

プレミックス吹付工法の開発

寺本 勝三* 近藤 操可**
Shōzō Teramoto Moriyoshi Kondō

稲葉 力*** 遠藤 智****
Tsutomu Inaba Satoshi Endō

1. はじめに

NATMに用いられる吹付方法は乾式吹付が一般的である。乾式以外にも湿式吹付、SEC等があるが、湿式吹付とは搬送距離等、SECとは経費等の点で、乾式がまだ主流のようである。乾式吹付は、材料の搬送距離、吹付中のトラブル発生時の処理等で有利であるが、反面、次の欠点が考えられる。

- ①骨材プラントが必要である。
- ②強度の管理がしにくい。
- ③粉じん発生量が多い。

骨材プラントが必要なのは、生コンを用いない限りどの方式でも同様であるが、小規模なトンネルの場合には経費上大きな問題である。

筆者らは以上の問題点を解決するため、プレミックス吹付工法を考案し現場実験を実施したので、その結果を報告する。この工法は、あらかじめ工場で絶対乾燥状態の骨材とセメントを所定の配合で袋詰めしたものを、吹付箇所まで運搬し開封して用いるものである。実験時の

システムはFig.1に示すものであるが、理想的には吹付機に至るベルコンをプレミキサーとして、ここでプリウエット水（1次水）を添加攪拌し、ノズルで2次水を添加するようなシステムが望ましい。

工法の効果として、プラントを不用とする他、一種のSEC効果が生じて材料が均一に混合され水和する結果、粉じん発生量の減少も上げられる。

2. 実験内容

実験箇所はAトンネル（立坑と横坑の取付部、立坑の直径約8m）、Bトンネル（道路トンネルの上半で）で、測定項目は次の4項目である。

- ①リバウンド率
- ②浮遊粉じん濃度（相対濃度および質量濃度）
- ③一軸圧縮強さ（プルアウト含む。7日強度と28日強度）
- ④吐出量

Table 1に実験一覧表、Table 2にプレミックス材の配合を示す。Table 1の水量に関する欄は、実験後に使用水量から計算したものである。Bトンネルでは全配合に溶液型の粉じん抑制剤を混合した。

各配合について原則として3バッチ（1バッチは約0.3m³）の吹付を連続して行い、最初の1バッチは試し吹き、次の1バッチで粉じん濃度を測定し、最後のバッチでリバウンド率の測定とコア箱への吹付けを行った。Bトンネルの23～27バッチは、連続して吹付けた。

次に各測定項目の測定方法を記す。

- ①リバウンド率

Bトンネルの23～27バッチを除いて側壁に吹付け、

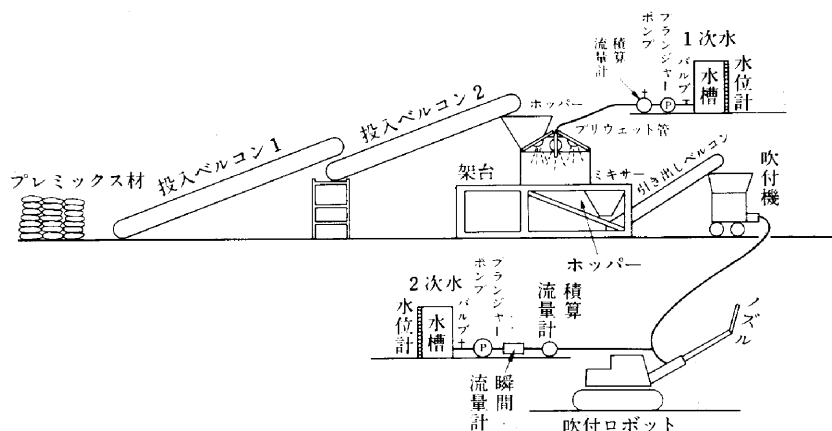


Fig.1 実験システムの概要説明図

*土木設計部設計課長
**機材部機械課係長
***技術研究部土木技術課係長
****四国(支)柳谷(出)

