

17. 気泡モルタルを用いた裏込め工法の開発 (その2. 連続ミキサーを用いた製造実験)

崎山 和隆 萩原 幸男
高見 錦一 山口 克彦

要 旨

これまで気泡モルタルを用いて裏込め工事や埋め戻し工事への利用を図るため、バッチミキサーを用いた製造およびポンプ圧送による施工性について施工実験を重ねてきたが、実際の工事を想定した場合、モルタル1回分の材料の投入および排出を交互に行うバッチミキサーでは製造能力に限界があるため、バッチミキサーよりも製造能力の大きい連続ミキサーを使用することでその解決を図った。

今回、連続ミキサーを使用して気泡モルタルの製造実験を行い、その製造能力および品質に及ぼす影響等を調査した結果、連続ミキサーを使用しても特に問題はなく、良好な結果が得られることを確認した。

キーワード

気泡モルタル／連続ミキサー／コンクリートモーター／裏込め工事／埋め戻し工事

目 次

1. はじめに
2. 実験概要
3. 実験結果
4. おわりに

17. DEVELOPMENT OF BACKFILL GROUTING METHOD USING AIR-ENTRAINED MORTAR (Part 2 : Construction tests using continuous mixer)

Kazutaka Sakiyama Yukio Hagiwara
Kin-ichi Takami Katsuhiko Yamaguchi

Abstract

Numerous construction tests on air-entrained mortar have been performed to examine production method using batch mixers, ease of pumping, etc., to confirm the applicability of this mortar for backfill grouting and filling in underground structures, for which on-site vehicles are difficult to approach. In actual construction sites, however, the productivity of batch mixers seems rather limited and inefficient. The use of a continuous mixer was thought to be a solution, since its output is larger.

The results of production tests of air-entrained mortar using continuous mixers were fairly satisfactory, and no problem was found in the output and quality of the mortar produced.

1. はじめに

斜面地での裏込め工事や埋め戻し工事に対して、安価で、かつ、大量に施工できる方法として、極低強度の気泡モルタルをポンプ圧送して代替できる工法の開発を行ってきた。

モルタル1回分の材料の投入および排出を交互に行うバッチミキサーによる気泡モルタルの製造およびポンプ車による圧送性については、これまでに行った実験でその成果を確認しており、前報にその結果について報告を行った。しかし、バッチミキサーの場合、その製造能力に限界がある上、効率が悪く、連続ミキサーを使ったほうが実際の工事では施工効率が良くなるのではないかと考え、その可能性を検討してきた。連続ミキサーにはいろいろな種類があるため、その中で入手が容易で、実績が豊富な、かつ、小型化されているコンクリートモービルをミキサーとして採用することとした。

本報ではコンクリートモービルを用いて気泡モルタルを製造するための実験を行った結果についてその概要を報告する。

2. 実験概要

2.1 目的および実験方法

連続ミキサーで気泡モルタルを製造する場合、ミキサー部のオーガーによる強制攪拌で気泡が消滅してしまうことがないか、また短路のミキサー内で気泡とモルタルが均一に混練することができるかどうか、その他、気泡の

混入位置およびミキサー部の傾斜角度が品質にどのような影響を与えるか等について検証を行った。

連続ミキサーにはコンクリートモービルCM250を使用し、オーガーミキサー部の根元からプレフォームした気泡を投入しモルタルと攪拌して気泡モルタルとする製造方法を採用した。コンクリートモービルはセメント、骨材、水等の各材料を個別に貯蔵でき、これらの材料を連続的に計量しながらミキサーに投入し、ミキシングする装置である。ミキサーの構造は耐摩耗性のゴムでできた樋状のケーシング内部にスパイラルオーガーを通したものであり、連続的に練り混ぜたコンクリートやモルタルを先端から排出する機能を有している。CM-250の仕様を表-1に、コンクリートモービルの概要図を図-1に示す。実験に際し、骨材を骨材ビンへ投入する作業はバックホーで行い、水タンクへの水の供給は水道管から行い、セメントは袋詰めのもので使用した。

モルタルの製造を開始する前に、容積計量装置の目盛りと所定の時間に供給される材料の質量が許容誤差以下であることを確認するためのキャリブレーションチェックを行った後、パラメータを変えた5種類の気泡モルタルを製造した。練り混ぜ速度は、現場での効率性を考え、20～30m³/hとし、本実験での製造量は総量5m³とした。製造フローを図-2に、製造状況を写真-1に示す。

