

報告 増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートのトンネル覆工への適用性に関する実験的検討

安齋 勝^{*1}・坂井 吾郎^{*2}・近藤 啓二^{*3}・菅俣 匠^{*4}

要旨：増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤によって流動性および材料分離抵抗性を付与した増粘剤系中流動コンクリートのトンネル覆工への適用性について検討した。本検討の増粘剤系中流動コンクリートは、AE 減水剤を用いたスランプ 15cm のコンクリートと同等の耐久性を有し、かつ、従来の粉体系中流動コンクリートと同等の流動性および材料分離抵抗性を有していることが確認された。また、トンネル覆工を模擬した実大施工実験により、一般的なスランプ 15cm のコンクリートを棒状パイプレータで締め固める方法よりも、均質で耐久性の高い覆工コンクリートを構築できる可能性が高いことを明らかにした。

キーワード：中流動コンクリート、トンネル、覆工コンクリート、増粘剤、流動性、充填性

1. はじめに

トンネル覆工の構築においては、1 スパンごとに、延長 10m 程度のセントルと呼ばれるアーチ形状の移動式型枠が設置され、セントル内の閉鎖された狭小空間で厚さ 300mm 程度のコンクリートが施工される。

その際、トンネル側壁から肩部にかけては、セントルに設けられた 2～3m 間隔の打設用の窓からのコンクリート打込みとなるが、天端部については 1 箇所の上口からの打込みとなり、10m 程度にわたってコンクリートを流動させて充填しているのが現状である。このため、材料分離や未充填、締固め不足などが発生しやすいことが課題となっている。

こうした課題に対し、近年、中流動コンクリートによって覆工を構築する技術が開発され¹⁾、適用実績を伸ばしつつある。

トンネル覆工に適用される中流動コンクリートは、高性能 AE 減水剤と、石灰石微粉末やフライアッシュなどの粉体が用いられた単位粉体量 350kg/m³ 以上の配合で、スランプフローが 35～50cm のものである²⁾。棒状パイプレータを用いることなく、セントルに設置した型枠パイプレータの軽微な振動でコンクリートを充填させることができるため、特に、天端部の品質向上に有効であることが報告されている^{1) 3)}。

しかし、覆工コンクリートの品質が向上する一方で、これまでの中流動コンクリートには、石灰石微粉末やフライアッシュなどが用いられるため、市中のレディーミクストコンクリート工場における製造が難しいことが課題になっている。

そこで、石灰石微粉末やフライアッシュなどの粉体を

用いることなく、増粘効果を有する高性能 AE 減水剤によって流動性と材料分離抵抗性を付与した増粘剤系中流動コンクリートのトンネル覆工への適用性について検討を行った。

本研究では、まず、増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を用いることによってコンクリートの耐久性に影響がないことを確認した。次に、中流動コンクリートの配合選定を行い、トンネルの 1 スパンの延長を考慮した流動試験によって、流動性および材料分離抵抗性を評価した。最後に、実物大の模擬型枠に増粘剤系中流動コンクリートを打ち込む実規模施工実験によって、構築されるトンネル覆工の品質を評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

使用材料およびコンクリートを、それぞれ表-1 および表-2 に示す。

本研究では、増粘性高分子化合物をポリカルボン酸エーテル系化合物に配合した高性能 AE 減水剤を用いた。この増粘成分はコンクリート中の自由水と反応して材料分離抵抗性を向上させるとともに、粒子間の摩擦を低減することで粘性の極端な増加を抑制する。したがって、既存の増粘剤のような、レディーミクストコンクリート工場での製造時における人力での計量やミキサへの投入手間が省略でき、既存の設備でコンクリートの製造が可能になる。また、施工時には所要の材料分離抵抗性を確保しつつ、既存の増粘剤を用いた場合より粘性が低くなるため、10m 程度の流動が必要なトンネル覆工用のコンクリートに適することが期待できる。なお、この増粘効

*1 鹿島建設(株) 技術研究所 土木材料グループ 研究員 工修 (正会員)

*2 鹿島建設(株) 技術研究所 土木材料グループ 上席研究員 博(工) (正会員)

