

12. 気泡モルタルを用いた裏込め工法の開発

崎山 和隆 萩原 幸男
高見 錦一 山口 克彦

要 旨

近年、建設工事の裏込め工事、埋め戻し工事、軽量盛土工法等において、安定した気泡を混入した気泡モルタルが新しい材料として注目されている。今回、現場で簡易に製造可能な、軽量でかつ極低強度の気泡モルタルを開発したので、その概要を報告する。調査選定と基礎的物性について確認実験を行った後、実機による実大施工実験を通じて、ポンプ圧送による施工性および品質に及ぼす影響を調査した結果、実施工において十分適用が可能なことを確認した。

キーワード

気泡モルタル／気泡剤／裏込め工事／埋め戻し工事

目 次

1. はじめに
2. 室内試験
3. 実大施工実験
4. おわりに

12. DEVELOPMENT OF BACKFILL GROUTING METHOD USING AIR-ENTRAINED MORTAR

Kazutaka Sakiyama
Yukio Hagiwara
Kin-ichi Takami
Katsuhiko Yamaguchi

Abstract

In recent years, air-entrained mortar which contains stable air-bubbles has been the focus of attention as a new material in backfill grouting, filling and lightweight embankment works. This paper provides an outline of newly developed lightweight, extremely low strength air-entrained mortar which can be easily produced on site. Examinations of ease of pumping and of the effects on product quality in full-size construction tests with the actual equipment, following the verification of mix proportion and basic properties of the mortar, confirmed full practicability of the backfill grouting method using the new air-entrained mortar.

1. はじめに

建設地の開発は斜面地や狭隘な場所にまで拡大しており、そのため、裏込め工事や埋め戻し工事に必要な土砂の搬送作業に難渋している。従来から裏込め工事や埋め戻し工事では山砂やマサ土を投入して水締めする工法が行われているが、斜面地や狭隘な場所では土砂を搬入するのが難しいため、その土砂の搬送にはクレーンやワイヤーモック等を用いて行うという非効率な方法が採られている。

圧送ポンプを用いてモルタルやコンクリートを圧送し埋め戻し土の代替とする方法も散見されるが、特に建築工事の場合には、後日、給排水や電気・ガスなどの埋設配管工事が行われるため、モルタルやコンクリートでは施工に支障をきたすことが多い。

このような状況の中、最近、安定した気泡を混入した気泡モルタル、気泡ミルクが裏込め工事や埋め戻し工事に適用できる新しい材料として注目されてきた。このたび、こうした動向を背景として、空気量30～50%、圧縮強度を1N/㎠程度とした軽量で極低強度の気泡モルタルを開発して、ポンプで必要な場所へ圧送できる効率的な裏込め工法を目指し、その開発に着手した。

気泡モルタルの調合選定と基礎的物性の確認は室内試験で行い、その後、実機による実大施工実験を実施した結果、施工性に問題のないことを確認できた。本報ではそれらの試験の概要と実験結果を述べる。

2. 室内試験

2.1 試験概要

室内試験に使用した細骨材を表－1に、起泡剤の緒元を表－2に示す。細骨材は関東地域の生コンプラントで使用されているものの中から3種類を代表的なものとして選んだ。気泡モルタルは可傾式ミキサー(0.5㎥)によりベースモルタルを製造した後、予め発泡機で作製していた気泡を投入し、再度ミキシングを行っ

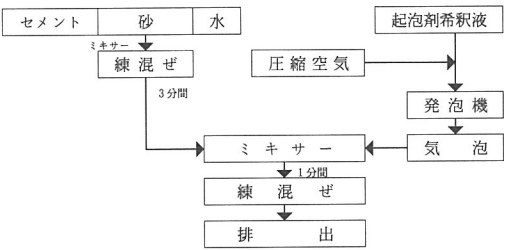
表－1 細骨材の試験結果

記号	種 類	産 地	表乾比重	吸水率 (%)	粗粒率 FM
A	川 砂	栃木・上河内	2.60	1.80	2.87
B	山 砂 (混合)	千葉・印旛郡	2.72	1.71	1.53
	砕 砂 (混合)	栃木・葛生町	2.64	1.29	2.93
C	山 砂	千葉・君 津	2.64	1.41	2.45

