

大断面シールド工事における内部構築工（その1）側壁

大成建設(株)東京支店 正会員 足立 英明 大成建設(株)関西支店 正会員 吉田 圭吾
 大成建設(株)東京支店 正会員 安藤 哲人 大成建設(株)土木本部土木設計部 正会員 ○木脇 太郎
 大成建設(株)東京支店 正会員 笠井 和俊

1. はじめに

東京外かく環状道路本線トンネル（北行）大泉南工事（以下、「本工事」という）は、トンネル外径 15.8m の大断面シールドにより、約 7km の道路トンネルを構築するものである（図 1）。この用途から、トンネル掘進工およびセグメント組立工に加えて、道路を形成するための内部構築工が必要となる。ここで、本工事では工期短縮のために、トンネル掘進・組立工と内部構築工の二つの工種の同時施工を特徴としている。ただし、一方の工程がトラブル等により中断した場合、もう一方の工種にも影響を及ぼし、双方に工程遅延が生じることから、最も施工ロスの発生頻度が高い内部構築工の側壁工について、そのリスクを低減する対策を立案して実行した。本稿では、この一連の検討と計画および施工結果について報告する。



図 1 完成イメージ

2. 構造概要

内部構築工の概要を、図 2 に示す。内部構築工は、RC また PC からなるインバート、側壁、中壁および床版の主要 4 部材で構成される。このうち、インバート、中壁および床版の主部材は PCa 製品であることに対し、側壁は、トンネル線形と道路線形の変化に対応するために、現場打ちの RC 構造（高さ $h=1,863\text{mm}$ 、幅 $b=1,326\text{mm}$ 、延長 $l=19.2\text{m/BL}$ ）としている。

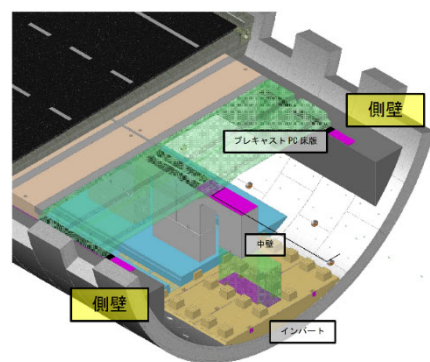


図 2 内部構築工

3. 側壁施工の課題

一般に、工場製品である PCa 部材の組立よりも、現場打ちコンクリート打設の方が施工ロスの発生頻度は高い。また、トンネル坑内での施工であるゆえ、物流に大きな制約がある。さらに、側壁工の進捗が後続の中壁・床版設置工に直接影響を与えることから、計画工程通りの進捗が求められる。これら特殊な条件下での施工において、以下の 2 点が課題となった。

1：温度ひび割れの抑制対策

側壁は部材厚が 50cm 以上の壁であり、下端をセグメントに拘束されている。よってマスコンクリートに該当し、温度ひび割れに対する照査が必要となる。一方、トンネル内の圧送に必要な流動性を確保すると、セメント量が多い配合となり、温度ひび割れの発生リスクが高くなる。ゆえに、両者を満足するバランスで配合計画を実施する必要がある。

2：長距離圧送のリスクを考慮した計画

側壁コンクリートの圧送概念図を、図 3 に示す。施工済みの床版上に設置された定置式コンクリートポンプから打設位置までの最大圧送距離は、約 700m（水平換算距離：約 840m）となる。一般に 300m 程度以上の圧送は長距離圧送に該当することから、スランプの低下やこれに伴う配管閉塞の防止対策が必要となる。

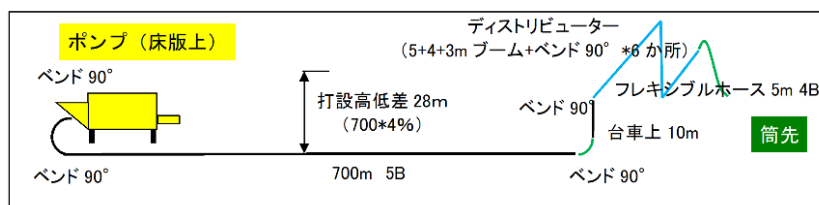


図 3 側壁コンクリート 圧送概念図

キーワード 道路トンネル、シールド、内部構築、側壁、マスコンクリート、長距離圧送

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株)東京支店 TEL 03-3348-1111（大代表）

