する機構である。
- ④ パドルの向きは任意の角度で取付けが可能である。
- ⑤ ドラムとパドルの回転軸は互いに偏心しており、両者の回転により投入口から入った CSG 材・セメント・水は、混合されながら排出口側へ送られる。

# 3. 2重回転式ミキサ実証実験

今回開発した2重回転式連続ミキサの回転ドラムとパドルの回転数や、パドルの取付け角度等が混合性能に及ぼす影響把握するため、実機の 1/6 模型及び実機を製作し実験を行った。

## 3.1 1/6 模型実証実験

1/6 模型装置を写真-3 に示す。回転ドラム,パドル羽根の回転数,パドル羽根の角度はそれぞれの調整を可能とし、各水準で実験を実施した。表-2 に模型実験の試験水準を示す.



写真-3 混合装置 1/6 模型

表-2 模型実験水準

模型部位	設定水準
外周ドラム回転数	0, 8, 12, 30rpm
内部パドル回転数	19, 30, 38rpm
内部パドル取付け角度	0, 30, 45, 90°
(軸垂直方向)	

実験では、粒子 $\phi$ 12mm および $\phi$ 8mm の2種類を5秒間隔で333.5g ずつ交互に投入し、排出された粒子を同じく5秒間隔で採取し粒子の平均排出量および平均粒子分布量からの変動の標準偏差を求め評価した。なお、1回の投入量333.5g は実機での製造能力100kg/m³を1/6模型に対する量とし

て算出したものである.

実験結果の一例を図-3に示す。実機での製造能力 100m³/h は、本模型実験では平均排出量 333.5 g に相当する。すなわち、平均排出量がこの数値に近い、あるいはこの数値以上であれば、製造能力が確保されていることを示している。一方、標準偏差は平均粒子分布量からの変動の大きさの指標であり、小さいほど混合性能が良好であることを示している。

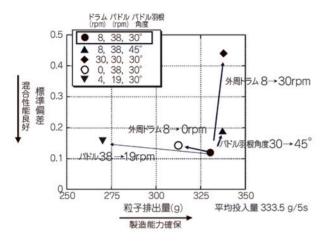


図-3 平均排出量と粒子変動量の標準偏差におよぼす 各種要因の影響

これらの結果より、基本のケースである外周ドラム回転速度 8rpm,パドル羽根回転速度 38rpm,パドル羽根取付け角度 30°の組み合わせガ,製造能力および混合性能の点から、概ね妥当であると考えられる。

#### 3.2 実機実証実験

2 重回転式連続ミキサの性能確認のために,実機により以下の項目の確認を目的に実証実験を実施した.

- ① 製造能力の確認
- ② 混合性能の確認
  - 2 重回転式ミキサ実機を写真-4 に示す。

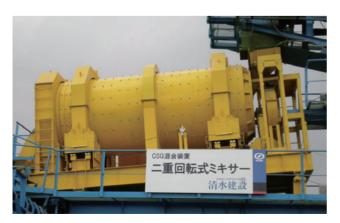


写真-4 2重回転式ミキサ

#### (1) 製造能力の確認

模型試験の結果に基づき、回転ドラム、パドル 羽根の回転数、ならびにパドル羽根取付け角度を調整しながら、実機で CSG 材料製造能力の確認実験を実施した。実際の CSG 材料は粘性が大きく、材料の排出に時間を要する状況にあったため、混合機を排出方向に5°の傾斜をつけて設置した。その結果、混合時間(投入~排出まで)が 25 秒、製造能力 100m³/h 以上を確保することが可能であることを確認した。

2 重回転式ミキサの仕様は以下の通りである.

- ドラム回転数 8rpm
- パドル羽根の回転数 38rpm
- ・ パドル羽根取付け角度 30°
- ・ 設置角度 5° (排出方向を下向き)
- 混合時間 25 秒 (投入~排出まで)

また、併せて混合装置の騒音・振動測定も実施した。騒音パワーレベルが80dB、振動パワーレベルが53dBであり、通常のコンクリートプラントに比べて低騒音、低振動であることが確認された。

# (2) 混合能力の確認

混合性能の確認実験は、可傾式コンクリートミキサを用いた室内混合試験と実機混合試験を行い、それぞれ作成した供試体の圧縮強度で比較を行った。表-3に実験水準を、図-4に実験結果を示す。

 要因
 水準数
 水準

 セメント添加量
 1
 80kg/m³

 単位水量
 2
 90, 100kg/m³

 粒度
 2
 細粒、粗粒

表-3 実機混合能力確認実験水準

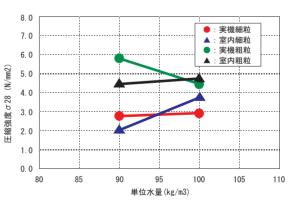


図-4 混合能力確認実験結果

実験結果データは多少の誤差はあるが、概ね実 機試験データは室内試験と同等以上の値を示して いる。以上の結果より、2重回転式連続ミキサは 可傾式ミキサと同程度以上の混合性能を有すると 考えられる.

# 4. 2重回転式ミキサの実用化

平成21年6月より、福井県発注の大津呂ダム建設 工事において、今回開発した2重回転式ミキサを 使用してCSG工法による工事用水貯留堤の施工を 実施した。図-5に工事用水貯留堤の標準断面を示 す。

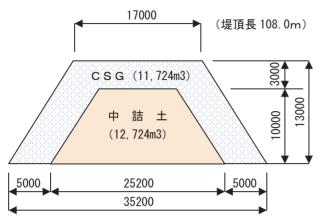


図-5 工事用水貯留堤標準断面

工事用水貯留堤は,以下の目的で築造された。

- ① 堤体コンクリートの主打設設備である 300t クローラクレーンの走行路として利用する。
- ② かんがい期間(4月~8月)は河川から工事用水 を取水できないため、この期間中の工事用水 を確保する。

写真-5~9 に CSG による工事用水貯留堤の施工 状況を示す。



写真-5 CSG母材採取·運搬状況



写真-6 CSG製造状況



写真-7 2重回転式ミキサ内部状況



写真-8 CSG荷卸状況



写真-9 CSG締固め状況

今回、ダム現場におけるCSG工法で2重回転式ミキサの実用化により、その施工性の高さ及び品質の確保が確認された。

今後は更に施工実績を積み重ねて、国交省を中心に計画されている台形CSGダムやダム以外の適用可能な本設構造物の施工の合理化・高速化に寄与していきたい。

## 参考文献

1) 財団法人ダム技術センター:台形CSGダム施工・品質管 理技術資料,2007年9月