

転圧コンクリート(RCC)インバート工法の開発

佐藤工業 土木本部技術部 正会員 今岡 彦三
同 上 南條 忠文

1. はじめに

近年、特に国の財政構造の悪化を背景に公共工事のコスト縮減に対する要請が高まってきている。これは山岳トンネルの建設においても例外ではない。TBM(tunnel Boring Machine)によるトンネル掘削は、その施工スピードが速いことから最近特に注目を集めており、導水路のような比較的小断面トンネルの掘削を始め、今日では第二東名のような超大断面トンネルでも先進導坑の掘削にTBMが利用されるようになってきた。

しかし、施工スピードが速いというメリットとは裏腹に、TBMには次のような欠点がある。

- ①後続設備(バックアップシステム)等の関係から軌道方式となることがほとんどだが、掘削断面形状が円形のため、軌道を敷設するためにはH型鋼等の枕木をトンネル断面方向に一定間隔で設置しなければならない。このため軌道の敷設に手間がかかると同時に、二次覆工はレールや枕木等の軌道設備を撤去してからでないと実施できないため工期が長くなってしまふ。つまりTBMによるトンネル掘削と二次覆工の同時施工が不可能なのである。
- ②上記①の欠点を克服するためにインバートセグメントを使用することがある。この場合TBMのすぐ後方でインバートセグメントを設置してその上に軌道を敷設するため、掘削と二次覆工の同時施工が可能となる。しかしこの場合の欠点は経済性である。インバートセグメントは非常に高価であり建設費全体を押し上げる要因となっている。

以上のような背景から筆者らはTBMの高速掘進性をさらに生かし、なおかつ建設コストの低下を実現すべく、転圧コンクリートによるトンネルインバートの構築を提案するとともに、そのための基礎的な試験を実施したのでここに報告するものである。

表1 転圧コンクリート配合表

粗骨材最大 寸法(mm)	目標締固 め度(%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	C	S	G
13	96	37.5	40	90	240	822	1291

2. 試験概要

TBMの掘削と並行してマシンの後方でインバートコンクリートを打設するには、以下の点を満足する必要がある。

- ①後続設備や資材運搬車などの上乗荷重に耐えられるだけの初期材令時強度が得られること。
- ②TBMの掘進速度に追従できること。
- ③製品としての品質を満たすこと。

今回の試験は、特に強度面の確認を主として、吹付けコンクリート用骨材を使用した転圧コンクリートと小型締固め機械の組合わせによる転圧効果を把握するものである。

試験に用いた転圧コンクリートの配合を表1に、試験方法の略図を図1に示す。ここでは直径7mクラスのTBMを想定してインバート施工に必要な断面を地上に形成し、そこにおいて試験を実施した。

コンクリート配合と締固め機械の能力から一層あたりのコンクリートまきだし厚さは30cmとし、合計三層の敷均し・転圧により、1ブロックのインバートコンクリートを打設した。層間の打継面処理はレーキにより表面を

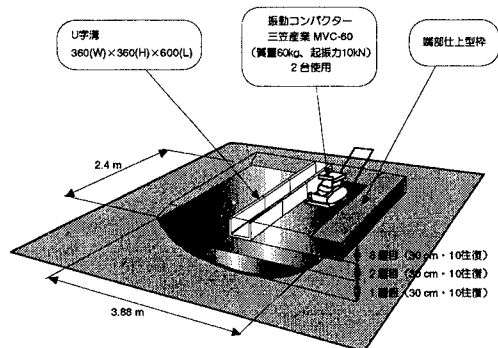


図1 試験方法略図

キーワード：TBM、RCC、インバート、転圧コンクリート

〒103 東京都中央区日本橋本町4丁目12番20号

TEL 03-3661-4794

FAX 03-3668-9484

乱す方法を用いた。

■ 試験結果 ■

打設したインバートコンクリートの一軸圧縮強度試験結果を表2に示す。これはコアを採取して供試体を作成し試験を行なった結果で、このうち材令6時間と12時間のものは試験結果から近似式を算出して推定した値である。これによると打設6時間後にはインバートコンクリート上に軌道を敷設してその上に後続設備や資材運搬車両等が載っても問題ない程度の強度が発現しているといえる。

