

可塑性注入材のプレミックス化

株式会社熊谷組 正会員 ○森 康雄
株式会社ファテック 平林 守 畑山 駿

1. はじめに

弊社では各種空洞充填用の材料として平成 19 年にフライアッシュを配合した可塑性注入材を開発した。この注入材は、施工数量が数百～数千 m³ と規模が大きな工事で施工現場周辺に材料の製造プラントを設置してアジテーターカー（生コン車）で現場まで運搬できるような施工条件で使用される。

しかし、空洞充填工事は必ずしも大規模なものばかりではなく、材料製造プラントから現場までの距離が長く狭隘な作業空間であるなど特殊な施工条件の工事や少量（100m³ 以下）施工など規模が小さな工事もある。このような小規模工事では、通常、注入材として発泡ウレタンが使用されているが、強度や耐久性など品質の安定性が課題となっている。一方、小規模工事において少量の可塑性注入材を製造するためには手作業で材料を計量し練混ぜるため、施工性の低下が問題となる。

今般、上記可塑性注入材に添加している液体増粘剤を固化・粉体化した混和剤を使用し、プレミックス化（袋詰め、25kg/袋）したので、その概要を以下に示す。

2. 既往の可塑性注入材

液体増粘剤を使った既往の可塑性注入材を現場に適用した際の配合を表-1 に、その物性値を表-2 に示す。粉体量（Cv+Fav）は 425L/m³、セメント/粉体比（Cv/（Cv+Fav））は 23%である。空気量は配合設計時の設定は 20%であるが、施工時の実測値は 12～13%である。

表-1 既往の可塑性注入材の配合（単位：kg）

水	セメント	フライアッシュ (H 発電所Ⅱ種)	増粘剤	
			A 剤	B 剤
374	312	728	5.62	5.62

表-2 既往の可塑性注入材の物性値

項 目		単位	数値	備考 (NEXCO 基準)
圧縮強度		N/mm ²	6～7	目標強度：1.5N/mm ²
フロー値	静止	mm	110～120	80～155
	15 回打撃	mm	180～200	130～205
密 度		kN/m ³	15.4	11～15

3. 材料開発

(1)開発目標

開発する材料物性値の目標は、「矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領」（平成 18 年 10 月、NEXCO）に示されている基準を参考とする（表-3 参照）。

表-2 に示す配合における強度は 6～7N/mm² であり基準（1.5N/mm²）を十分に満足しているため、セメント/粉体比は 12%とし、フロー値、密度、水中不分離性が基準を満足するように配合検討を行った。

表-3 可塑性注入材に関する NEXCO 基準

項 目		単位	NEXCO 基準
圧縮強度		N/mm ²	1.5
フロー値	静止	mm	80～155
	15 回打撃	mm	130～205
密 度		kN/m ³	11～15
水中分離抵抗性	濁度		増減比率±2%
	pH		増減比率±10%

(2)開発方針

1)軽量化

- 液体の増粘剤を使用した既往の可塑性注入材の密度が 15kN/m³ 以上であるため、材料の軽量化を図るために以下の方法について検討した。
- ①軽い材料（水）を多く、重い材料（セメント、フライアッシュ）を少なくする
 - 可塑性を維持しながら、粉体量を 425L/m³ よりも少なくすることを目標とする。
 - ②空気量を多くする

液体の増粘剤を使用した既往の可塑性注入材の空気量が 12～13%であるため、空気連行剤などにより空気連行を促進し軽量化を図る。3 種類の空気連行剤の効果について実験した。

キーワード 可塑性注入材 フライアッシュ プレミックス 空洞充填

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 TEL 03-3235-8646

2)水中分離抵抗性

上記軽量化の実験の結果、最適とされる配合について水中分離抵抗性試験を行った。

(3)実験方法

1)材料の練混ぜ

配合検討（ケース 1～8）はホバートミキサ（30L）で練混ぜ、ケース 9、10 は実際の施工を想定してモルタルミキサ（100L）で練混ぜ、再現性を確認した。

2)試験項目と方法

粉体量、増粘剤、空気連行剤の種類と添加量を変化させ、フロー値、密度、スランプ、温度、水中分離抵抗性を測定、試験した。粉体量は $425 \sim 470 \text{ L/m}^3$ 、増粘剤は水量の 0.525% とし、空気連行剤は 3 種類（A～C）について効果を確認した。空気連行剤の添加量は、A は粉体の 0.1%（ケース 4）、B は粉体の 0.01%（ケース 5～7）、0.2%（ケース 10）、C は粉体の 0.2～0.025%（ケース 8 は 0.05%）とした。