シートの上にはね返った材料を土のう袋に入れヘルスメーターで計算した。

②粉じん濃度

吹付け箇所から約5 m程度の距離で、光散乱式デジタル粉じん計とローボリュウムサンブラで併行測定した。デジタル粉じん計は、1分毎に連続記録した。

③圧縮強さ

Aトンネルでは、吹付け了日後に全数コアボーリングし、以降水中養生とした。7日強度と28日強度を測定した。Bトンネルでは、坑外でシート養生（8月）し、7

日強度の分は3日目にコアボーリングし、28日強度の分は20日目にコアボーリングした。プルアウト試験は、1、6、24時間経過後に実施した。

④吐出力

各配合とも吹付け量が決まっているので、吹付け時間から吐出力を求めた。

上記の他に、水圧、プリウエット水(1次水量)、2次水量を測定した。水量は水道用の量水計とドラム缶を利用したタンクの水量でチェックした。

Table 1-1 Aトンネルにおける実験一覧表

	試験番号	セメント量	全水量	プリウエット水量	全水量-プリウエット水量	W/C	プリウエット率	W ₂ /C	吐出力	備考
パンチ数		①	②	③	④	②/①	③/②	④/①	m ³ /h	
1	2-1-1	92.95	59.8	9.3	50.5	64.3	15.5	54.3	4.0	
2	2-1-2	92.95	39.3	8.4	30.9	42.2	21.2	33.2	4.2	
3	2-1-3	92.95	37.0	8.4	28.6	39.8	22.6	30.8	4.9	
4	3-1-1	92.95	42.8	12.5	30.3	46.0	29.3	32.6	4.8	
5	3-1-2	92.95	42.6	12.5	30.1	45.8	29.4	32.4	4.6	
6	3-1-3	92.95	44.9	13.9	31.0	48.3	31.0	33.4	4.8	
7	4-1-1	92.95	45.5	18.5	27.0	49.0	40.7	29.0	5.0	
8	4-1-2	92.95	46.9	18.5	28.4	50.5	39.5	30.6	4.9	
9	4-1-3	92.95	48.1	18.5	29.6	51.7	38.5	31.8	4.6	
10	5-1-1	92.95	43.6	23.2	20.4	46.9	53.1	21.9	4.8	
11	5-1-2	92.95	46.7	23.2	23.5	50.2	49.6	25.3	4.7	
12	4-2-1	92.95	44.8	18.5	26.3	48.2	41.4	51.9	5.0	粉じん抑制剤 粉末添加
13	4-2-2	92.95	48.0	18.5	29.4	51.6	38.6	31.6	4.7	"
14	4-2-3	92.95	46.8	18.5	28.3	50.3	39.6	30.4	4.6	"
15	4-2-1	92.95	45.1	18.5	26.6	48.5	41.1	28.6	4.8	粉じん抑制剤 液体添加
16	4-2-2	92.95	45.5	18.5	27.0	49.0	40.7	29.0	5.0	"
17	4-2-3	92.95	47.4	18.5	28.9	51.0	39.1	31.1	4.8	"

Table 1-2 Bトンネルにおける実験一覧表

試 験 番 号	セメント量	全水量	プリウエ ット水量	全水量-プリ ウエット水量	W/C	プリウエ ット率	W ₂ /C	吐 出 量	備 考
1	4-1-1	92.95	42.7	13.7	29.0	45.9	32.1	31.2	6.5
2	4-1-2	92.95	53.3	13.7	39.6	57.3	25.7	42.6	5.4
3	4-1-3	92.95	50.7	13.7	37.0	54.5	27.0	39.8	4.6
4	6-1-1	92.95	39.1	20.6	18.5	42.0	52.7	19.9	4.8
5	6-1-2	92.95	41.7	20.6	21.1	44.8	49.4	22.7	4.8
6	6-1-3	37.18	13.7	8.2	5.5	36.8	59.9	14.8	4.9
7	3-1-1	92.95	44.6	10.3	34.3	48.0	23.1	36.9	5.0
8	3-1-2	92.95	47.3	10.3	37.0	50.9	21.8	39.8	5.0
9	3-1-3	55.77	20.7	6.2	14.5	37.1	30.0	26.0	5.5
10	5-1-1	92.95	41.0	17.2	23.8	44.1	42.0	25.6	4.9
11	5-1-2	92.95	43.6	17.2	26.4	46.9	39.4	28.4	4.7
12	5-1-3	55.77	28.8	10.3	18.2	51.6	35.8	32.6	4.7
13	4-2-1	92.95	48.0	13.7	34.3	51.6	28.5	36.9	4.9
14	4-2-2	92.95	45.4	13.7	31.7	48.8	30.2	34.1	4.9
15	4-2-3	55.77	20.1	8.2	11.9	36.0	40.8	21.3	4.9
16	5-2-1	92.95	46.3	17.2	29.1	49.8	37.1	31.3	4.7
17	5-2-2	92.95	43.6	17.2	26.4	46.9	39.4	28.4	4.8
18	5-2-3	55.77	28.8	10.3	18.5	51.6	35.8	33.2	4.7
19	4'-2-2	92.95	59.2	16.9	42.3	63.7	28.5	45.5	5.1
20	4'-2-3	55.77	39.1	10.0	29.1	70.1	25.6	52.2	4.8
21	5'-2-2	92.95	66.3	21.4	44.9	71.3	32.3	48.3	4.8
22	5'-2-3	55.77	32.7	12.9	19.8	58.6	39.4	35.5	4.7
23	5'-2-2	371.8	226.9	85.6	141.3	61.0	37.7	38.0	4.7
24									
25									
26									
27	5'-2-3	92.95	61.0	21.4	39.6	65.6	35.1	42.6	4.3

4'は計画W/C=60%、プリウエット率40%

5'は計画W/C=60%、プリウエット率50%を表わす。

Table 2 プレミックス材の配合

W/C	S/a	急結剤 添加量 × C (%)	1 m ³ あたりの所要材料(kg/m ³)				
			C	W	S	G	Q
50	65.8	5	328	164	1,202	656	16.4

