

VI-112

吹付けコンクリートによるシールドトンネルの覆工

青木建設研究所 正会員 牛島 栄
 中部電力名古屋支店 中山 元
 青木建設名古屋支店 山本立士
 早稲田大学理工学部 正会員 小泉 淳

1. はじめに

小断面シールドトンネルの発進・到達立坑および曲線部には鋼製セグメントが使用されることが多く、耐久性を確保する目的で、コンクリートによる二次覆工が行われる。しかし、型枠支保工を用いてコンクリートを打設する従来の二次覆工方法は、工期および工費の面で負担が大きかった。そこで、型枠支保工が不要で連続的な施工が可能となる吹付けコンクリートを用いて二次覆工を施工する合理化施工について検討を行い、実施した施工事例について以下に報告する。

2. 工事概要

今回吹付けコンクリートを適用した中部電力名北東洞道新設工事の平面図を図-1に示す。吹付けコンクリートの施工区間は $R=20\sim 100\text{m}$ の曲線区間と発進・到達立坑部の計 182m で、総延長 533m の約 1/3 にあたる。施工区間中央部の 100R 部分は、両立坑から最も遠く、到達立坑上に設置したコンクリートポンプからの配管(4B 管)延長は約 280m に及ぶ。トンネル断面は、図-2に示すように、仕上がり内径が $\phi 3000\text{mm}$ で、ラス網($\phi 2.6\times\#100\text{mm}$)を設置後、 $t=200\text{mm}$ のコンクリートを吹付けた。吹付けコンクリートの設計数量は約 300m^3 で、リバウンドの関係上インバート部分は先に普通コンクリートで施工を行った。

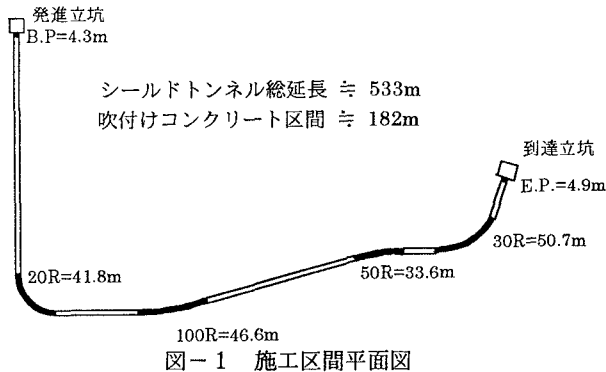


図-1 施工区間平面図

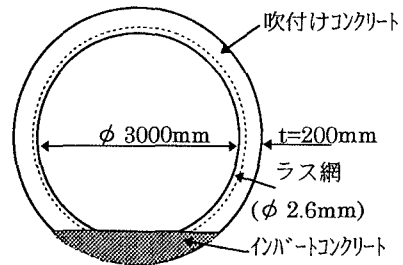


図-2 施工断面図

3. 使用材料および使用機械

吹付けコンクリートの使用材料を表-1に示す。トンネル内は狭隘な作業環境であるため、急結剤は低粉塵で皮膚に接触してもアルカリ焼け等の心配がない、アルカリフリーの液体急結剤を用いた。

コンクリートの配合を表-2に示す。使用機械は、コンクリートの長距離圧送が可能で低リバ

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.15
細骨材	笠原産山砂, 表乾比重 2.56, 粗粒率 2.80
粗骨材	小野田産碎石, 表乾比重 2.61, $G_{\max} 10\text{mm}$
高性能減水剤	主成分: ポリカルゴリル系誘導体, 比重 1.03~1.07
液体急結剤	主成分: 水溶性アルミニウム塩, 比重 1.44, pH 2.5~3

表-2 コンクリートの配合

スラフ厚 (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				高性能減水剤 (C×%)
				W	C	S	G	
15±2	4.5±1.5	49.0	55	196	400	891	727	0.6

キーワード: シールドトンネル、吹付けコンクリート、アルカリフリー急結剤、低リバウンド、低粉塵

〒300-12 青木建設 茨城県つくば市要 36-1 TEL 0298-77-1114 FAX 0298-77-1137

〒460 中部電力 名古屋市中区千代田 2-12-14 TEL 052-269-1355 FAX 052-269-1366

ウンド高効率な SCHWING 社のポータブル吹付け機械（BPN 300RE ポンプ圧送式）と急結剤の定量供給装置（モノポンプ）および $12\text{m}^3/\text{min}$ の圧縮空気が供給可能なコンプレッサーを用いた。