*3 鹿島建設(株) 土木管理本部 トンネルグループ 課長 工修

*4 BASF ポゾリス(株) 技術センター 混和剤開発グループ グループリーダー 博(工) (正会員)

表－1 使用材料

項目	記号	強度および耐久性確認試験	流動試験	実規模施工実験
水	W	上水道水、密度：1.0g/cm ³	上水道水、密度：1.0g/cm ³	上水道水、密度：1.0g/cm ³
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度：3.16 g/cm ³	普通ポルトランドセメント、密度：3.16 g/cm ³	高炉B種セメント、密度：3.04 g/cm ³
混和材	LS	—	石灰石微粉末 密度 2.71 g/cm ³	—
細骨材	S1	大井川産陸砂、密度：2.60 g/cm ³ 、粗粒率：2.70	行方市産山砂、密度：2.59 g/cm ³ 、粗粒率：2.60	多治見産山砂、密度：2.56 g/cm ³ 、粗粒率：2.75
	S2	—	土浦市産砕砂、密度：2.63 g/cm ³ 、粗粒率：2.80	—
粗骨材	G	青梅産砕石、密度：2.66 g/cm ³ 、実積率：60.0%、Gmax20mm、粒径 5～20	土浦市小高産砕石、密度：2.68 g/cm ³ 、実積率：60.0%、Gmax20mm、粒径 5～20	多治見産山砂利、密度：2.61 g/cm ³ 、実積率：62.0%、Gmax25mm、粒径 5～25
	AE	AE 減水剤（リグニンスルホン酸化合物）	AE 減水剤（リグニンスルホン酸化合物）	AE 減水剤（リグニンスルホン酸化合物）
混和剤	SP	—	高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸エーテル系化合物）	—
	VSP	ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体	ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体	ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体
繊維	FB	—	—	ポリプロピレン繊維、密度 0.91 g/cm ³

表－2 コンクリート配合

項目	配合名	Gmax (mm)	スランプ (cm)	スランプロー (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						混和剤(P×%)			繊維 (Vol%)
								W	C	LS	S1	S2	G	AE	SP	VSP	
耐久性 確認試験	普通 con	20	15±2.5	—	4.5±1.5	55.0	48.0	175	318	—	848	—	939	0.25	—	—	—
	増粘剤系中流動	20	21±2.5	35～50	4.5±1.5	55.0	51.4	175	318	—	900	—	886	—	—	1.35	—
流動試験	普通 con	20	15±2.5	—	4.5±1.5	57.0	45.9	167	293	—	580	249	1008	1.00	—	—	—
	粉体系中流動	20	21±2.5	35～50	4.5±1.5	56.8	47.0	175	308	72	578	223	932	—	1.55	—	—
	増粘剤系中流動	20	21±2.5	35～50	4.5±1.5	53.0	50.7	175	330	—	621	270	894	—	—	1.80	—
実規模 施工実験	普通 con	25	15±2.5	—	4.5±1.5	55.0	42.7	167	304	—	753	—	1028	1.00	—	—	—
	増粘剤系中流動	25	21±2.5	35～50	4.5±1.5	50.0	50.9	165	330	—	888	—	872	—	—	1.30	—
	繊維混入中流動	25	21±2.5	35～50	4.5±1.5	47.0	50.5	165	351	—	871	—	872	—	—	1.40	0.30

果を有する高性能 AE 減水剤は、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」の高性能 AE 減水剤標準形に適合するものである。

表－2 に示すように、耐久性確認試験のコンクリート配合については、スランプが 15cm の一般的な覆工コンクリート（以下、普通 con）の配合を基本として、AE 減水剤を使用する配合と、増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を使用する配合の 2 種類とした。

また、流動試験のコンクリート配合については、スランプが 15cm の普通 con と、従来の粉体系中流動コンクリート（以下、粉体系中流動）および増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を使用した中流動コンクリート（以下、増粘剤系中流動）の 3 種類とした。

