

鹿島建設技術研究所 正会員 中原 康

〃 〃 〇中里 吉明

I. はじめに

膨張性の地山におけるトンネルの施工方法は、地山の膨張の程度や速さによって異なるが、掘削直後から著しい膨張性を示す地山の施工では、覆工断面や一次覆工の方法、その施工時期などについて特別な配慮が必要となる。このような地山での一次覆工として、鋼支保工と20~30cm以上の厚さの吹付けコンクリートとを掘削直後に施工する方法がしばしば採用されているが、この方法は掘削サイクルの中で厚さの薄い吹付けコンクリートを施工するものであるため、その施工に当っては、「吹付け工法ではね返りや粉塵の発生のため作業環境が劣悪である」「吹付け工法は施工能率が低い、工期的に長期間を要する」などの問題点が残されている。筆者らはこれらの問題点の解決のため、吹付けコンクリートの持つ利点をできるだけ損うことなく、かつ欠点を解決する施工システムとして急速トンネルライニング工法(KRTL工法)を考案し、その実用化について実験検討を行なっている。

本報告では、KRTL工法で考えられるいくつかの施工システムのうち、急結性のジェットセメントを用い乾式吹付け機で施工する方式について、この施工システムの特徴、ならびにこの施工システムで施工したコンクリートの品質に関する実験の結果を報告する。

II KRTL工法の特徴と吹付け工法との比較

この施工システムは、図-1のフローシートに示すように、乾式吹付け機を用い、急結性のジェットセメントコンクリートを鋼支保工に取付けた型わくと地山の間に打込み、一次覆工を構築するものである。

この施工システムでの本工法の特徴は次のとおりである。

a ジェットセメントは急速な凝結硬化の特性を有するため、通常の使用方法では、凝結遅延剤の併用が必要条件となるが、乾式吹付け機を用いることによって、その急速な凝結硬化の特性を最大限利用した施工が可能である。

b ジェットセメントを用いることによって、コンクリートが急速に凝結硬化するため、型わくにかかる側圧は比較的小さく、型わくはせき板を鋼支保工へ取付ける程度の簡便なもので、別途の補強は不要となる。また、早期脱型も可能である。

c. 型わくを用いることによって、吹付け工法のようなね返りや粉塵の発生がなくなる。

吹付け工法と比較した場合、以上のような特徴を有するこの施工システムには、表-1のような長所短所が考えられる。

III 実験の概要

前述のとおり、この施工は極めて特殊な打込み方法によるため、この実用化に当っては、経済性の検討とともに、良好なコンクリートが施工でき、かつ一般に一次覆工で用いられている吹付けコンクリートと同等もしくはそれ以上の品質を得るための配合条件や、その配合条件における凝結特性、ならびに施工中断時の処置などについて検討しておく必要がある。実験は、これらの諸事項について、実際に乾式吹付け機を用いた屋外実験、ならびに通常の練りませ打込み方法による室内実験で行なった。

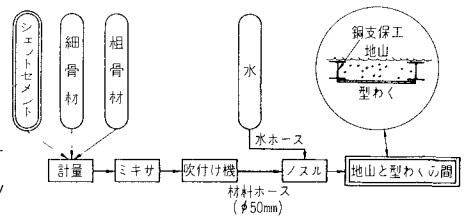


図-1 KRTL工法の施工システムフローシート

表-1 吹付け工法との比較

項目	KRTL工法	吹付けコンクリート(乾式)
はね返りによる材料ロスおよび施工能率のロス(作業時間の延長)	なし	側壁 20~40% 天井 50%
粉塵	弾 少	多い。労働基準 15mg/m ³ の2~4倍に達する。
はけ落ち	なし。軽い吹付け網を一度で押し込める	あり。一度の吹付け厚、吹付け手前、水量等に種々の制限を加える必要があり、施工上面倒となる
型枠および型枠手間	必要	不必要

IV 実験結果の概要

1. 良好なコンクリートを施工するための配合条件について

実験は、各種配合のコンクリートについて、乾式吹付け機（アリバー300）により中53cm、厚さ20cm、高さ85cmの型わくに打込みを行い、打込み中の状況、ならびに打込み後のコンクリートの状態を観察した。

