

VI-46

フライアッシュを利用した高流動コンクリートセグメントの開発（2）

－ 表面気泡低減方法に関する検討 －

東海コンクリート工業 正会員 高橋 英明*

中 部 電 力

安藤 兼治** 正会員 中山 元***

田畑 喜彦*** 正会員 北澤 智***

1 はじめに

シールドトンネルに用いられるセグメントの製造は、これまで多くの効率的、経済的工法の検討が行われている。近年、作業環境の改善もふまえ高流動コンクリートによる製造の事例¹⁾も報告されている。この中で、筆者らは、フライアッシュを混和材とした粉体系高流動コンクリートを用いたセグメントを開発²⁾し、製造工程の効率化を図った。しかし、セグメントの形状から高流動コンクリートによる高い充填性をもってしても上型枠部分（セグメント背面側）に多くの表面気泡が発生するため、コンクリート表面の仕上がり状態としては問題が生じる。本報告では、この表面気泡の低減方法について提案するものである。

2 実験概要

実験は、上型枠面側に発生する表面気泡を低減するため、つぎの2つの工法について実験を行った。

- (1) シート貼付工法：一般の各種透水性シート材を上型枠面に貼付け、表面気泡と余剰水を除去する工法である。ここでは、最適な透水性シート材の選定とコンクリート打設方法の検討を同時に行った。

- (2) 真空脱水工法：真空ポンプを使用し、コンクリート投入後に上型枠面から強制的に余剰水を排除するとともに、表面気泡を除去する工法である。

なお、この実験で使用する高流動コンクリートの仕様を表-1に示す。またセグメント表面に発生する気泡は、一定面積における気泡面積をブラニメータで測定し、表面気泡率を算出することにより定量的に求めた。

なお、この実験で使用したセグメント型枠は、外径 7,140mm、桁高 300mm、幅 1,200mm のボルト締結式のもとした。

3 実験結果および考察

(1) シート材貼付工法

表面気泡に影響をおよぼすと思われるものとして、表-2に示す要因が考えられる。この3項目の要因を組み合わせるセグメントを製造し、各々の表面気泡率を測定した、その結果を表-3に示す。また、表-4にはその分散分析結果を示す。

表-1 高流動コンクリート仕様

項 目	仕 様
スランプフロー	65±5 (cm)
自己充填性ランク	ランク 2
設計基準強度	48 (N/mm ²)
混和材	フライアッシュ

表-2 実験要因

因 子	水 準
コンクリート投入速度	2.5, 5.0 (min/m ³)
透水性シート材	D1:織布系 D3:不織布系 R:不織布+ネット系 E:不織布系 W:不織布系 N:鋼製面(ブラック部分)
透水シート材転用回数	1, 2 (回)

表-3 表面気泡率 (%)

シート材水準	投入速度: 2.5 (min/m ³)		投入速度: 5.0 (min/m ³)	
	転用回数:1	転用回数:2	転用回数:1	転用回数:2
D1	1.6	7.8	2.5	9.6
D3	1.4	5.1	4.3	11.6
R	2.8	2.2	5.2	11.9
E	0.5	3.3	2.5	5.5
W	2.5	7.3	3.8	6.6
N	6.6	11.8	4.3	14.2

表-4 分散分析表(プーリング後)

因 子	S	φ	F	F ₀	検定
A (投入速度)	35.527	1	35.527	7.312	*
B (透水性シート材)	82.083	5	16.417	3.379	*
C (転用回数)	144.060	1	144.060	29.651	**
B×C	19.020	5	3.804	0.783	
誤 差	53.443	11	4.855		
計	334.133	23			

検定結果 *:5%有意 **:1%有意 空白:有意差無し

キーワード：シールドトンネル，セグメント，高流動コンクリート，表面気泡，真空脱水

* 〒455-0844 名古屋市港区潮田町(十号地)

東海コンクリート工業(株)

研究開発部 研究開発グループ

TEL 052-384-7151

** 〒459-8001 名古屋市緑区大高町字北関山 20-4

中部電力(株)

技術開発本部 電力技術研究所

TEL 052-621-6101

*** 〒456-0022 名古屋市熱田区横田 2-3-24

中部電力(株)