表-1 コンクリートモービルCM-250の仕様

形式	CM-250
混練能力	25m³/h
セメントビン	1.4m³
骨材ビン(1)	4.0m³
骨材ビン(2)	4.0m³
水タンク	1.4m³
重量	7800kg
寸法	8069×2400×3060mm

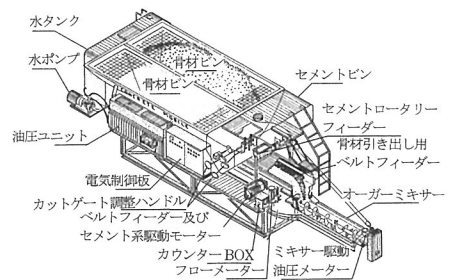


図-1 コンクリートモービルの概念図

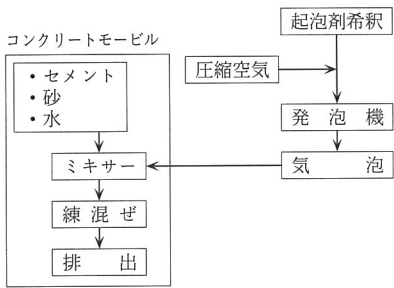


図-2 気泡モルタルの製造フロー



写真-1 製造状況

2.2 使用材料

使用した材料を表－2に、骨材の試験結果を表－3に示す。

骨材試験結果はサンプルを取り寄せ、事前に室内で行ったものである。但し、含水率は実験当日に現場で電子レンジを使用して測定した。

2.3 実験のパラメータおよび調査

本実験のパラメータとした組み合わせと、その記号を表－4に、調査表を表－5に示す。

本実験においては、気泡モルタルの品質への変動要因を単位水量とミキサーの傾斜角度に絞り込み、その組み合わせから5種類の条件で調査を変えて実験を行った。

また、調査表はフレッシュ時の性状試験による空気量から基本調査を修正して作成した。

3. 実験結果

練り混ぜ初期の50～60リットル分は廃棄し、性状が安定した後に試料を採取してフレッシュ時の性状試験と圧縮強度試験用の供試体を作成した。

表－2 使用材料

水	場内井戸水
セメント	高炉セメントB種（比重 3.05）
細骨材	山砂（試験成績表別添）
起泡剤	高級アルコール硫酸エステル系化合物

表－3 骨材試験結果

比重	絶乾	2.51
	表乾	2.57
吸水率		2.50
粒度分布		2.57
含水率		5.84
表面水率		3.26

フルイ寸法	フルイ残留量+容器重量	容器重量	フルイ残留重量	フルイ残留量加重量	フルイ残留量加重量百分率	フルイ通過重量百分率
mm	g	g	g	%	%	%
10			0.0	0.0	0	100
5	506.8	497.7	9.1	9.1	2	98
25	523.1	496.2	26.9	36.0	7	93
1.2	425.8	367.2	58.6	94.6	19	81
0.6	471.4	342.2	129.2	223.8	45	55
0.3	559.9	353.5	206.4	430.2	86	14
0.15	347.6	284.8	62.8	493.0	99	1
受け皿	287.4	281.8	5.6	498.6		
合計			500.0		257	
FM					257	

3.1 フレッシュ時の性状

表－6にフレッシュ試験の試験結果を示す。この結果と表－5から、単位水量とフローの関係および単位水量と空気量（容積法）の関係を求めたものを図－3に示す。

同一の単位水量の場合ミキサー角度7°のほうがフロー値、空気量とも大きな数値を示した。さらに、基本調査における空気量の設定値は30%であり、これに対し角度13.5°のものは小さな数値を示した。このことから、気泡はミキサー角度を大きくすればするほど消泡する傾向が強くなると考えられる。

目視検査においては双方とも気泡がモルタルとよく混ざり、施工性において問題となる点は見られなかった。

表－4 パラメータと組み合わせ

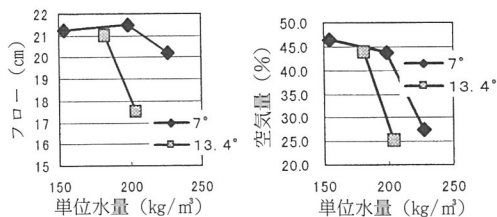
記号	単位水量 (L/min)	ミキサー角度 (°)
1	83.5	7
2	70	7
3	70	13.4
4	55	7
5	55	13.4

