

[118] アクリルエマルジョンを添加した吹付けコンクリートの特性

正会員 ○藤田早利 (奥村組技術研究所)
 本田裕夫 (奥村組技術研究所)
 正会員 植田浩吉 (奥村組技術研究所)
 小林茂男 (奥村組北関東支店)

1. はじめに

吹付けコンクリートは NATM の支保部材としてすぐれた支保機能を有している反面、施工時の粉じん発生による坑内環境の悪化が問題化されている。その対策として吹付けコンクリートに水溶性増粘剤を添加して粉じん発生を抑制する試みがなされているが、粉じんをかなり抑制し得る一方で保水性による強度低下や、凝結遅延によるはく落などの欠点が生じている。本報告はそれらの欠点を改善する見地からエマルジョンの状態では粘性を有さないが、セメントや急結剤などのアルカリ物質と接触して瞬時に粘性および曳糸性を発現するアクリルエマルジョンを添加することに着目し、現場実験により、粉じん抑制効果や施工性、強度等の物性について特性を把握し、有効性について検討を加えたものである。

2. アクリルエマルジョンの諸元

本研究に用いたエマルジョンはアニオン性カルボン酸含有アクリルエマルジョンである。その諸元を表-1に示す。また、pH値と粘度の関係を図-1に示す。

アルカリと接触反応して粘性および曳糸性を発現する所要時間は約1秒以下である。

表-1 諸元

形状	エマルジョン
主成分	アニオン性カルボン酸含有アクリル共重合体
主成分含有率	2.5%
pH	5
粘度	9 cps
比重	1.06

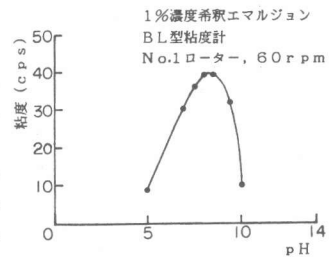


図-1 pH値と粘度

3. 実験概要

吹付工法には乾式工法を用いた。添加方式、添加率等の実験因子と水準を図-2、表-2に示す。粉じん抑制効果、はね返り率等についての現場実験は、道路複線トンネル(掘削断面80m²)、小断面立坑 NATM (掘削断面11m²) の2現場で実施し、凝結試験等については室内試験により実施した。

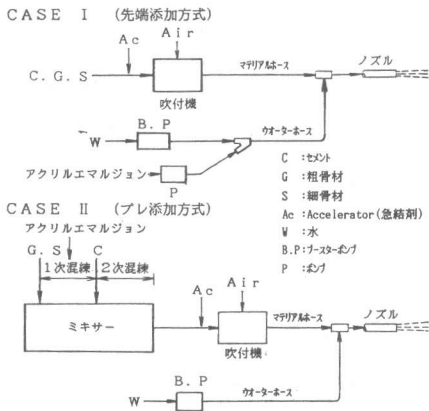


図-2 添加方式

表-2 実験因子と水準

因子	水準	
添加方式	CASE I	CASE II
添加率	C×0%, C×0.4%, C×0.8%	C×1.2%, C×1.6%
坑内換気量	送気 200m ³ /min 送気 400m ³ /min	送気 400m ³ /min 排気 450m ³ /min
配合	単位セメント量	360kg/m ³ 400kg/m ³
	W/C	45%
	s/a	65%
	急結剤添加率	C×6%
使用急結剤	セメント鉱物系急結剤	

本実験研究における測定、試験項目を以下に述べる。

(1) 粉じん濃度測定

光散乱式のデジタル粉じん計 (P-5L2) を用いて10μm以下の相対粉じん濃度について経時変化、平

均濃度を測定した。質量濃度への換算には換算係数として $K=0.03$ を用いた。

(2) はね返り率の測定

吹付けたコンクリート重量と吹付位置に拡げたシート上にはね返った重量から以下に示す式によって はね返り率を求めた。

$$\text{はね返り率 (\%)} = \frac{\text{はね返り重量 (kg)}}{\text{吹付重量 (kg)}} \times 100$$

(3) 施工性

吹付数量と吹付所要時間から施工能率を求めた。所要時間は吹付機マテリアルホースの閉塞、はく落等による作業の中断時間を含めたものとした。この施工能率をもって施工性の良否を判断するパラメーターとした。ここに、吹付所要時間は吹付開始から吹付終了までの時間とし段取り時間は含まない。