4. 対策と検証

1：材料の選定と解析による検証

はじめに、目標とするひび割れ指数およびひび割れ幅を設定した。側壁はトンネル坑内に設置する部材であり、水密性や気密性に対する高い要求はない。そこで、目標ひび割れ指数は 1.0 以上（ひび割れの発生確率：50%以下）、目標ひび割れ幅は 0.2mm 以下に設定した。

この目標を満足するように、①低発熱型セメントの採用、②石灰岩骨材の指定、③ひび割れ誘発目地（@3.2m）設置、④ひび割れ防止鉄筋の追加配置の 4 つの対策を講じた。対策後の仕様で温度応力解析を実施した結果を、図 4 に示す。ひび割れ指数 $I_{cr}=1.23$ 、ひび割れ幅 $W_c=0.17$ となり、上記の対策で目標値を満足することを確認した。

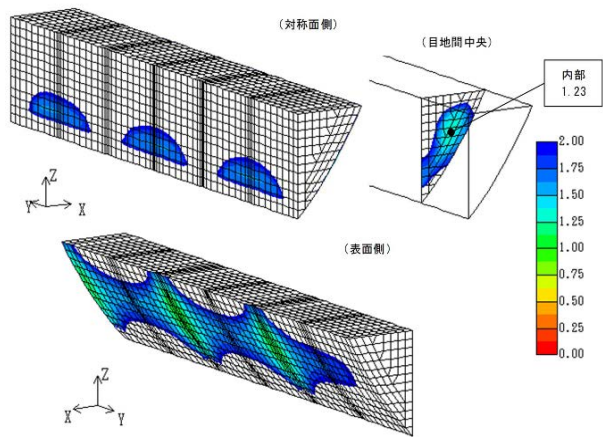


図 4 最小ひび割れ指数分布図

2：配合選定、助剤追加と実証実験による検証

はじめに、長距離圧送にあたり単位セメント量を 350kg/m³ 以上とした上で、2 種の配合（配合Ⅰ：30-18-20L，配合Ⅱ：30-21-20L）を立案した。配合表を、表 1 に示す。また、圧送に伴うスランプロスの低減やポンパビリティーの改善のために、ポンプ圧送助剤（レオパック PA）を添加することにした。

表 1 配合表

(kg/m ³)	セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
配合Ⅰ：30-18-20L	368	167	854	940	3.680
配合Ⅱ：30-21-20L	379	172	886	883	3.980

次に、上記の仕様を確認するために、本施工に先立って実物大の長距離圧送試験を実施した。試験において、各機材は本施工で使用するものを用いたが、試験場所の制約から、配管のみ水平換算距離をあわせるように敷設して実施した。試験項目とその結果を表 2 に示す。配合ⅠおよびⅡに対して、Case1：300m 圧送（助剤なし）、Case2：500m 圧送（助剤 1 体添加）、Case3：840m 圧送（助剤 2 体添加）の 3 ケースを実施し、各ケースにおける筒先から採取されたコンクリートの性状を評価した。なお、合否の判定は、最小スランプ（12.5cm）以上であることを基準とした。実験の結果、配合Ⅰでは、Case2 で配管の閉塞が確認され、その他のケースにおいては、最小スランプを下回る結果となった。一方、配合Ⅱでは、すべてのケースにおいて最小スランプを上回る結果となった。この結果から、最適な配合と圧送距離に応じた助剤添加量を確認して、決定することができた。

表 2 試験項目と結果（スランプ）

	配合Ⅰ	配合Ⅱ
	30-18-20L	30-21-20L
Case1：300m圧送（助剤なし）		
圧送前	19.0cm	21.5cm
圧送後	9.5cm	17.5cm
判定	< 12.5cm…NG	≧ 12.5cm…OK
Case2：500m圧送（助剤1体）		
圧送前	18.5cm	22.5cm
圧送後	一時閉塞	16.0cm
判定	***	≧ 12.5cm…OK
Case3：840m圧送（助剤2体）		
圧送前	22.5cm	23.0cm
圧送後	9.0cm	18.0cm
判定	< 12.5cm…NG	≧ 12.5cm…OK

5. 結果

上記の仕様で本施工を実施した結果、コンクリート圧送時に配管閉塞等の問題が生じることはなく、その性状も最小スランプを下回ることにはなかった。また、養生完了後の出来形検査および初期点検において、重大な欠陥となるひび割れ等の損傷は確認されず、良質な構造物を構築することができた。今後も同様に安定した施工を継続するとともに、施工進捗の向上を目指して工事を進めていきたい。