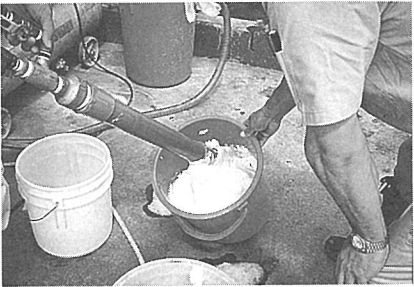
砕砂、栃木・葛生町と山砂、千葉・印旛郡の混合割合＝8：2(重量比)

表－2 起泡剤の成分及び物性

主成分	比重 (20℃)	p H	凍結温度 (℃)
高級アルコール硫酸 エステル系化合物	1.01～1.03	7～9	－1



図－1 製造フロー



写真－1 発泡機による気泡の作成状況

て製造した。製造フローを図－1に、発泡機による気泡の作製状況を写真－1に示す。

2.2 試験項目および試験方法¹⁾

試験項目とその試験方法を下記にあげる。

(1)フロー値の測定

- ・JHS A 313-1992「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」1.2 シリンダー法
- ・JHS A 313-1992「無収縮モルタル品質管理試験法」3.2 コンシステンシー試験方法（Jロートによる試験方法）

(2)空気量の測定

- ・JHS A 313-1992「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」2. 空気量の測定方法（容積法）
- ・同上（重量法）

(3)湿潤密度（生比重）

- ・約2リットルの容積を有する容器における単位重量

(4)圧縮強度

- ・JIS A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」

2.3 室内試験結果と考察

室内試験における気泡モルタルの調合とその試験結果を表－3に示す。

表-3 試験結果一覧

No.	セメント の種類	細骨材 の種類	W/C (%)	目標空気 量(%)	S/C	単位量(kg/m3)				フロー (cm×cm)	J14ポート (sec)	空気量(%)		生比重 (g/cm ³)	温度 (°C)	圧縮強度(N/mm ²)		
						C	W	S	AD			容積法	重量法			3日	14日	28日
1		A	130	45	6.1	138	180	845	2.115	17.0×17.5	5.24	45.0	46.7	1.13	32.0	-	0.70	0.94
2			150		7.2	120	180	861	2.111	18.0×18.0	4.80	47.5	43.5	1.19	32.0	-	0.65	0.90
3			170		8.4	105	178	878	2.654	19.5×19.5	3.43	51.0	43.5	1.13	30.0	-	0.35	0.38
4			180	30	10.9	111	200	1206	2.167	17.0×17.0	7.45	25.0	35.3	1.40	31.0	-	0.53	0.86
5			200		12.2	100	200	1215	1.770	18.0×18.0	5.12	32.0	32.5	1.35	30.0	-	0.55	0.77
6			220		11.6	100	220	1162	2.117	17.5×17.5	4.85	32.5	35.4	1.37	30.0	-	0.46	0.75
7	BB	B	130	45	6.3	138	180	803	2.650	19.5×19.0	4.80	49.0	42.7	1.23	29.0	-	0.92	0.86
8			150		7.3	120	180	879	2.650	18.5×18.5	4.90	47.5	45.7	1.16	29.5	-	0.48	0.86
9			170		8.4	106	180	891	2.650	19.0×18.5	4.46	47.0	45.3	1.17	29.5	-	0.39	0.53
10			180	30	11.1	111	200	1231	1.807	17.5×17.5	6.21	36.0	31.7	1.50	28.0	-	0.56	1.01
11			200		12.4	100	200	1241	1.807	17.0×16.5	8.01	36.5	33.6	1.46	28.0	-	0.55	0.70
12			220		11.9	100	220	1188	1.807	18.0×18.0	5.06	35.5	31.8	1.47	28.5	-	0.47	0.89
13		C	130	45	5.6	146	190	818	2.710	18.0×18.0	6.69	45.0	41.3	1.23	28.0	-	0.85	1.24
14			150		8.0	113	170	899	2.710	18.0×17.5	5.69	49.0	46.2	1.16	27.0	-	0.55	0.74
15			170		9.1	100	170	910	2.710	19.5×19.5	5.37	48.0	48.7	1.10	27.5	-	0.49	0.64
16			180	30	10.2	111	200	1127	1.807	16.5×16.5	7.45	36.0	31.8	1.40	28.5	-	0.70	0.86
17			200		10.6	110	220	1163	1.807	18.5×18.5	5.45	31.5	33.1	1.43	28.0	-	0.47	0.82
18			220		11.7	100	220	1172	1.807	19.5×19.5	4.42	36.5	33.4	1.42	28.0	-	0.69	0.86
19	HP		200		10.6	110	220	1163	1.571	20.0×19.5	4.70	39.0	30.9	1.47	24.0	-	0.59	0.79
20			200		9.9	115	230	1135	1.571	21.0×20.5	3.92	38.0	30.1	1.48	24.0	0.36	0.65	0.92