(4) 物性

圧縮強度については材令3~72Hrの初期強度はPull Out法によって、それ以降の材令については JIS A1 107 に準拠してコアを抜取って供試体とし強度試験を実施した。また、弾性係数の測定もあわせて実施した。なお、弾性係数は1/3割線弾性係数で表現した。

4. 実験結果および考察

4.1 添加方式 I について

(1) 粉じん抑制効果

道路複線トンネルにおける各換気条件下でのアクリルエマルジョン添加率と粉じん濃度との関係について図-3に、坑内風速と粉じん抑制率との関係を図-4に示す。なお、粉じん抑制率はアクリルエマルジョン添加時の粉じん濃度を無添加時の粉じん濃度で除した値の百分率とした。換気条件の違いによらず、アクリルエマルジョン添加率の増加とともに粉じん濃度は減少する傾向を示すが、添加率 $C \times 1.2\%$ 以上になると粉じん濃度の減少割合は低くなる。また、粉じん抑制率と坑内風速の関係については、坑内風速の違いによらず粉じん抑制率はほぼ同様の傾向を示し、添加率と粉じん抑制率の関係は指数曲線に回帰される。アクリルエマルジョンを添加した場合の粉じん抑制効果は添加率 $C \times 0.8 \sim 1.6\%$ の範囲で40~50%である。

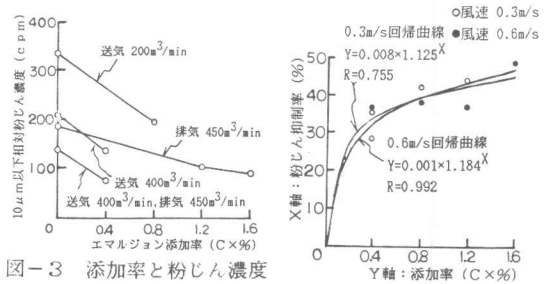


図-3 添加率と粉じん濃度

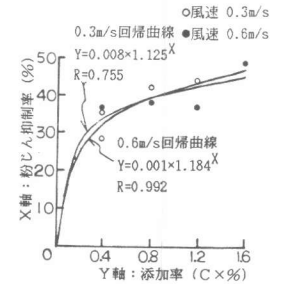


図-4 坑内風速と粉じん抑制率

つぎに立坑 NATM での粉じん濃度と掘削深度との関係を図-5に示す。掘削深度とともに粉じん濃度が増加することがわかる。

掘削深度が2~20mの範囲ではアクリルエマルジョンを添加することにより約50%の粉じん抑制率を示し、道路複線トンネルでの測定結果とほぼ同様な効果を得ている。

(2) はね返り率

はね返り率の測定結果を図-6、および図-7に示す。アクリル

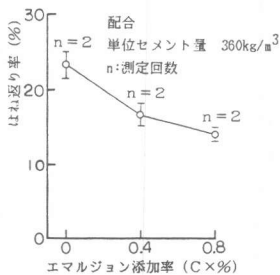


図-6 はね返り率 (1)

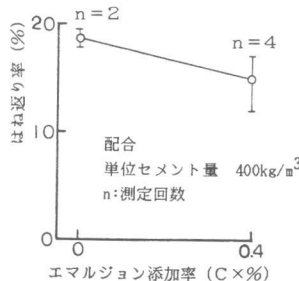


図-7 はね返り率 (2)

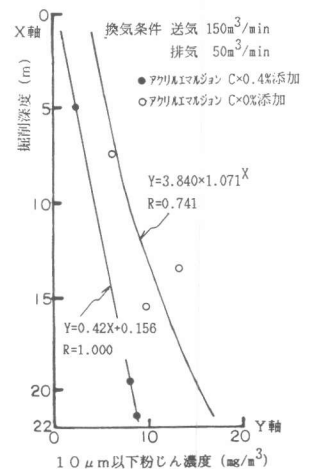


図-5 立坑での粉じん濃度

エマルジョンを添加した場合、はね返り率も減少する結果を得た。単位セメント量とはね返り率の関係については単位セメント量 $400\text{kg}/\text{m}^3$ の方が $360\text{kg}/\text{m}^3$ の場合よりはね返り率が小さい。アクリルエマルジョン添加によるはね返り抑制効果と単位セメント量との関係については、単位セメント量 $360\text{kg}/\text{m}^3$ の方がはね返り抑制効果が大きい傾向が示された。これは単位セメント量が多い場合ははね返り率が本来少ないためアクリルエマルジョン添加による抑制効果のウエイトが相対的に低くなり、単位セメント量が少ない場合には、はね返り率が大きい場合アクリルエマルジョンによる抑制効果のウエイトが大きくなることによるものと考えられる。

