

イオン系増粘剤を使用した可塑性注入材の開発 配合選定試験

熊谷組 正会員 ○金森 誠治, 佐藤 孝一, 正会員 野中 英
熊谷組 正会員 森 康雄, 岩井 孝幸
ファテック 正会員 石口 真実

1. はじめに

近年、トンネル背面空洞充填工事が数多く行われている。背面空洞充填工事には限定注入が可能な可塑性注入材を使用するのが一般的であり、その品質規格としては NEXCO の「矢板工法トンネル背面空洞注入工 設計・施工指針」が標準となっている。筆者等は、イオン系増粘剤と大量のフライアッシュを使用した背面空洞充填材の開発を行った。本報ではその開発実験のうち、配合選定試験の結果に関して報告する。

2. 品質規格と使用材料

本可塑性注入材の性能は、NEXCO の規格に適合するものと設定した。可塑性注入材の配合選定試験の試験項目と品質規格値を表一 1 に、試験に使用した材料を表一 2 に示す。使用材料は、フライアッシュ、セメント、練混水を主な材料とし、空気量・水中不分離性・可塑性を確保するための補助剤としてイオン系増粘剤を、フレッシュ性状を確保するための補助剤として凝集剤を使用している。

表一 1 品質規格値

試験項目		規格項目	規格値
流動性 (JHS313)	静値	フロー値	直後：80～155mm 60 分後：100mm 以下
	打撃	フロー値	直後：130～205mm 60 分後：170mm 以下
強度 (JISA 1108)		一軸圧縮強度	$\sigma_{28} = 1.5\text{N/mm}^2$ 以上
比重 (質量法)		比重	11～15kN/m ³

表一 2 使用材料

フライアッシュ (FA)	H 火力発電所産 JIS II 種灰 (密度 2.28g/cm ³)
セメント (C)	普通ポルトランドセメント (密度 3.15 g/cm ³) 高炉セメント B 種 (密度 3.04 g/cm ³)
増粘剤 (VT-A, VT-B)	アルキルアルシルホン酸系 2 液タイプ
凝集剤	アルミン酸ソーダ
練混水 (W)	水道水

3. 配合と試験ケース

試験ケースは、空気量を予備実験の結果を参考に 20% と設定し、普通ポルトランドセメントを使用した“ケース N”、高炉セメント B 種を使用した“ケース B”に関して、セメントとフライアッシュの容量の和である単位粉体容積:Pv (L/m³)と粉体セメント容積比:Cv/Pv (%)をパラメータとして、表一 3 (ケース N)、表一 4 (ケース B) の様に設定した。また、混和剤使用量に関しては、予備実験の実績から増粘剤 VT-A, VT-B はそれぞれ W×1.5%、凝集剤は 15kg/m³とした。

4. 練り混ぜ方法と試験項目

注入材の練り混ぜにはハンドミキサーを使用し、練り量は 10L とした。試験練りの練り混ぜ方法は下記の順序および練り時間で行った。

(1)W, VT-B, C, FA を投入後 60 秒練り、(2)VT-A 投入後 60 秒練り、(3)凝集剤投入後 60 秒練り。

フレッシュ性状試験項目は、練り上がり直後のフロー値 (静値・打撃)、比重、空気量、材料温度、および練り上がり 60 分後のフロー値 (静値・打撃)とした。

表一 3 試験配合 (ケース N)

	パラメータ		単位量(kg/m ³)					
	Pv	Cv/Pv	W	C	FA	VT-A	VT-B	凝集剤
N-1	330	11	470	114	669	7.05	7.05	15.0
N-2		15	470	156	640	7.05	7.05	15.0
N-3	365	8	435	92	764	6.52	6.52	15.0
N-4		11	435	127	742	6.52	6.52	15.0
N-5		15	435	172	707	6.52	6.52	15.0
N-6	390	11	410	136	794	6.15	6.15	15.0

表一 4 試験配合 (ケース B)

	パラメータ		単位量(kg/m ³)					
	Pv	Cv/Pv	W	C	FA	VT-A	VT-B	凝集剤
B-1	330	11	470	115	667	7.05	7.05	15.0
B-2		16	470	158	634	7.05	7.05	15.0
B-3		21	470	215	591	7.05	7.05	15.0
B-4	365	11	435	127	737	6.52	6.52	15.0
B-5		16	435	175	701	6.52	6.52	15.0
B-6		21	435	238	654	6.52	6.52	15.0
B-7	390	11	410	136	788	6.15	6.15	15.0
B-8		16	410	187	749	6.15	6.15	15.0
B-9		21	410	254	699	6.15	6.15	15.0

キーワード トンネル覆工, 空洞充填, 注入材, 可塑性グラウト

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組技術研究所 TEL:03-3235-8723 FAX:03-3235-9215

表-5 フレッシュ性状試験結果 (ケース N)

	フロー値(mm)				単位体積重量 (kN/m ³)	空気量 (%)	温度 (°C)
	練上り直後		60 分後				
	静値	打撃	静値	打撃			
N-1	129.0	190.0	90.5	155.0	12.99	20.6	19.5
N-2	123.0	190.0	98.5	163.0	13.04	17.3	22.0
N-3	107.5	169.5	84.5	139.0	13.55	16.0	20.5
N-4	97.0	158.0	85.0	134.0	14.02	13.6	19.0
N-5	103.5	166.5	84.5	136.5	13.95	15.1	21.0
N-6	91.0	146.0	83.5	144.5	14.26	14.8	21.0

表-6 フレッシュ性状試験結果 (ケース B)