セメントの種類 BB: 高炉B種 HP: 早強ポルトランド

(1) W/Cと単位水量

W/Cと単位水量の関係を図-2に示す。細骨材の種類によって単位水量は若干異なるがその差は小さく、W/Cによる単位水量への影響は小さかった。一方、空気量による単位水量への影響は大きかった。

(2) 単位水量とフロー

単位水量とフローの関係を図-3に示す。同一空気量の場合、単位水量10kg/m³の増減でフローが8～11cm増減した。

(3) モルタルフロー値とJロート法によるフロー時間

図-4に示すようにシリンダー法によるモルタルフロー値が180±20mmの範囲にあるとき、Jロートでは4～8秒の範囲にあり、上記の範囲にあれば良好な施工性が得られることが判った。

(4) 容積法と重量法による空気量

図-5に示すように、容積法と重量法はそれほど良い相関を示さなかった。これは、容積法の試験で試料のシリンダーへの付着が試料容積にバラツキを生じさせたためと考えられる。現場での管理を考えると容積法が簡便で良いと思われるが、当面は重量法との併用が必要と考える。なお、重量法については信頼できる結果が得られると判断する。

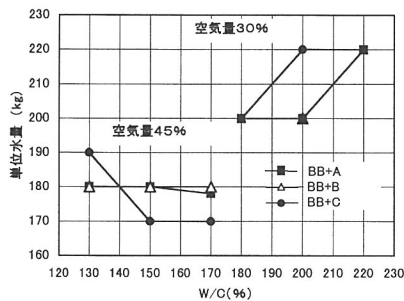


図-2 W/Cと単位水量の関係

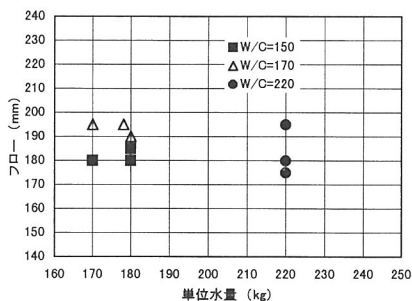


図-3 単位水量とフローの関係

(5) S/Cと生比重

S/Cと生比重の関係を図-6に示す。生比重は使用材料やS/Cにそれほど影響を受けておらず、空気量で概ね決まっている。空気量が45%で1.1～1.2g/cm³、30%で1.4～1.5g/cm³であった。

(6) W/Cと圧縮強度

W/Cと圧縮強度の関係を図-7に示す。材令28日の圧縮強度は、その大半が0.5～1.0N/mm²の範囲にあり、空気量30%の場合W/Cの違いによる差はほとんど認められない。空気量が45%の場合、W/Cが小さくなると圧縮強度は大きくなる傾向を示した。また、空気量30%と45%のグループを比較した場合、空気量30%の方がやや大きい数値を示しているが大差はない。