実規模施工実験のコンクリート配合については、普通 con と増粘剤系中流動に加え、増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を使用し、有機系短繊維を混入した中流動コンクリート（以下、繊維混入中流動）の 3 種類とした。

2.2 試験方法

(1) 強度および耐久性確認試験方法

強度および耐久性確認試験の項目を表－3 に示す。

(2) 流動試験方法

流動試験時に実施した試験項目を表－4 に示し、コンクリートを流動させた型枠を図－1 に示す。この型枠は、一般的なトンネル覆工の厚さおよび 1 スパンの長さを考慮して、それぞれ 350mm および 10.5m とした。また、型枠パイプブレータを配置する位置については、既往の中流動コンクリートの施工方法²⁾を踏まえ、3m 間隔で 4 台とした。

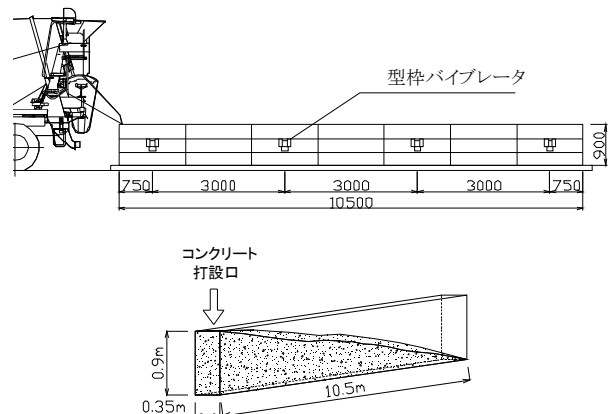
流動試験では、型枠端部よりコンクリートを打ち込み、コンクリートが 900mm の高さに達するか、10.5m 先の型枠先端に達した時点で打込みを停止して流動勾配を測定

表－3 強度および耐久性確認試験項目と方法

試験項目	試験方法
圧縮強度試験	JIS A 1108 に準拠し材齢 28 日で試験
凍結融解試験	JIS A 1148 に準拠
促進中性化試験	JIS A 1153 に準拠し、促進期間 13 週で試験

表－4 流動試験において実施した試験項目と方法

試験項目	試験方法
スランプ試験	JIS A 1101 に準拠
スランプロー試験	JIS A 1150 に準拠
空気量試験	JIS A 1128 に準拠
加振変形試験	NEXCO 試験方法
U 形充填性試験	試験法 733-2008 に準拠
流動勾配試験	打込み箇所（型枠端部）のコンクリートが型枠上面（900mm）もしくは、型枠先端（10.5m）に達した時点で打込みを停止し、500mm 間隔で締固め前後の流動勾配を測定した。
粗骨材変化率試験	荷下し前および打設箇所から流動先端までの計 5 箇所（2m 間隔）の試料（エアメータ容器：7L）を採取し、5mm のふるいに残る粗骨材の洗い試験を実施し、粗骨材の変化量を測定した。



図－1 流動試験型枠および型枠パイプブレータ配置図

表－5 中流動コンクリートの要求性能²⁾

設計基準 強度：σ28 (N/mm ²)	スランプ 70- (cm)	空気量 (%)	加振変形試験 (cm)	U 形充てん性高さ (障害無し) (mm)
18	35～50	4.5±1.5	10±3 (10 秒加振後の スランプ 70-の広がり)	280 以上

した。ここで、中流動コンクリートの配合は、トンネル覆工への適用性が確認されている表-5の仕様²⁾を満足するものとした。

その後、普通 con は、棒状バイブレータを用い、500mm 間隔で各 5 秒間の締固めを 2 往復行った後、再度、流動勾配を測定した。中流動コンクリートは、型枠バイブレータを用いて 15 秒間の締固めを行った後、再度、流動勾配を測定した。

流動勾配の測定後、コンクリートの材料分離抵抗性を評価するため、荷下し前のコンクリートと、打込み箇所から 2m 間隔の計 5 箇所のコンクリートをそれぞれ採取し、洗い試験を実施した。洗い試験では、エアメータ容器の試料を 5mm のふるいでふるって粗骨材量を測定した。