	フロー値(mm)				単位体積重量 (kN/m ³)	空気量 (%)	温度 (°C)
	練上り直後		60 分後				
	静値	打撃	静値	打撃			
B-1	126.5	194.0	96.0	160.0	12.39	20.8	22.0
B-2	134.5	196.5	93.0	160.0	12.38	21.5	19.5
B-3	136.0	202.5	88.0	143.5	12.39	22.4	21.0
B-4	106.0	174.5	89.5	148.0	13.56	16.5	21.5
B-5	108.5	172.5	91.0	147.5	13.54	17.4	21.0
B-6	108.5	172.5	85.0	130.5	13.56	18.2	20.0
B-7	96.0	159.0	83.5	118.5	13.38	19.7	21.5
B-8	98.0	157.5	86.5	129.0	13.36	20.6	21.0
B-9	95.0	156.0	82.0	106.5	13.47	20.9	19.5

圧縮強度試験は、練り上がり直後に作製したφ50×100mm 供試体により材齢 14 日および 28 日で実施した。養生方法は 20°C 封緘養生とした。

5. フレッシュ性状試験結果

フレッシュ性状試験結果を表-5 (ケース N)、表-6 (ケース B) に示す。また、練り上がり直後、および 60 分後のフロー試験結果を図-1、図-2 に示す。

フロー値は練り上がり直後および 60 分後共に、全てのケースに関して規定値を満足した。フロー値は Pv 量が多くなる毎に小さくなる傾向があり、練り上がり直後のフロー値は Pv 量で調整が可能なが確認された。また、NEXCO の規格では 60 分後のフロー値の最大値 (静値 100mm、打撃 170mm) が規定されているが、60 分後のフロー値も規格値を満足することが確認できた。

空気量の試験結果に多少のばらつきが見られたが、注入材の単位体積重量は全てのケースで規格値 (11~15kN/m³) を満足することが確認できた。

6. 圧縮強度試験結果

ケース B の Cv/Pv 値と圧縮強度の関係を図-3 に示す。Pv 量が大きくなる毎、Cv/Pv 値が大きくなる毎に圧縮強度が高くなる傾向がみられた。これによりフレッシュの性状を決定する Pv 量を一定とした場合、圧縮強度の調整および設定に関しては Cv/Pv 値の設定によって調整が可能なが確認出来た。また、本試験練りではケース B-1 (Pv=330L/m³, Cv/Pv=11%) 以外のケースで圧縮強度の規格値である $\sigma_{28}=1.5\text{N/mm}^2$ を満足した。

7. まとめ

イオン系増粘剤を使用した背面空洞注入材の試験を行い、フレッシュ性状および圧縮強度に関して目標品質を満足するとともに要求品質に応じたフレッシュ性状・圧縮強度の配合設計を行う為の基礎資料が得られた。

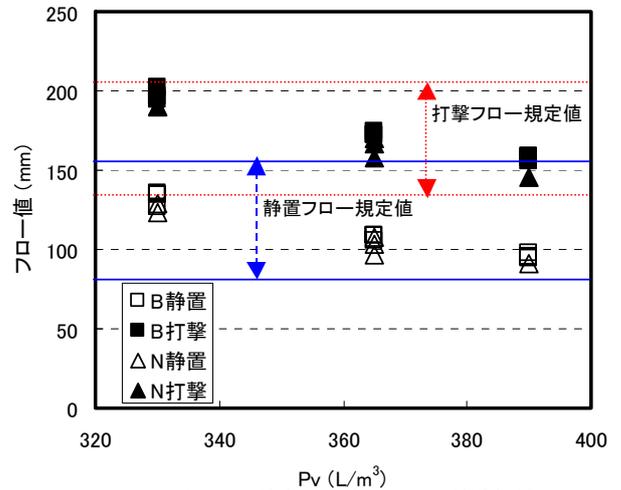


図-1 練上り直後のフロー試験結果

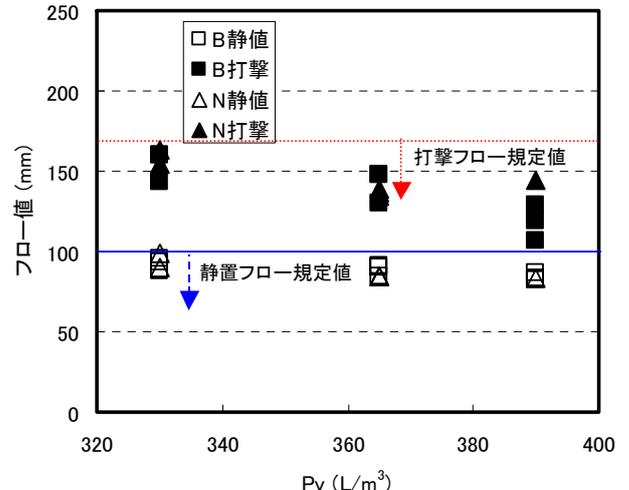


図-2 60 分後のフロー試験結果

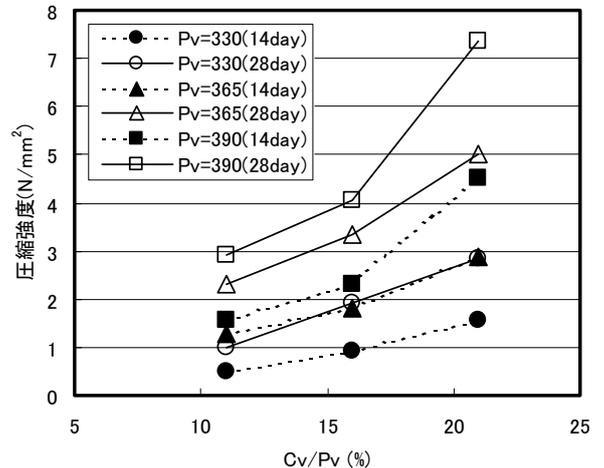


図-3 ケース B の Cv/Pv 値と圧縮強度の関係