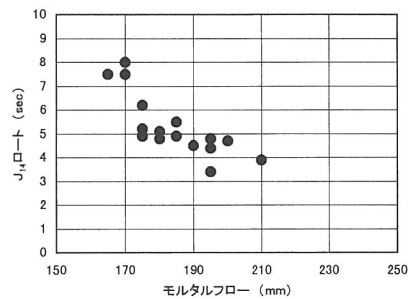


図-4 モルタルフローとJ₁₄ロートの関係

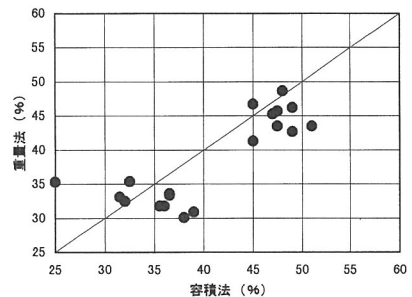


図-5 容積法と重量法による空気量

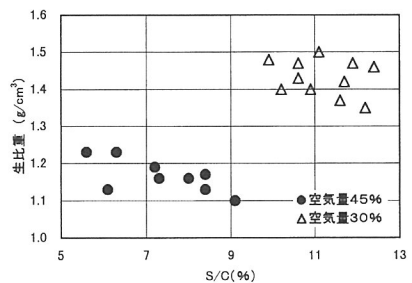
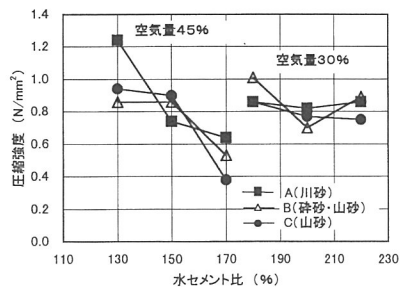
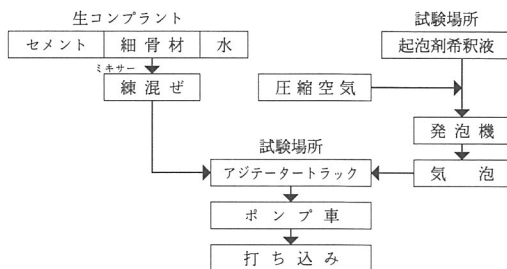


図-6 S/Cと生比重の関係



図ー 7 水セメント比と圧縮強度の関係



図ー 8 製造フロー

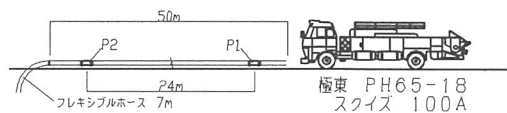
3. 実大施工実験

室内試験結果から、気泡モルタルの調合および基礎的物性を把握できたことに引き続き、実機での製造、ポンプ圧送性、圧送前後における品質および施工性の確認を行うための実大施工実験を行った。

3.1 実験概要

気泡モルタルは、生コンプラントからベースとなるモルタルをトラックアジテータで運搬し、試験場でプレフォームされた気泡を所定の量投入した後、急速攪拌して製造する方法を採用した。製造フローを図ー 8 に示す。ベースモルタルに使用した細骨材の試験結果を表ー 4 に、調合表を表ー 5 に示す。

圧送実験では 3 種類の気泡モルタルをそれぞれ 4 m³ ずつ圧送して、管内圧力の計測と圧送前後の品質変化の調査を行った。管内圧力の測定は、ポンプ車の主油圧をほぼ 100kg/cm² と一定にして行った。管内圧力はダイヤフラム型圧力計を輸送管に取り付け、動ひずみ計を用いて計測した。使用したポンプ車の機種および



図ー 9 配管状況と圧力計取り付け位置



写真ー 2 気泡の投入状況

表ー 4 細骨材の試験結果

種類	混合割合 (%)	産 地	表乾比重	吸水率 (%)	粗粒率 F.M
砕 砂	45	栃木・葛生町	2.60	1.11	3.03
	35	栃木・葛生町	2.66	1.45	2.76
陸 砂	20	千葉・印旛郡	2.58	1.76	1.93

表ー 5 配合表

No.	水セメント比 (%)	空気量 (%)	S/C (%)	単 位 量 (kg/m³)			
				セメント	単位水量	細骨材	起泡剤
1	130	50	5	138	180	718	2.5
2	160	45	7	120	180	884	2.25
3	200	30	12	100	200	1219	1.5

表ー 6 ポンプ車仕様

分 類	真空スクイズ式	
型 式	極東 PH65-18	
最大吐出量	65m³/h (高速)	55m³/h (低速)
ホッパー容量	0.3 m³	
輸送管径	100A	