(3) 実規模施工実験方法

実規模施工実験時に実施した試験項目を表-6に示す。また、実験に使用した型枠を写真-1に示す。この型枠は、トンネル覆工の天端部を模擬したものであり、前述のとおり、一般的なトンネル覆工の厚さおよび1スパンの長さを考慮して製作したものである。

普通 con の締固めは棒状バイブレータによって行い、増粘剤系中流動および繊維混入中流動の締固めは型枠バイブレータによって行った。実験ケースとしては、普通 con と増粘剤系中流動の実験を行い比較した。また、繊維を混入した場合の繊維の分散性を確認するために繊維混入中流動の実験を行った。なお、実規模施工実験では、側壁部（脚部）に普通 con の打込みを模擬型枠の外側の窓より行った後、天端部のコンクリート打込みを吹上げ口より行った。

コンクリートの打込みから 66 時間後にセントルを脱枠し、その後、コンクリート打込みから 14 日目にコア採取を行い、28 日目に非破壊試験およびコアの室内試験を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 強度および耐久性確認試験結果

耐久性確認試験の結果を表-7に示す。同表に示すとおり、本検討の増粘剤系中流動の圧縮強度、耐久性指数および中性化深さは、普通 con と同等であることが確認された。

(2) 流動試験結果

流動試験のフレッシュ性状試験結果を表-8に示す。同表より、増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を用いることによって、トンネル覆工への適用性が確認された仕様²⁾（表-5）を満足する中流動コンクリートを製造することが確認された。

コンクリートの締固め前後の流動勾配を、それぞれ図-2および図-3に示す。同図より、締固め前の流動勾配については、普通 con が 1/6 であるのに対し、中流動コ

表-6 実規模施工実験項目および方法

試験項目	試験方法
スランプ試験	JIS A 1101 に準拠
スランプフロー試験	JIS A 1150 に準拠
空気量試験	JIS A 1128 に準拠
加振変形試験	NEXCO 試験方法
U 形充てん性試験	試験法 733-2008 に準拠
圧縮強度試験	JIS A 1107 に準拠
曲げ靱性試験	JSCE-G552-2007
コンクリート温度測定	天端部および肩部における吹上げ口側・中間・棲側の温度測定
流動・充てん状況	脱枠後の目視確認
超音波伝播速度試験	エルソニックによる超音波法
表面透気試験	Proceq 社製トレント法（繊維中流動以外実施）
補強繊維量	コアを割裂し、繊維本数を測定（繊維中流動のみ実施）

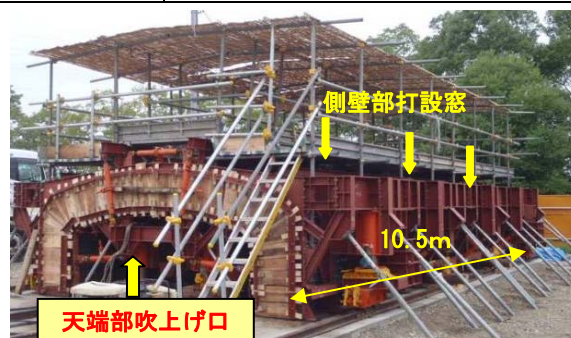


写真-1 実規模施工実験型枠

表-7 強度および耐久性確認試験結果

配合	圧縮強度 (N/mm ²)	耐久性指数	13 週中性化深さ (mm)
普通 con	40.0	91	11.0
増粘剤系中流動	42.1	90	11.2

表-8 施工性確認試験時のフレッシュ性状

配合	スランプ ⁺ (cm)	スランブフロー (cm)		スランプ ⁺ フローの 広がりが (cm)	U 形 充てん性 高さ (cm)	空気量 (%)
		加振前	加振後			
		平均	平均			
普通 con	15.0	—	—	—	—	4.3
粉体系中流動	21.0	39.0	50.0	11.0	31.0	5.3
増粘剤系中流動	21.0	36.5	49.5	13.0	30.0	4.3