表－5 調査表

	W/C (%)	空気量 (%)	S/C (%)	単位量 (kg/m³)			
				セメント	水	細骨材	起泡剤
1	261	44	11.4	76	199	869	1.752
2	216	28	11.4	105	227	1192	1.100
3	227	44	11.4	80	182	910	1.752
4	192	46	11.4	81	154	916	1.852
5	178	25	11.4	115	204	1306	1.000

表－6 フレッシュ時の試験結果

	フロー (cm)	J14ロート (sec)	空気量(%)		生比重
			重量法	容積法	
目標値	18±2	—	30.0	—	1.40
試験1	21.5×21.5	2.7	37.9	43.8	1.26
試験2	20.5×20.0	3.4	31.1	27.5	1.45
試験3	21.5×20.5	3.3	43.7	43.8	1.17
試験4	21.5×21.0	3.5	45.8	46.3	1.16
試験5	17.5×17.5	4.7	32.3	25.0	1.47



図－3 単位水量とフロー、空気量との関係

表－7 材齢28日の諸物性値

試験名	W/C (%)	空気量 (%)	S/C (%)	沈降量 (mm)	沈降率 (%)	単位重量
2	216	28	11.4	8.9	4.5%	1.174
3	227	44	11.4	33.8	16.9%	1.180
4	192	46	11.4	11.8	5.9%	1.107
5	178	25	11.4	5.2	2.6%	1.287

表－8 圧縮強度試験結果

試験 No.	圧縮強度 (kg/cm ²)							
	材齢14日				材齢20日			
	1	2	3	av	1	2	3	av
試験 2	—	—	—	—	2.7	3.1	3.3	3.0
試験 3	—	—	—	—	2.9	3.1	2.7	2.9
試験 4	2.9	2.9	3.1	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6
試験 5	2.9	3.3	2.7	3.0	3.9	3.9	4.2	4.0

3.2 硬化モルタルの物性

材齢28日の諸物性値を表－7に、圧縮強度試験結果を表－8に示す。

この中で、表－7における沈降量は50Φ×100mmの円筒形簡易モールドで縁部と同じ高さに、且つ、平滑に試料を採取した後、材齢28日目にモールドの縁部から沈降した深さを4点測定した平均値で表したものである。

圧縮強度については、材齢28日における目標値を10kgf/cm²と設定したが、各試料とも全体的に低い数値を示した。一方、w/cと圧縮強度とは直線的な相関関係にあり、強度を補正するのは容易だと考える。w/cと圧縮強度の関係を図－4に示す。

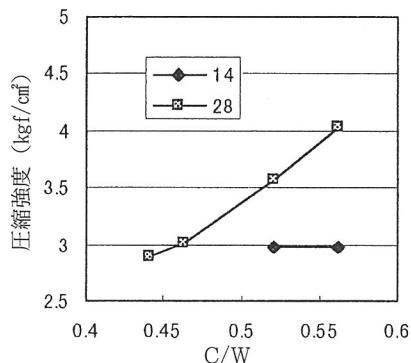
4. おわりに

今回の実験で以下のことが確認された。

- ①連続ミキサーを用いてもバッチミキサーの場合と同様、均一で良好な気泡モルタルが製造できる。
- ②オーガーミキサーの角度を調整することで気泡が壊れたり、必要な空気量が減少するのを防ぐことができる。

以上の結果から大量の埋め戻し土量を必要とする工事では、連続ミキサーを用いて気泡モルタルを製造し、圧送すれば、大きな施工効率を期待できることを確認した。

本工法を採用することによって、搬送の難しい地点への施工が容易に行えるだけでなく、大きなコストメリットが得られるものと期待する。さらに、現場発生土のリサイクルを図る観点からいっても、今後有効利



図－4 w/cと圧縮強度の関係

用されることを期待したい。

本工法をこれからの施工に適用することで、歩掛りやコストに関わるデータを蓄積し、さらなる発展をめざしていきたいと考えている。

最後に、本実験において多大なご協力をいただきました（有）エス・イー・テックの方々に、ここに記して感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 日本道路公団試験研究所「気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針」
- 2) 土木学会「連続ミキサによる現場練りコンクリート施工指針（案）」