中央送変電建設所 地中線土木課

TEL 052-682-4579

実験の結果、コンクリート投入速度は、 2.5 min/m^3 の方が良好な結果を示した。これは液体的な性状を持つ高流動コンクリートの中で介在する気泡は、コンクリートの投入速度が小さい方が、気泡がより抜けやすくなるため推察される。

つぎに、透水性シート材については、水準 E(不織布系)が気泡低減に有効であったが、繰り返し使用することにより、効果が大きく落ちることがわかった。したがって、透水性シート材の使用で気泡低減効果を維持させるためには、透水性シート材を頻繁に取り換える必要があり、効率面、経済面において大きな障害となる。

（２）真空脱水工法

コンクリート投入条件を（１）で得られた結果より、表面気泡低減に有効となる投入速度 2.5 min/m^3 として実験を行った。

その結果、真空脱水は、コンクリート表面の水セメント比を低下させることができ、付帯効果として写真－１に示すように脱水直後に上型枠の取り外しが可能となった。また、真空脱水後、図－１に示す上型枠に設置したシート材を、取り換えることなく洗浄することで、付着した汚れを取り除くことができ、性能の持続性、シート材の耐久性の向上をはかることができた。

この工法により、上型枠面側に発生していた表面気泡は、ほとんど見られなかった。また、シート材の洗浄による表面気泡率の増大は認められなかった。なお、本実験においては８回程度の繰り返し使用に対しても、その性能に変化は認められなかった。

表－５には、真空脱水によるセグメント表面の強度を、シュミットハンマーによる非破壊試験により簡易的に測定した結果を示す。

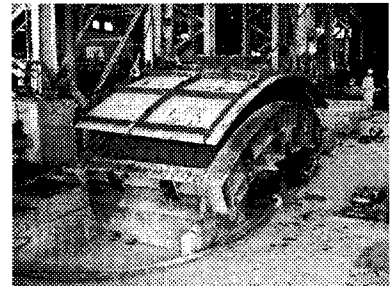
真空脱水を行わないセグメント内面側の強度と比較すると６％程度の強度増加が見られた。

４ まとめ

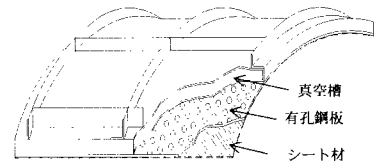
本実験の結果、高流動コンクリートにより製造されたセグメントの表面気泡低減方法について、つぎのことが明らかになった。

- （１）シート材貼付工法による表面気泡の低減は、透水性シート材を繰り返し使用すると、その効果の維持は難しく、セグメント製造に適用する場合、製造効率や経済面で問題がある。
- （２）コンクリート投入速度は 2.5 min/m^3 程度の低速にした場合、表面気泡低減に効果があることがわかった。しかし、今後は投入速度について詳細に検討する必要がある。
- （３）真空脱水工法は、表面気泡の低減に非常に効果的で、シート材についても洗浄することにより、繰り返し使用できることが確認された。
- （４）真空脱水により強制的に余剰水を除去することにより、強度、耐久性に優れたセグメントを製作できることが確認できた。

今後は、真空脱水工法における真空脱水時間等の相違がセグメントへ与える影響について、更に詳細な検討を行う予定である。



写真－１ 上型枠取り外し状況



図－１ 上型枠構造(真空脱水工法用)

表－５ 真空脱水による表面気泡率とコンクリート表面強度の違い (サンプル数 4)

*1セグメント No.	表面気泡率 (%)	*2真空脱水効果による表面強度比率 (%)	平均強度比率 (%)
1	0	+3.9	+6.0
2	0	+6.2	
3	0	+5.1	
4	0	+8.5	

*1 シート材の繰り返し使用により製造したセグメント

*2 強度比率 (%) = (真空脱水面側強度－内面側強度) / 内面側強度 × 100

参考文献

¹⁾ 花見ら：高流動コンクリートセグメントの開発，土木学会第 53 回年次学術講演会，第Ⅵ部 pp.50-51，1998.10

²⁾ フライアッシュを利用した高流動コンクリートセグメントの開発，土木学会中部支部研究発表会，第Ⅴ部，pp579-580，1999.3