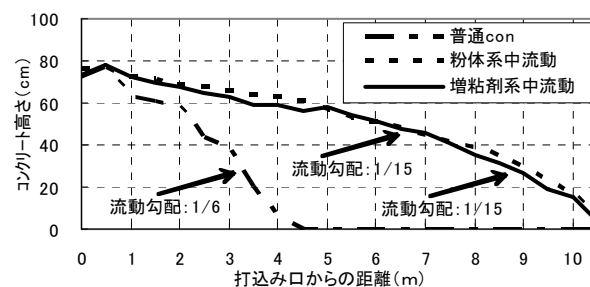


図-2 流動勾配測定結果（締固め前）

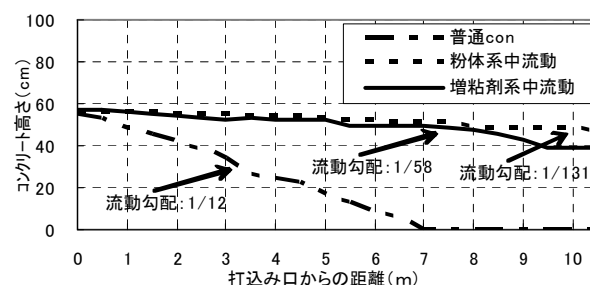


図-3 流動勾配測定結果（締固め後）

ンクリートは、粉体系中流動と増粘剤系中流動ともに 1/15 となった。また、締固め後の流動勾配は、普通 con が 1/12 であるのに対し、粉体系中流動は 1/131，増粘剤系中流動は 1/58 とほぼ水平になった。

粉体系中流動と増粘剤系中流動の流動勾配を比較すると、粉体系中流動の方が打込み時のスランプフローが大きかったことの影響により、締固め後の流動勾配が若干小さくなっているが、流動性はほぼ同等であるといえる。

流動勾配測定後に採取した試料の洗い試験結果を図-4 に示す。同図より、普通 con の場合、打込み前のコンクリートに対する粗骨材の変化率が、流動先端では 10%以下であったのに対し、粉体系中流動および増粘剤系中流動の場合には、いずれも 70%以上となった。

以上の結果より、増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートを適用することによって、標準的なトンネル天端部の 10.5m の流動距離においても、型枠パイププレート程度の軽微な振動で、充填することが可能であり、かつ、普通 con よりも均質な覆工を構築することができるものと考えられる。

(3) 実規模施工実験結果

(a) フレッシュ性状

天端模擬型枠による実規模施工実験では、吹上げ口から約 20m³ のコンクリートを打ち込んだ。このときの普通 con のスランプは 14.0～16.5 cm の範囲にあった。また、増粘剤系中流動のスランプフローは 42.5～47.5 cm にあり、繊維混入中流動のスランプフローは 40.0～44.0 cm の範囲にあった。以上の結果は、すべて規格値を満足している。

(b) 流動・充填状況

脱型枠後の仕上り状況を写真-2～5 に示す。

本実験における吹上げ口側の状況を確認すると、普通 con の場合には、写真-2 に示すように、広い範囲にわたって締固め・充填不足によるものと考えられる豆板が確認されたが、増粘剤系中流動および繊維混入中流動の場合には、写真-4 に一例を示すように、隅々まで充填され、豆板のない仕上りであった。

また、内空側の状況については、普通 con の場合、写真-3 に示すように、コンクリートが締め固められずに流動したものと考えられる跡が認められたが、増粘剤系中流動および繊維混入中流動の場合には、写真-5 に一例を示すように、そのような跡は認められなかった。

地山側にあたる背面の状況については、普通 con の場合、ブリーディングによって生じたものと考えられる軽石状の不良部分を確認されたが、増粘剤系中流動および繊維混入中流動の場合には、若干のブリーディングの跡が確認されるものの、不良箇所が認められなかった。

以上の結果より、増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートによって、一般的な覆工コンクリートよりさらに優れた覆工コンクリートを構築