3. 実験結果と考察

①リバウンド率

プリウエット率（全加水量に対するプリウエット水の比率）との関係をFig.2に示す。35%付近にリバウンド率が最小の点が見られ、粉じん抑制剤を添加した方がリバウンド率が低下することもわかる。今回の実験結果は比較的水セメント比が小さかったため、リバウンド率も大きめである。スペースの都合で記せないが、今回の実験結果からも文献からも、水セメント比が増大すればリバウンド率が低下することがわかっている。

②粉じん濃度

Fig.3にプリウエット率と相対粉じん濃度の関係を示す。水セメント比との関係で必ずしも抑制剤を混入したものが低濃度とはいえないが、粉じん抑制剤の効果は明らかであろう。粉じん濃度はプリウエット率が30～40%で最小値を示している。この時のK値は、当社の実績の2～3倍の0.6～0.7であった。図の相対濃度にK値をかければ質量濃度が求まる。別に測定した質量濃度の最小値は、4.50mg/m²であった。

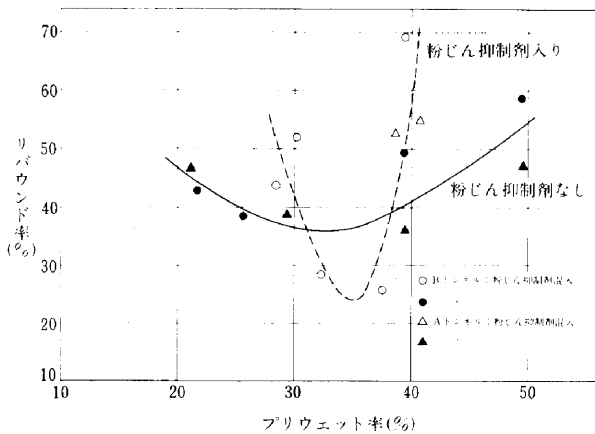


Fig.2 リバウンド率～プリウエット率の関係

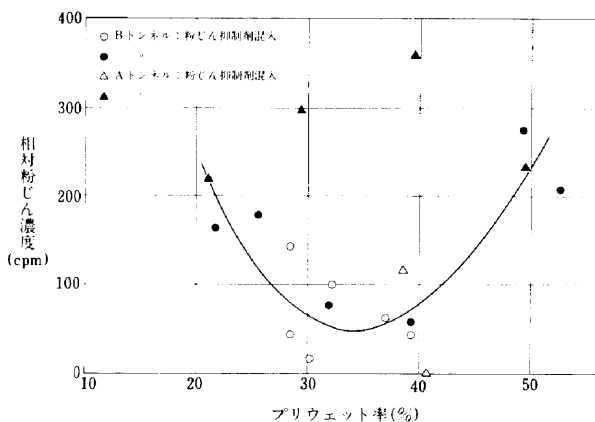


Fig.3 相対粉じん濃度～W₁/Wの関係

③圧縮強さ

Fig.4にプルアウト試験の結果をあわせて、Bトンネルにおける材令と圧縮強さの関係を示す。28日強度までは、片対数グラフでほぼ直線的に強度が増加することがわかる。この図から判断する限り、水セメント比の影響もほとんど見られず、粉じん抑制剤による強度低下も、側壁部、アーチ部による強度の差も見られない。プリウエット率の大小による強度差もないようである。

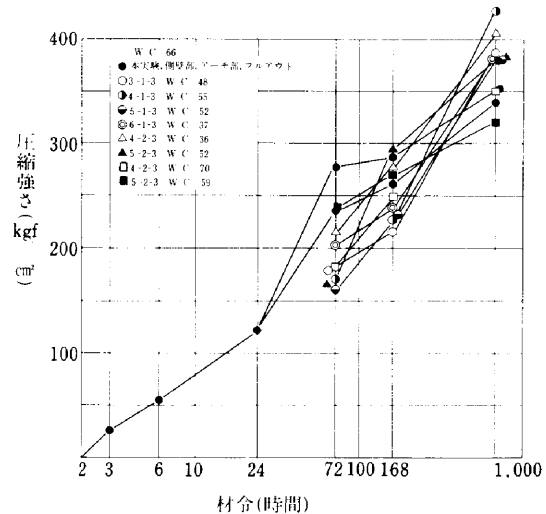


Fig.4 圧縮強度と材令の関係 (Bトンネル)

④吐出量

省略—Table 1に示す。

4. まとめ

プリウエット効果の原理は不明だが、最適プリウエット率で粉じん抑制剤を併用すれば、リバウンド率、粉じん濃度ともに低下することがわかった。今回の実験結果によると水セメント比による圧縮強さの差が出ていないので、水セメント比をさらに大きくして、粉じん濃度、リバウンド率をさらに低下することも可能と考えられる。実験時にご協力戴いた、両トンネルの所長以下の皆様に深謝致します。