(3) 施工性

施工能率を図-8に示す。アクリルエマルジョンを添加した場合の施工能率は無添加の場合と比較して同等であり有意差はみられない。これは従来の水溶性増粘剤を用いた場合に伴いがちな落や水溶液の添加システムでの閉塞などから生じる作業の中断による時間ロスがアクリルエマルジョンの場合には生じなかったことによる。なお、ASTM C 403 に準拠して凝結試験を行った結果でも凝結の遅延はみられない。凝結試験結果を図-9に示す。

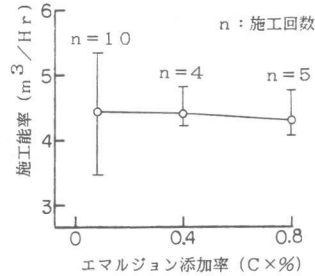


図-8 添加方式 I の施工能率

(4) 物性

圧縮強度試験結果を図-10に示す。初期材令1日付近ではアクリルエマルジョンを添加した場合の強度は無添加の場合と同等であるが、材令7日付近ではやや強度が下回る。しかしそれ以降の強度の伸びは無添加の場合に比べて大きく材令28日では同等もしくは上回る傾向を示している。これはアクリルエマルジョンの増粘による保水性が一時的なものでありエマルジョンが早期に固形分に変化するため保水性が水和反応を長期にわたって阻害しないことによると考える。

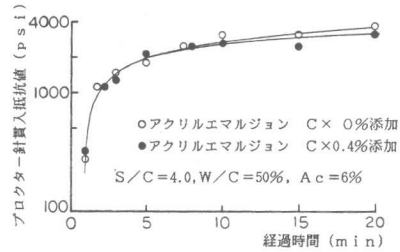


図-9 凝結試験結果

単位セメント量 $400\text{kg}/\text{m}^3$ における圧縮強度と弾性係数の相関を図-11に示す。アクリルエマルジョン添加の有無による相違はみられない。

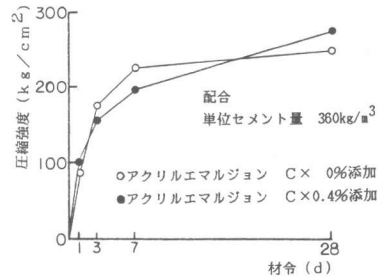


図-10 圧縮強度試験結果 (1)

4.2 添加方式 II について

(1) 粉じん抑制効果

添加方式 II における粉じん抑制効果を図-12に示す。添加方式 II では粉じん抑制効果は I の方式に比べて少なく抑制率は24%であり、I の方式の約1/2の抑制効果を示す程度であった。増粘剤による粉じんの抑制機構は吹付材料に粘性、曳糸性を付与することによってセメント、細骨材微粒分、粉末急結剤などの粉じ

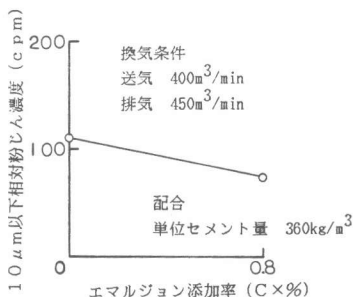


図-12 添加方式 II の粉じん抑制効果

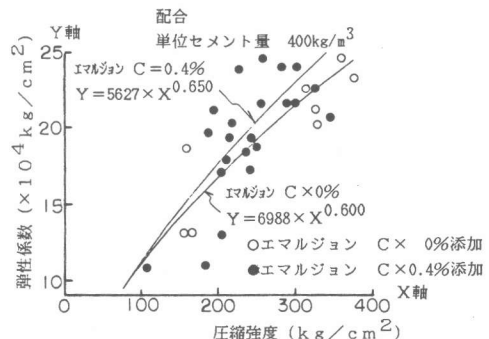


図-11 圧縮強度と弾性係数の相関

んの主要な構成物質を材料中の粗粒分に吸着、あるいはそれら自体を結合させることにより圧縮空気による圧送吹付過程での微粒分の分離浮遊を減少させることによると考えられるが、添加方式Ⅱの場合には、粉じんの構成物質の一つである粉末急結剤が練混ぜの後で添加されるため急結剤にたいして粘性による吸着結合効果を及ぼさないため、粉じん抑制効果がⅠに比べて減少したものと考える。