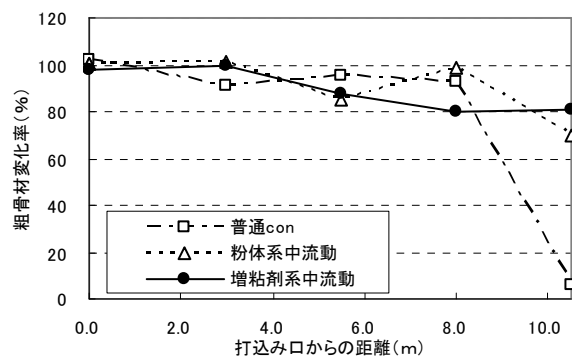


図-4 流動後における粗骨材の変化量



写真-2 普通 con の仕上り状況（吹上げ口側）



写真-3 普通 con の仕上り状況（内空側）



写真-4 増粘剤系中流動の仕上り状況（吹上げ口側）



写真-5 増粘剤系中流動の仕上り状況（内空側）

することが可能であることが確認された。

(c) コンクリート温度測定

天端部および肩部について、それぞれ吹上げ口側、中間部および棲側のコンクリート中（断面の中心部）に熱電対を設置し、打込み後からのコンクリート温度の変化を測定した結果を図-5 に示す。

天端部に着目すると、いずれのコンクリートにおいても、吹上げ口側と棲側で 2℃程度の差異が認められるものの、概ね、同程度の温度履歴が得られた。

一方、肩部に着目すると、普通 con の温度は、吹上げ側および中間部に比べて倅側の方が 5℃ 高くなった。これは、図-4 に示す流動性確認試験の結果と同様に、吹上げ口から打ち込まれたコンクリートを締め固めながら流動させる過程で材料分離が生じ、倅側の方がモルタル分の多いコンクリートになったためと推察される。

それに対して、増粘剤系中流動の温度は、吹上げ口側、中間および倅側の位置による差異がない結果となっており、均質な覆工が構築されたことが推察される。

(d) 圧縮強度試験

天端部の吹上げ口側、中間部および倅側から採取したコア (φ100) の内部を 200mm に切断し圧縮強度試験を行った結果を、図-6 に示す。同図より、いずれのコンクリートにおいても、コアの圧縮強度は、吹上げ口からの距離によらず、ほぼ同様の値となった。

前述のとおり、普通 con の場合、コンクリート表層には締め固め不足や充填不良などの不良箇所が認められているものの、天端部のコンクリートは均質であることが確認される。

(e) 超音波伝播速度測定

コンクリート硬化後の天端内側の超音波伝播速度測定の結果を図-7 に示す。ここで、超音波伝播速度は、発振子と受振子の間を 500mm に固定して行った 3 回の測定結果の平均値である。

同図より、普通 con の超音波伝播速度は、全体的に中流動コンクリートの 2 ケースよりも低い傾向にあるが、これは水セメント比の違いであると推察される。

吹上げ口からの距離と超音波伝播速度の関係に着目すると、普通 con の場合、吹上げ口から 6m 程度の距離までは、超音波伝播速度が低下傾向にあり、8m 程度で高い値を示し、10m 程度では再び低下する傾向にある。これは、天端部の施工では、倅側から締め固めを行うことができるが、倅側までコンクリートが流動してくると、倅側からの締め固めを行いにくいという施工状況に一致する傾向となっている。すなわち、普通 con の超音波伝播速度は、締め固めの程度の影響を受けており、締め固めしやすい範囲ほど、コンクリートの表層部分が密実になっていることが推察される。

一方、増粘剤系中流動および繊維混入中流動の超音波伝播速度は、ばらつきが小さい結果となっており、ほぼ均質で密実な表層部が形成されているものと推察される。

(f) 表面透気係数測定

コンクリート硬化後の天端内側の表面透気係数測定の結果を図-8 に示す。ここで、表面透気係数は、トレント法により行った 3 回の測定結果の平均値である。同図より、表面透気係数の値は、超音波伝播速度の結果と同様に、普通 con の場合にばらつきが大きく、増粘剤系中流動の場合にばらつきが認められない結果となった。