4. 施工実績

（１）施工能力：コンクリートの吹付け速度は $6\sim 10\text{m}^3/\text{hr}$ で、最大進行延長は $22\text{m}/\text{日}$ （吹付け量 $30\text{m}^3/\text{日}$ ）であったが、配管およびリバウンド処理の関係上、平均進捗延長は約 $9\text{m}/\text{日}$ （約 $14\text{m}^3/\text{日}$ ）であった。

（２）急結剤使用量：スプリングラインから上 45 度までの上向き吹付けにおいては、急結剤使用量はセメント重量の約 7% で十分であった。しかし、それ以上の上向き吹付けとなった場合は、厚さ 200mm を一度に吹き付けるとコンクリートの剥落が認められ、約 10% 程度まで使用量を増加させる必要があった。トータル数量から計算した使用量の実績は 8.9% であった。

（３）リバウンド率：幅 1m 区間における跳ね返ったコンクリートの重量を計量して、設計数量 ($3740\text{kg}/\text{m}$) からリバウンド率を算出した結果を表-3 に示す。リバウンド率は、最大で 5.6%、6 回の平均で 4.5% であった。

表-3 リバウンド試験結果

吹付け 区間	リバウンド量 (kg/m)	リバウンド率 (%)
E.P.	220	5.6
30R	150	3.9
50R	180	4.6
100R	120	3.1
20R	210	5.3
B.P.	175	4.5
平均	176	4.5

（４）浮遊粉塵濃度：ピエゾバランス粉塵計を用いて、吹付け位置から 5m 離れ、高さ 1.5m の位置で、施工中に 6 区間の浮遊粉塵濃度測定を実施した。施工中は、換気設備を使用（送風＋自然換気）していたものの、浮遊粉塵濃度は平均で約 $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ と非常に少なかった。

（５）コンクリート強度：ブルアウト試験による吹付けコンクリートの初期強度試験結果を図-3 に、ベースコンクリートおよび吹付けコンクリートの中長期圧縮強度試験結果を図-4 に示す。図-3 の初期強度試験は、急結剤の使用量が天端吹付け時と側部吹付け時により変えていることも影響して、施工区間によりバラツキが生じたものと思われる。6 回のデータを平均すると、3 時間強度が $1.6\text{N}/\text{mm}^2$ 、6 時間強度が $3.0\text{N}/\text{mm}^2$ であった。中長期強度は、全ての区間のデータが出そろっていないものの、基準となる材齢 28 日における強度 $21\text{N}/\text{mm}^2$ は、得られるものと思われる。材齢 7 日における吹付けコンクリートとベースコンクリートの圧縮強度は、ほぼ同等であったが、材齢 28 日においては、吹付けコンクリートの強度はベースコンクリートの約 82% に留まっていた。これは、事前に行った吹付け施工実験[1]で得られた強度低下率 80% とほぼ同じ数値であった。

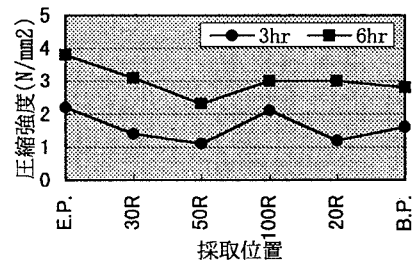


図-3 初期強度試験結果

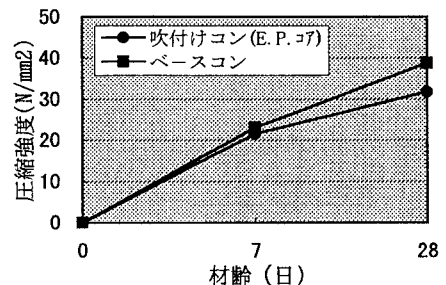


図-4 中長期圧縮強度試験結果

（６）仕上り状況：鋼製セグメントのリブからのかぶりが約 3cm 程度と薄かったため、リブの部分で若干の盛り上がりが見られた。表面を平滑に仕上げるためには、最低 5cm 程度のかぶりが必要となってくるものと思われる。

5. まとめ

今回適用した吹付けコンクリート工法によれば、吹付け機械の搬入が困難な小断面トンネルにおいても効率の良い二次覆工が可能となり、リバウンド率および発生粉塵量も大幅に低減できることがわかった。

[参考文献]

[1] 酒井芳文、木村正孝、藤村満夫、牛島栄：高性能吹付けコンクリートシステムを用いた施工実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、1997(投稿中)