(2) はね返り率

はね返り率の測定結果を図-13に示す。添加方式Ⅱのはね返り抑制効果は顕著であり、アクリルエマルジョン無添加に比べて1/2~1/3にはね返り率が減少する。これは、材料の練混ぜ時にアクリルエマルジョンを媒介としてセメント、細骨材微粒分が骨材に吸着して被覆層を形成することにより、骨材が壁面に衝突する際クッション的役割をはたして、はね返りを減少させるものと考ええる。

(3) 施工性

施工能率を図-14に示す。アクリルエマルジョン無添加に比べて添加方式Ⅱでは施工能率が向上する結果を示した。これはアクリルエマルジョンを媒介に骨材表面がセメント、細骨材微粒分で被覆されておりエマルジョンは粘性を有しているため被覆表面には浸透せず、したがって吹付材料は表面のドライな粉体となるため、骨材の表面水や、表面水によってペースト化したセメント分による圧送時の粘性抵抗が減少して圧送性が向上したことによると考える。

(4) 強度

圧縮強度試験結果を図-15に示す。強度面では添加方式Ⅰの場合と同様の強度発現の傾向が示された。材令7日付近で強度が下回るが、28日強度はアクリルエマルジョン無添加の場合と同等となっている。これは添加方式Ⅰの場合と同じ理由によるものと推測する。

5. まとめ

アクリルエマルジョンを添加した吹付けコンクリートの特性について実験結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) アクリルエマルジョンを添加することにより吹付けコンクリート施工時の粉じん濃度を減少することができる。
- (2) 添加方式Ⅰの方がⅡよりも粉じん抑制効果が大きく50%程度粉じんを抑制する。
- (3) 添加率はセメント量の0.8~1.2%までが最適であり、それ以上添加しても粉じん抑制効果はさほど増加しない。
- (4) アクリルエマルジョンの添加により、吹付材料のはね返りも抑制する。
- (5) はね返りの抑制に関しては添加方式Ⅱがすぐれており、無添加に比べて1/2~1/3にはね返りを抑制する。
- (6) 貧配合ほどはね返りの抑制効果が大きくなる傾向がうかがえる。
- (7) アクリルエマルジョンの場合、増粘しても長期にわたる保水性を有さず凝結の遅延を伴わないため強度低下や吹付時のはく落などを生じない。
- (8) アクリルエマルジョンを添加した場合のセメントや急結剤との反応機構、粉じん、はね返りの抑制機構については十分に説明するにはいたっておらず、今後の研究すべき課題である。

【参考文献】

- 1) 関, 中村, 井上: 吹付けコンクリートの粉じん抑制剤に関する研究, 前田技術研究所報 Vol.24, 1983

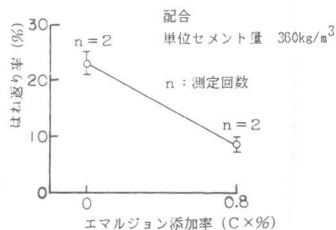


図-13 はね返り率 (3)

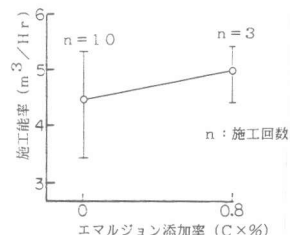


図-14 添加方式Ⅱの施工能率

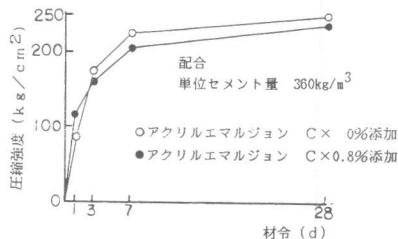


図-15 圧縮強度試験結果 (2)