以上、(a)～(f) の結果を総括すると、本実験の範囲で

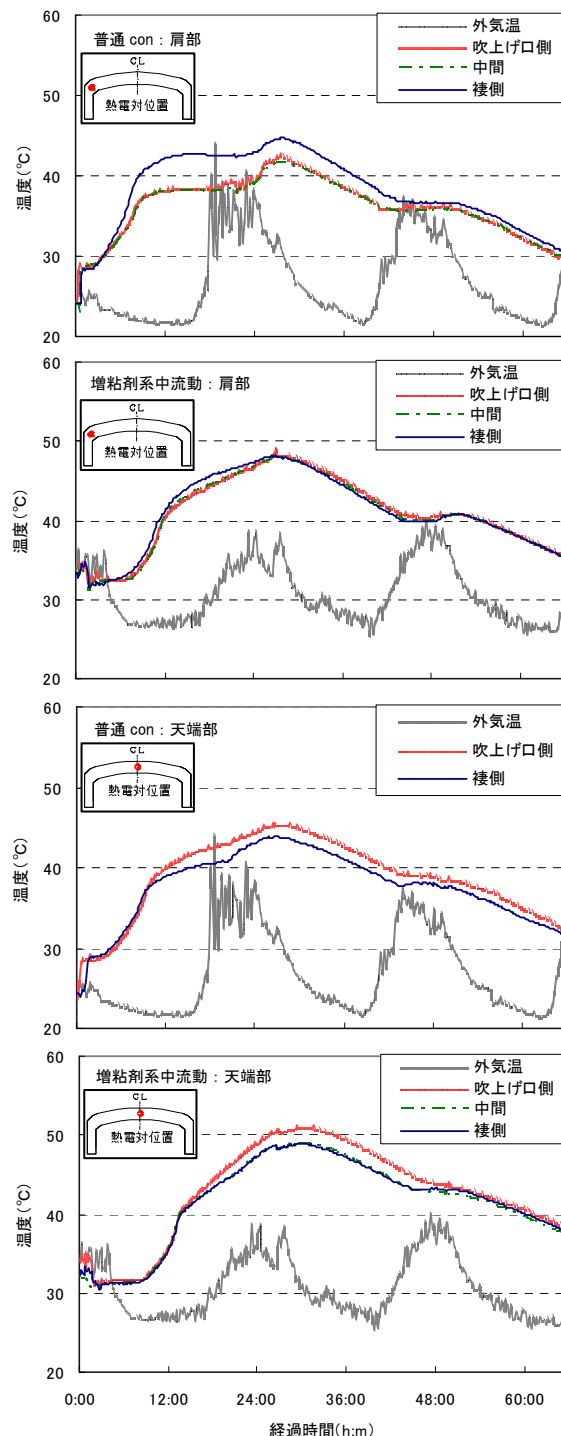


図-5 コンクリート温度

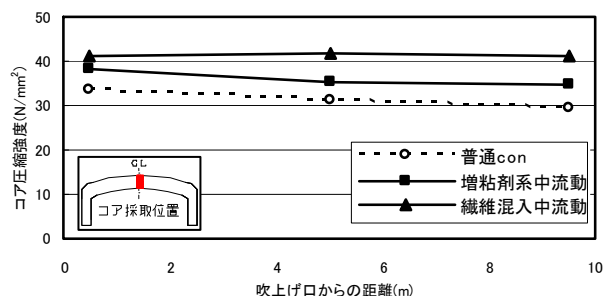


図-6 コアによる圧縮強度試験結果

は、従来の施工方法を適用した一般的な覆工コンクリートの場合、天端部の内部のコンクリートについては、強度や温度にばらつきがない均質な覆工が構築されているが、表層部については、棒状パイププレートによる締固めの影響を受けたばらつきがあり、豆板などの不良箇所の発生や、強度、物質透過性のばらつきがある可能性が考えられる。また、肩部では、締固めの程度による材料分離が生じていることが推察される。一方、増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートの場合、内部から表層まで、均質で密実な覆工が構築されているものと推察される。本実験で確認されたコンクリート表層部の品質の違いについては、凍結融解抵抗性や、凍結防止剤による遮塩性、中性化に対する抵抗性などに影響を及ぼす可能性があることが考えられる。