フロー試験のシリンダーは $\phi 80 \text{ mm}$ 、高さ 80 mm とし、練混ぜ直後の材料について静置と 15 回打撃後のフロー値を測定した。上記軽量化検討の配合実験により決定した配合で強度試験と水中分離抵抗性試験を実施した。水中分離抵抗性試験は、水量 26L を満たした水槽（ $45 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ ）内に試験体を投入し、所定の場所から採取した水の濁度と pH の増減率（試験開始から 60 分後）を測定した。

(4)実験結果

表-5 実験結果（フレッシュ性状）

1)軽量化

3 種類の空気連行剤の効果に関する実験結果を表-4 に示す。

実験結果から、NEXCO 基準（静止で $80 \sim 155 \text{ mm}$ 、15 回打撃で $130 \sim 205 \text{ mm}$ ）の中心値に近いフロー値になる配合として粉体量を 440 L/m^3 とする。

ケース	粉体量 (L/m^3)	空気連行剤			フレッシュ性状				
		A	B	C	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	空気量 (%)	密度 (g/cm^3)	フロー値 (mm)	
								静置時	打撃後
1	425	-	-	-	23.5	3.2	16.6	159	205
2	450	-	-	-	23.2	-	16.5	100	161
3	470	-	-	-	24.3	9.0	16.7	93	156
4	470	○	-	-	25.9	8.5	16.6	94	148
5	425	-	○	-	24.9	-	16.0	134	207
6	440	-	○	-	25.7	12.5	15.7	116	180
7	470	-	○	-	26.1	20 over	15.0	90	141
8	440	-	-	○	26.7	20 over	16.0	153	200
9	440	-	○	-	-	13.5	16.3	123	188
10	440	-	◎	-	26.6	20 over	15.7	105	170

ケース 3 とケース 4 の結果を見ると空気量にほとんど変化が見られず、空気連行剤 A の効果は極めて小さい。ケース 5～7 の密度はケース 1～3 のそれよりも小さくなっており、空気連行剤の効果が確認される。ケース 2 の密度はケース 8 のそれよりも小さくなったが、フロー値が大きくなり基準を満足しなかった。

すべてのケースで密度の範囲は $15.0 \sim 17.5 \text{ kN/m}^3$ であり、目標とする 15 kN/m^3 以下になる配合は見つからなかったが、空気連行剤としては最も効果の大きな空気連行剤 B が適切である。

また、ケース 10 の空気連行剤の添加量をケース 9 のその 20 倍としたが、密度は 15 kN/m^3 以下にならなかったため、暫定的に空気連行剤の添加率は粉体重の 0.01% とする。

2)強度、水中分離抵抗性

粉体量 440 L/m^3 、空気連行剤 B を粉体量の 0.01% 添加したケースについて強度試験と水中分離抵抗性試験を行った。圧縮強度は 3.58 N/mm^2 で NEXCO 基準の 1.5 N/mm^2 以上であった。水中分離抵抗性試験では試験体の形状が変化した。水槽内の濁度、pH の増減比率は 1.1%、1.6% で基準を満足した。

4. まとめ

既往の可塑性注入材の増粘剤を粉体化することによりプレミックス化を図り、NEXCO 基準を満足すべく配合検討を行った。本検討における最適な配合は、粉体量 440 L/m^3 、セメント・粉体比 12%、空気連行剤 B を粉体量の 0.01% である。密度は 15 kN/m^3 以上で NEXCO 基準を満足しなかったが、強度、可塑性、水中分離抵抗性は NEXCO 基準を満足した。