この施工システムのような特殊な打込み方法の場合、良好なコンクリートを施工するための配合は、比較的砂量およびセメント量が大きく、通常の練りませ方法でスランプ20cm程度になる軟練りにする必要があり、比較的硬練りの配合では、ジャンク等の不良部の多いコンクリートとなった。

今回の結果で、この施工システムに適した配合としては $S/a=50\%$ 、 $C=400 \text{ kg/m}^3$ 、 $W=240\sim280 \text{ kg/m}^3$ 程度の配合が挙げられる。

2. 圧縮強度について

この施工システムで作製したコンクリートパネルより採取したコアの σ - ϵ 線は、図-2に示すとおり、通常の練りませ打込み（室内実験）による伏試体の σ - ϵ 線とほぼ一致し、この施工システムにおいても適正な配合で良好に施工されたコンクリートの圧縮強度は、通常の練りませ打込みによるものとほぼ同等になると考えてよいものと思われる。

一般にトンネルで用いられている吹付けコンクリートは $\sigma_p=150\sim200 \text{ kg/cm}^2$ であるが、本工法での計画配合を $W/C=60\%$ とすれば、施工時に加水量が変動し、水セメント比が10~20%増加しても、図-2の σ - ϵ 線より得られる圧縮強度は約170~200 kg/cm^2 となり、吹付けコンクリートと同等の強度が得られる。また、初期強度も吹付けコンクリートの強度を上回るものが得られる。（図-3）

3. 凝結性状、コールドジョイント部の付着について

凝結性状は配合や温度条件、使用材料などによって異なるため、型わくへの側圧や脱型可能時期は、施工断面や打込み速度をも含めた個々の現場条件に応じて検討する必要があるが、表-2の各配合のモルタルに対するプロクター貫入抵抗試験の結果によれば、加水後から終結までの時間は約10~30分となり、本工法の特徴とする型わくの簡易化や早期脱型は可能と考えられる。

このように急速に凝結硬化するため、若干の施工の中断においてもコールドジョイントが発生するので、この部分の付着について、曲げ試験で検討した。その結果、打結ぎを有するものの曲げ強度は、有しないものの80~90%以上となり、特に問題ないものと考えられる。

V. おわりに

急結性のジェットセメントを用いた本工法の施工システムの特徴、ならびに、施工したコンクリートの品質に関する実験の結果より、本工法で吹付けコンクリートと同等もしくはそれ以上の品質のコンクリートが施工可能であることを報告したため、この実際の工事への適用に当たっては、使用する型わく装置などの具体的な施工方法によって、施工の難易性なども大きく異なることとなるため、現在より簡便な型わく装置の開発などの検討を進めている。また、本工法については、ジェットセメント以外の急結材料の使用、また使用する急結材料の性状によっては、乾式吹付け機よりも施工能力の大きな湿式吹付け機やコンクリートポンプなどの使用も考えられ、これらの使用についても検討を進める予定である。

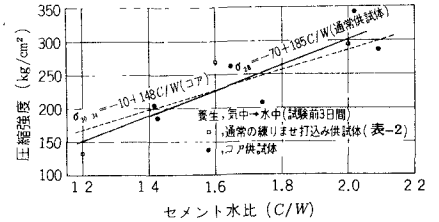


図-2 圧縮強度とセメント水比との関係

表-2. 室内実験に用いた配合

配合番号	水セメント比 W/C (%)	セメント C (kg/m³)	水 W (kg/m³)	細骨材 S (kg/m³)	粗骨材 G (kg/m³)
1	83	300	250	853	869
2	63	400	250	810	819
3	50	500	250	767	776
4	75	381	286	771	780

(注) 細骨材は、いずれも5.50%

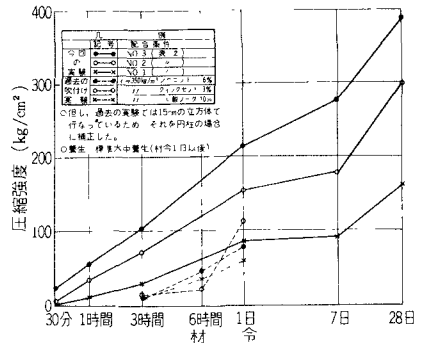


図-3 圧縮強度と枚令との関係