(g) コアによる繊維量測定

有機系短繊維を含む中流動コンクリートのコア供試体に混入していた繊維量を測定した結果を図-9 に示す。同図より、棲側においても繊維量の顕著な減少は認められず、吹上げ口側との差は 5%程度であった。このことより、有機系短繊維を 0.3Vol%混入した中流動コンクリートにおいても、優れた流動性、材料分離抵抗性および均質な剥落防止効果を有していると考えられる。

4. まとめ

増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートの適用性を検討するため、耐久性試験、流動試験および実規模施工実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤は、コンクリートの圧縮強度、凍結融解抵抗性および中性化抵抗性に影響を及ぼすものではなく、本剤を用いた中流動コンクリートは、一般的に使用されている一般的な覆工コンクリートと同等の耐久性を有している。
- (2) 増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートは、既往の粉体系中流動コンクリートと同等の流動性、充填性および材料分離抵抗性を有しており、10.5m を流動させた場合でも、均質なコンクリートを施工することができる。
- (3) トンネル覆工のセントルにスランプ 15cm の一般的な覆工コンクリートを打ち込み、棒状パイププレートで締固めを行う場合、超音波伝播速度および表面透気係数によって評価されるコンクリート表面の品質にばらつきが生じることがある。それに対し、増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートを型枠パイププレートで施工する場合、これらの表面の品質のばらつきが小さい緻密なコンクリートを構築することができる。

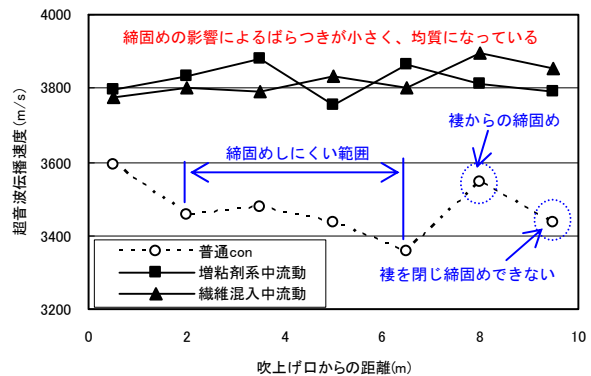


図-7 超音波伝播速度測定結果

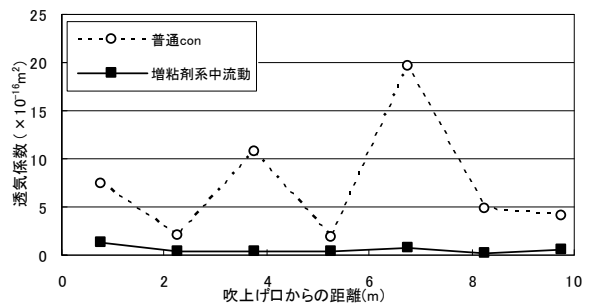


図-8 表面透気試験結果

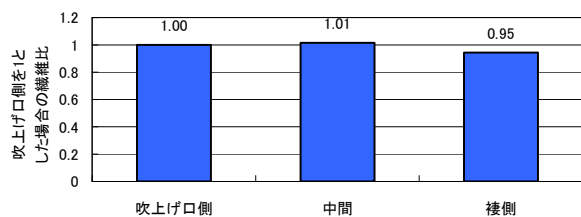


図-9 繊維量測定試験結果

- (4) 増粘成分を配合した高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートに有機系短繊維を 0.3Vol%用いてトンネル覆工を構築する場合、天端部の吹上げ口側から棲側までのコンクリート中の繊維量のばらつきは小さく、本実験の範囲では 5%以内であった。

参考文献

- 1) 城間博通, 小川澄, 佐伯徹: トンネル覆工専用中流動コンクリートの開発, 土木技術, 64 巻, 4 号, pp.49-57, 2009.4
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社: トンネル施工管理要領「中流動覆工コンクリート編」, 2010.7
- 3) 株式会社高速道路総合研究所: NEXCO 中流動覆工コンクリート技術のまとめ, 株式会社高速道路総合研究所, 2011.12