

CSGの自重落下による混合作用とミキサによる練混ぜ作用との比較

大成建設（株）土木本部土木技術部	正会員	楠見	正之
大成建設（株）土木技術研究所	正会員	大友	健
大成建設（株）札幌支店	正会員	平川	勝彦
大成建設（株）土木技術研究所	正会員	伊藤	一教
大成建設（株）土木本部土木技術部	正会員	道場	信昌

1. はじめに

CSGの製造効率の向上等を目的として、著者らは、自重落下方式のCSG混合装置についての研究を進めている¹⁾。既報²⁾においては、CSGの模型装置を用いた自重落下による混合効果と傾胴型重力式ミキサによる練混ぜ効果とを比較し、混合時のたたきつけ回数の比較により混合効率の差を相対的に説明できるのではないかと推察を得ていた。

本報告は、このたたきつけ効果の評価に、さらに衝突速度の影響を考慮し、衝突運動量の概念により混合効率の差に説明を加えようとしたものである。

2. 使用材料と配合

砂礫には最大寸法を80mmとした忠別川産の川床砂礫を使用した。砂礫粒子密度は $2.46\text{g}/\text{cm}^3$ である。

単位水量が $125\text{kg}/\text{m}^3$ となるように砂礫材料の含水率をあらかじめ調整し、これに結合材として普通ポルトランドセメントを $60\text{kg}/\text{m}^3$ 添加した。

3. 試験装置と試験方法

試験には、図-1に示す自重落下式の混合装置²⁾と、傾胴型の重力式ミキサ、パン型の強制練り式ミキサとを使用した。装置の仕様を表-1に示す。

自重落下混合では、装置の上部に設置したベルトコンベヤのベルト上（区間3m）に砂礫材料（30リットル）を平滑に敷きならしその上にセメントを帯状にのせたのちコンベヤを始動させ投入した。傾胴型ミキサ・パン型ミキサでは、ミキサ内に砂礫材料（30リットル）を投入しセメントをその上に一括のせてから所定の時間練り混ぜた。

排出した試料のうち骨材径40mm以下のものをウ

エットスクリーニングによりふるい取り、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 供試体3本に成型した。成型には外部振動機を使用し、湿潤密度が $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 程度となるように締め固めた。供試体は材齢7日まで 20°C で封緘養生し圧縮強度試験に供した。

4. 混合・練混ぜ方法による圧縮強度の相違

図-2には、自重落下混合装置、傾胴型ミキサ、パン型ミキサの各々により得られた供試体の圧縮強度を示す。同じ消費時間の混合・練混ぜであれば、傾胴型ミキサより自重落下混合のほうが、自重落下混合よりパン型ミキサのほうが、強度発現が大きい。

傾胴型ミキサにおいては、ミキサ1回転ごとに1回ミキサ底部に材料が自由落下によりたたきつけられる、パン型ミキサにおいては、ミキサ1回転ごと

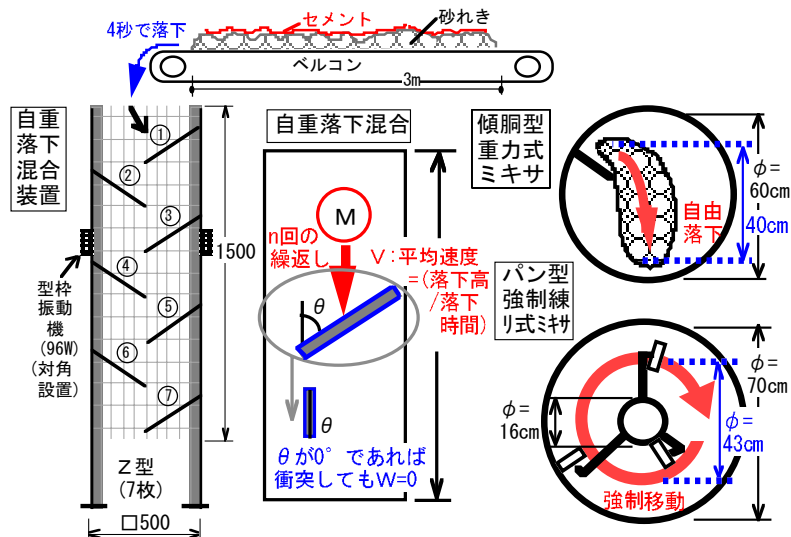


図-1 自重落下による混合とミキサによる練混ぜの概念

表-1 混合と練混ぜ装置の仕様

自重落下	板状Z型(障害7枚) (落下高さ:1.5m/回)
傾胴型重力式ミキサ	公称容量:55リットル, 最大内径:600mm, 回転数:27.6 r.p.m. (ミキサ内有効落下高さ:0.4m/1回転)
パン型強制練り式ミキサ	公称容量:50リットル, 練混ぜパドル数:3枚, 最大内径:700mm, 回転数:50.0 r.p.m. (周速:112.5cm/sec (直径43cmの運動)を仮定)

キーワード CSG, 混合, 練混ぜ, ミキサ, 運動量, セメント添加土

〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル TEL 03-5381-5282 FAX 03-3346-9418

にパドルに1回たたきつけられる、と各々仮定して算出したたたきつけ回数と圧縮強度の関係においても、たたきつけ回数のみで強度の大小を表すことはできていない。

5. 衝突運動量による混合・練混ぜの評価

練混ぜの評価

式-1 に示すように衝突運動量を定義し、各々の混合・練混ぜ方法に対して衝突運動量を算定した結果を表-2 に、衝突運動量と圧縮強度との関係を図-3 に示す。

傾胴型ミキサ内の衝突速度（重力加速度による）に対して、

自重落下の平均速度（障害物衝突速度）が少し大きくなること、パン型ミキサのパドルの回転速度はさらに大きいことから、衝突運動量を指標にすることによって、3種類の混合・練混ぜがほぼ同じ対数曲線上で表されるものとなった。

