

裏込め用軽量気泡モルタルの施工性と強度

石川島建材工業(株) 正会員 ○伊達 重之 小山 広光 正会員 松浪 康行
東日本旅客鉄道(株) 正会員 藍郷 一博

1.はじめに

漏水や腐食等、変状したシールドトンネルの補修工法のひとつに、プレキャストコンクリートパネル部材（以下単に“PCW”と記す）の覆工工法がある。この工法は、既設トンネルにH型鋼支保工を円周方向に巻立て、その内側にPCWを取り付ける構造であり、PCWと既設トンネルの隙間には裏込めモルタルを注入・充填するものである。したがって施工後、トンネルの内部断面積は多少減少する。これに対して、PCWの薄肉化はこの点を改善し、かつ施工コストダウンが期待される。しかしながら、薄肉化にはモルタル注入時に作用する側圧の軽減が不可欠である。

そこで本研究では、裏込め材に泡モルタルを用い、充填性と側圧の軽減効果を確認し、併せて圧縮強度についても検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料および配合条件を表 - 1、2 にそれぞれ示す。起泡剤および減水剤の組合せについては、施工可能な時間帯が深夜の4時間程度という制約上、以下に示す項目をすべて満足するものを選定した。

- ・練上り時の流動性（モルタルフロー）を6時間維持すること
- ・打設後20時間以内に凝結が完了していること
- ・凝結完了時まで泡の消失のないこと

2.2 練混ぜ

泡モルタルの製造は、起泡剤の使用量が少なく、発泡倍率の管理が容易なプレフォーム方式（ベースモルタルに泡を練り込む）を採用した。練り混ぜは、アジテータ車に泡（比重約0.05）を注入したのち、3分間高速回転した。

2.3 打設

型枠への打設にはモルタルポンプを用いた。打込み速度は約12m/hとした。

この際、圧送前後の比重およびモルタルフローを確認した。

2.4 評価項目

2.4.1 モルタル物性

フレッシュ時の比重、モルタルフロー（0打）および硬化後のモルタル比重を測定した。

2.4.2 充填性能および側圧

図 - 1 に充填試験に用いた型枠と側圧測定点を示す。合計10点の圧力データよりPCWに作用する側圧を評価した。なお、充填性および作用する側圧に及ぼす壁厚の影響を調査するため、型枠の壁厚は3水準（打設回数各1回）設定した。

表 - 1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	茨城県産陸砂
減水剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤
起泡剤	アニオン系界面活性剤

表 - 2 配合条件

W / C	45%
S / C	2.0
Ad / P	0.65%
泡混合量	400.450リットル/m ³

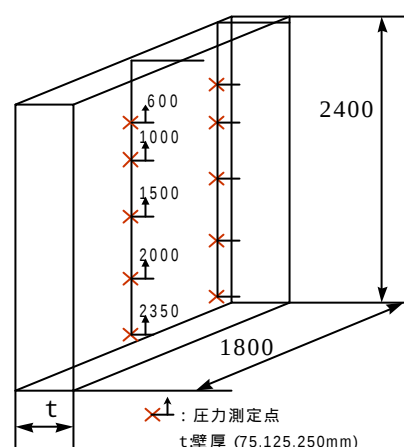


図 - 1 モルタル充填型枠概略図

キーワード：泡モルタル，施工性，強度

連絡先：〒252-1121 神奈川県綾瀬市小園720

TEL: 0467-77-8554 FAX: 0467-77-4314

〒140-0005 東京都品川区2-1-19

TEL: 03-5709-3665 FAX: 03-5709-3666

3.実験結果

3.1 泡モルタルの物性（フレッシュ時）および充填試験結果

表 - 3 に3回の充填試験に用いた泡モルタルの比重およびモルタルフローを示す．この結果から，ポンプ圧送による比重の変化，流動性の低下は認められなかった．充填状況（硬化後）を写真 - 1 に示す．

表 - 3 泡モルタルの比重および流動性

		1回目	2回目	3回目
壁厚(mm)		75	100	250
泡モル比重	P前	1.16	1.31	1.15
	P後	1.15	1.30	1.13
モルタルフロー(mm)	P前	170	145	168
	P後	167	145	165