上記のとおり強度面ではほぼ満足のいく結果が得られたが、締固め率の点からは少し検討が必要である。

3. 実施工への適用

■ 施工スピード ■

今回の試験では各層約40分程度の施工時間を要したが、実施工ではTBM後部に施工装置を配備することで1ブロック（約1.5mを想定）あたり60分以内のサイクルタイムを可能にする。

図2は筆者らが現在開発しているRCCインバートの施工装置である。このように施工装置の機械化、自動化を実現すれば、打設コンクリートの品質を確保するとともにTBMの掘進スピードに追従することが十分可能である。また安全面や経済性の面でも効果が大きい。さらに最大のメリットはTBM掘削と二次覆工の同時施工が可能になるため全体工期が短縮されることである。

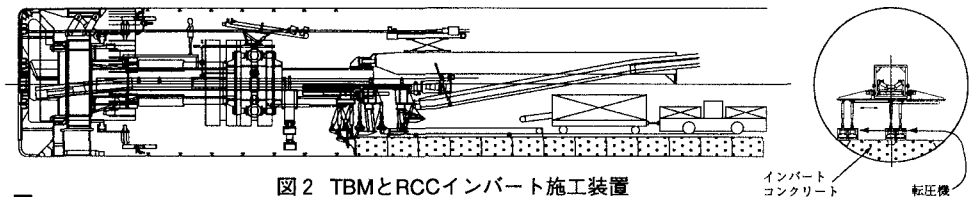


図2 TBMとRCCインバート施工装置

■ コスト ■

転圧コンクリートインバートは普通コンクリートを打設するインバートとコスト的に大差がなく、インバートセグメントと比較して1/4以下のコストで済むため、コストメリットは非常に大きい。

■ 品質 ■

転圧コンクリートは骨材の噛み合わせ効果により打設直後から強度が期待でき、初期材令時の耐荷能力に優れるという特徴を持っている。このためTBMの高速掘進にも十分追従してインバートを打設して行くことが可能となるのである。

転圧コンクリートは十分締固めればその性質は普通コンクリートと同じである。したがって普通コンクリートと同程度の品質が確保できる。ただし、96%以上の締固め率を確保するためにはコンクリート配合と使用する締固め機的能力について十分な検討が必要である。

表3にインバートセグメントと転圧コンクリートインバートの比較表を示す。セグメントは非常に高品質であるがその分コストも非常に高いものとなる。転圧コンクリートインバートは要求される品質を確保し、かつコストを最低限に押さえることができるのである。

4. おわりに

転圧コンクリートインバート工法はこれまでの「TBMはコスト的に高い」という概念を覆し、トンネル建設の急速施工と低コスト化を実現する画期的な工法であると考えている。

今後は実施工へ向けたさらなる品質向上を目指して、施工設備の開発と品質面からのコンクリートの配合設計について検討を重ねて行きたいと考えている。

表2 一軸圧縮強度試験結果

材 令	6時間	12時間	1日	7日	28日
一軸圧縮強度(MPa)	9.3	10.8	12	17	19
備 考	推定値	推定値	締固め率：91.3%		
近似式 $y=2.1311 \cdot \log(t)+12.251$					

表3 セグメントとRCCインバートの比較

	インバート セグメント	転圧コンクリート インバート
経済性	・非常に高価	・安価
施工性	・セグメント設置時の高さ調節と設置後の裏込め注入が必要で、手間がかかる。 ・重量物を取扱うため、危険作業が発生する。	・施工延長、施工形状の変更が容易に可能。 ・比較的短時間で施工が可能である。
品 質	・工場で作成できるため、高品質。	・普通。
総 合 評 価	×	○