写真ー 3 圧送試験の状況

表－7 実験結果

W/C (%)	S/C (%)	試験地点	フロー (cm×cm)	J14ロート (sec)	空気量 (%)		生比重 (g/cm ³)	温 度 (℃)	圧縮強度 (N/mm ²)		
					容積法	重量法			7 日	14 日	28 日
130	5	ベ－ス	17.0×17.0	—	—	—	—	—	—	—	—
		圧 送 前	16.8×16.5	7.90	50.0	44.0	1.16	18.0	0.49	0.58	0.66
		圧 送 後	17.0×17.0	5.80	43.0	39.0	1.26	18.5	0.59	0.70	0.91
150	7	ベ－ス	12.0×11.5	—	—	—	—	—	—	—	—
		圧 送 前	14.7×14.8	8.24	46.0	48.3	1.09	18.0	0.19	0.23	0.26
		圧 送 後	15.5×15.2	7.57	45.0	47.8	1.11	18.0	0.26	0.30	0.35
200	12	ベ－ス	8.0× 8.0	—	—	—	—	—	—	—	—
		圧 送 前	16.0×16.0	7.90	32.0	—	—	17.0	0.56	0.69	0.77
		圧 送 後	15.7×16.0	7.82	35.0	40.0	1.30	17.0	0.43	0.53	0.73

性能を表－6に、配管状況を図－9に示す。また、試験場での気泡の投入状況を写真－2に、圧送実験の状況を写真－3に示す。

3.2 実験結果と考察

実験結果の一覧表を表－7に示す。

(1) コンシステンシーについて

フロー値が相対的に小さい値を示した。これはベ－スモルタルを製造した生コンプラントにおける細骨材の表面水のバラツキによるものと考えられる。

しかし圧送には影響はなく、筒先に設置した型枠への充填も良好であった。

(2) 圧送前後の品質変化

荷卸し位置で採取した試料と、計画吐出量30m³/hで圧送した筒先の試料とを用いて圧送前後の品質変化を調査した。フロー値については圧送前後の変化はほとんどなく、空気量はW/C＝130やW/C＝150のように圧送前の空気量が多いものは圧送後に減少する傾向を示し、W/C＝200のように圧送前の空気量が少なくと圧送後に増加するという結果を示した。しかし、圧送後に空気量が増加するのは常識的には考えられず、今後再調査をしていきたいと考えている。

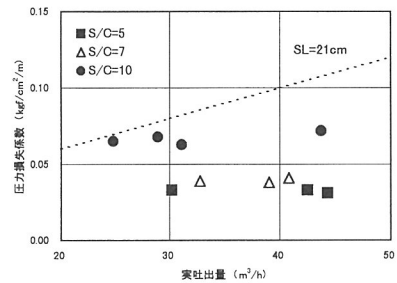
圧縮強度については、ほぼ空気量の変化に追従した結果を示した。即ち、空気量が減少すると圧縮強度は大きくなり、逆に空気量が増加したものは圧縮強度が小さくなっている。

(3) 管内圧力

実吐出量と圧力損失係数の関係を図－10に示すが、普通コンクリートのスランプ21cmに比較しても圧力損失係数は非常に小さく、このことから圧送性については何の問題点もないことを示している。

4. おわりに

整備された生コンプラント網から容易に得られるモ



図－10 実吐出量と圧力損失係数の関係

ルタルを、現場で簡易に2倍に増やしてポンプ圧送するといった対症療法的な単純な要求から始まった開発であったが、ポンプ圧送しても消滅しない安定した気泡を得ることにより、要求される性能を満足する気泡モルタルを開発することができた。早強セメントを使用することにより、早期に足場などの設置が可能であることも確認している。コンプレッサーさえあれば製造できるといった簡便さがあり、有効な利用を期待したい。今後は、極低強度のものだけでなく強度を要するものへの対応や、軟度を下げたやや硬練りの調査、さらに現場での発生土を使用したものや、通常産業廃棄物として処分されている再生骨材を製造する際発生する残砂等を利用した気泡モルタルの研究を進めたいと考えている。

最後に、室内試験、実大施工実験において多大なご協力をいただきました㈱ニューテックの方々に、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、土工試験研究室「気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針」