衝突運動量の時間積分はエネルギーに相当ないので、いわゆる混合・練混ぜエネルギーが圧縮強度の大きさに影響していることを衝突回数と衝突速度の積により相対的に評価できていることが示唆される結果と考えられる。

6. 混合方法による強度のばらつきの相違

図-4 には、各混合・練混ぜ方法における圧縮強度のばらつき状態を示す。ミキサで練混ぜたものには圧縮強度のかんりのばらつきが求められるが、自重落下混合での圧縮強度のばらつきは小さい。単位セメント量が小さいので、ミキサによる練混ぜでは1か所に投入したセメントの分散が難しいことが考えられる。ベルトコンのベルト上の砂礫上にセメントを帯状に散布することは、この種の貧配合の材料でのセメントの分散す、なわち圧縮強度の均等化には有効であったことが推察されるものである。

7. まとめ

CSGの自重落下混合の効率の評価に有効と考えられる自重落下時の障害物への衝突運動量の算定手法を、傾胴型重力式ミキサおよびパン型強制練り式ミキサによる練混ぜ作用にも適用したところ、各々

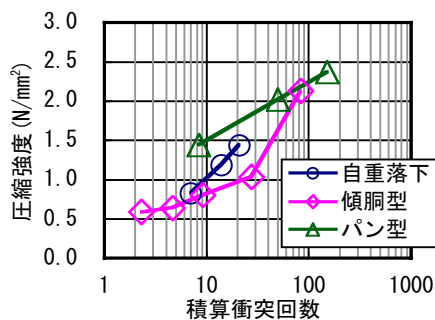
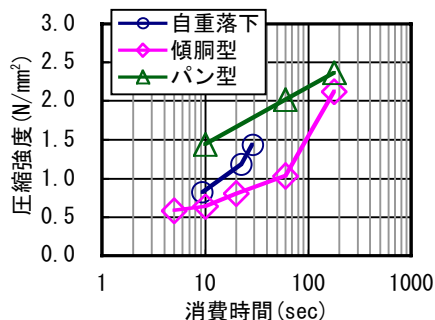


図-2 消費時間・衝突回数と圧縮強度の関係

式-1 衝突運動量の算定式

$$W = k \cdot n \cdot M \cdot V \cdot \sin \theta \quad \text{式(1)}$$

ここで、 W : 衝突運動量 (kg・m/s)
 M : 物体質量 (kg)
 V : 衝突速度 (m/s)
 k : 衝突効率係数
 n : 衝突回数
 $\sin \theta$: 衝突角度係数項
 θ : 衝突角度 (ラジアン)

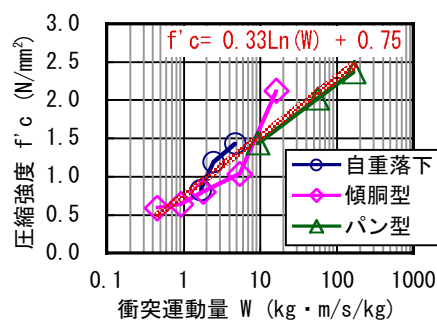


図-3 衝突運動量と圧縮強度の関係

表-2 単位質量あたりの衝突運動量の算定結果

混合方式	落下回数	消費時間 (sec)	積算落下高 (m)	積算衝突回数	衝突速度 (m/s)	衝突角度係数	衝突効率係数	衝突運動量 (kg m/s/kg)	圧縮強度 (N/mm²)
自重落下 Z型 (7枚)	1回	9.4	1.5	7	0.278	0.86	1.00	1.67	0.83
	2回	22.6	3.0	14	0.205	0.86	1.00	2.47	1.19
	3回	29.1	4.5	21	0.263	0.86	1.00	4.75	1.43
傾胴型 重力式 ミキサ	-	5	0.9	2.3	0.198	1.00	1.00	0.46	0.59
	-	10	1.8	4.6	0.198	1.00	1.00	0.91	0.64
	-	20	3.7	9.2	0.198	1.00	1.00	1.82	0.80
	-	60	11.0	27.6	0.198	1.00	1.00	5.46	1.04
パン型 強制練り式ミキサ	-	180	33.1	82.8	0.198	1.00	1.00	16.4	2.13
	-	10	0.0	8.3	1.125	1.00	1.00	9.38	1.43
	-	60	0.0	50	1.125	1.00	1.00	56.3	2.02
	-	180	0.0	150	1.125	1.00	1.00	168.8	2.37

の方法による混合の効率を衝突運動量により相対的に評価できる可能性が示された。

これらの検討は、非常に

簡単な物体移動の仮定に基づいたものであり、粒子間の相互作用なども無視したものとになっているが、この種のエネルギー論的アプローチの可能性が示されたと考えられる。今後も研究を継続してゆきたい。

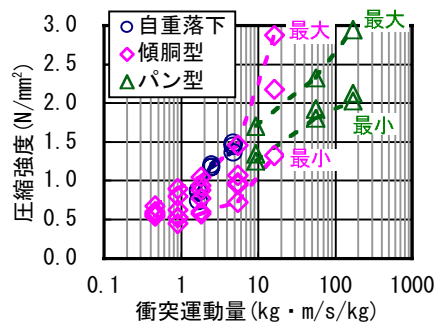


図-4 圧縮強度のばらつき状態

参考文献

- 岡谷ほか：砂礫とセメントの簡易混合機開発基礎実験，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集VI，pp.507-508，2002.9
- 楠見ほか：砂礫とセメントの自重落下による混合方法に関する模型実験，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集VI，pp.507-508，2002.9