注 P前：ポンプ圧送前 P後：圧送後



写真 - 1 泡モルタルの充填状況（脱型時）

表 - 4 充填完了時の側圧測定結果

(単位: $\times 10^{-2} \text{N/mm}^2$)									
打設面からの 深さ (m)	1回目			2回目			3回目		
	計算値			計算値			計算値		
	実測値	非圧縮	圧縮	実測値	非圧縮	圧縮	実測値	非圧縮	圧縮
0.60	0.72	0.68	0.69	0.84	0.76	0.78	0.72	0.66	0.68
1.00	1.22	1.13	1.16	1.23	1.27	1.32	1.15	1.11	1.14
1.50	1.78	1.69	1.76	1.86	1.91	2.00	1.78	1.66	1.73
2.00	2.37	2.26	2.37	2.35	2.55	2.69	2.39	2.22	2.33
2.35	2.83	2.65	2.81	3.13	3.00	3.18	2.78	2.60	2.76

(単位: $\times 10^2 \text{N/mm}^2$)

結果より，泡モルタルは，型枠内に隙間なく充填され，泡の消失によって体積が減少しないことが確認された．

また，表 - 4 に充填完了時における側圧の測定結果を，図 - 2 にコア抜き後の泡モルタルの比重をそれぞれ示す．なお，表 - 4 中の計算値については，非圧縮性流体のケース（静水圧が作用）および自重による圧縮を考慮したケースを示したものであり．図 - 2 中のラインは圧縮を考慮した比重の変化を示したものである．

この結果，普通モルタルから泡モルタルに変更することにより，側圧の低減が可能となることが確認された．また，今回の実験条件下では，側圧は壁の厚さの影響をほとんど受けないものの，打設面からの深さが2mを超える部分でも概ね静水圧よりも大きな値を示した．したがって，本泡モルタルの打設に際しては，側圧のみならず，比重に関しても自重による気泡の圧縮の影響を考慮しなければならないことが明らかになった．

3.2 泡モルタルの比重と強度

水セメント比を変えて強度レベルを3段階に調整した ハースモルタル （ $\text{S/C}=2.0$ 一定）それぞれについて，泡を0～500 mm^3/m^3 混ぜ合わせた供試体の圧縮強度を測定し，泡モルタルの比重と強度の関係について調査した．結果を図 - 3 に示す．

気孔率が通常のコンクリート(モルタル)の空気量のレベル（最大7%程度）までは，ほぼ直線的に圧縮強度が低下しているものの，それ以上の領域では強度の低下が緩やかになっている．この現象については，既往の線形や2次回帰式ではなく，セラミックスの気孔率と強度に関する実験式（式）¹⁾により概ね推定できることを確認した．

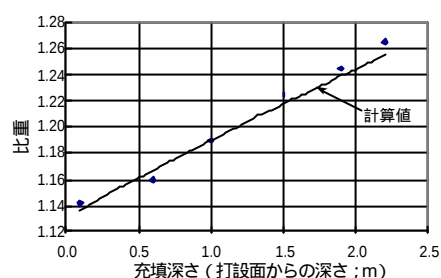


図 - 2 泡モルタルの充填深さと比重の関係

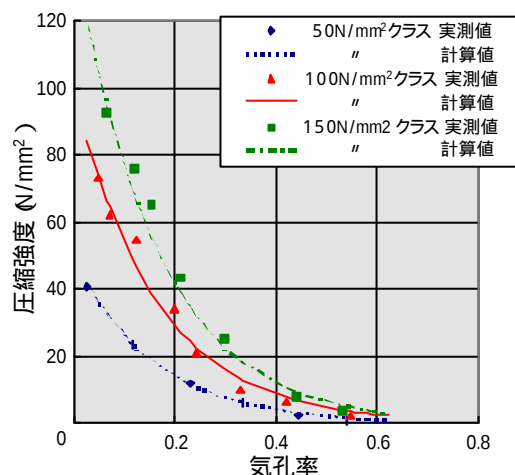


図 - 3 泡モルタルの気孔率と圧縮強度の関係

$$\sigma = \sigma_0 \exp^{-nP} \quad \text{—} \quad \text{ここで, } \sigma: \text{泡モルタルの圧縮強度, } P: \text{気孔率 } \sigma_0: \text{気孔率が0とした場合のハースモルタルの圧縮強度, } n: \text{材料特性値}$$

今回の泡モルタルの材料特性値は6.1（一般的に4～7の値をとる）となったが，この値に及ぼす使用材料や配合パラメータの影響については今後の検討課題である．

4. まとめ

泡モルタルの打設に際しては，側圧および硬化後の比重とも，自重による圧縮効果を考慮する必要がある．泡モルタルの強度は ハースモルタル の強度，気孔率および材料固有の特性値によって推定できることを確認した．

<参考文献>

1) Ryshkewitch, E.: "Compression strength of porous sintered alumina and zirconia", 9th communication to ceramography, J. Am. Ceram. Soc., Vol.36 No.2 pp65-68, 1953.