

# 覆工コンクリートにおけるひび割れ誘発目地の形成と効果に関する実大実験

齋藤 隆弘<sup>1</sup>・浜田 元<sup>2</sup>・小野 緑<sup>3</sup>・張 志瑄<sup>4</sup>・真下 英人<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社奥村組 技術研究所 (〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387)  
E-mail: takahiro.saitoh@okumuragumi.jp

<sup>2</sup>正会員 株式会社奥村組 技術研究所 (〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387)  
E-mail: hajime.hamada@okumuragumi.jp

<sup>3</sup>正会員 株式会社奥村組 技術研究所 (〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387)  
E-mail: midori.ono@okumuragumi.jp

<sup>4</sup>正会員 株式会社奥村組 東日本支社土木技術部 (〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1)  
E-mail: chihhsuan.chang@okumuragumi.jp

<sup>5</sup>正会員 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)  
E-mail: mashimo@cmi.or.jp

覆工コンクリートの急速施工を実現するため、通常と同程度の打設時間で、施工スパン長を通常の10.5m から 18m 以上に延長する工法の開発に取り組んだ。本工法は施工スパンが長くなるため、ひび割れ発生リスクが増加することが懸念された。このため、打設前にセントル中央部に金属製の目地板を設置し、打設後のこの板を引き抜くことで目地を形成して、ひび割れ発生リスクの低減を図る方法を採用した。この方法の適用性・有効性を確認するため、実大施工実験を行い、目地板がスパン中央部にあっても天端部にコンクリートを確実に充填できること、コンクリート硬化後に目地板の引抜きが容易に行えること、目地周辺のコンクリートを損傷しないこと、目地の形成によりひび割れを誘発できることを確認した。

**Key Words:** concrete lining, long span tunnel formwork carriage system, crack-inducing joint, full-scale construction experiment

## 1. はじめに

覆工コンクリートの急速施工 (月進 200m 程度) を実現するため、通常と同程度の打設時間と 2 日に 1 回の打設サイクルを確保しつつ、施工スパン長を一般的な 10.5m から 18m 以上に延長する工法 (以下、ロングスパンセントルによる施工法) の開発に取り組んだ<sup>1)</sup>。

本施工法では、1 施工スパン長が通常よりも長くなるため、覆工コンクリートの温湿度変化に伴うひび割れ発生リスクが増加する。そこで、ひび割れ発生リスクを通常の施工と同等程度まで低減させるため、中間部にひび割れ誘発目地を設ける方法を採用した。

従来のひび割れ誘発目地形成方法として、カッター切断による手法がある。ただし、セントル脱型後の施工となるため、打設後 2 日以上経過した時点での切断となる可能性がある。この場合、コンクリート温度の低下により、切断前に覆工にひび割れが発生する恐れがあると

もに、切断用の足場などが必要となる。このため、本開発では、打設前にセントル中央部に目地板を設置し、コンクリートの打設・硬化後の温度低下が顕著になる前に目地板を引き抜くことで、トンネル周方向に連続した目地を形成する方法を考案した。図-1 に施工概要を示す。

この方法では、①目地板が流動障害とならず覆工天端部の充填性が損なわれないこと、②目地板引抜きが容易に行えること、③目地周辺のコンクリートを損傷しないこと、④形成された目地によりひび割れが誘発できること、の 4 点が課題となる。今回、これらの課題の検証を目的として施工技術総合研究所の模擬トンネル (断面積 78m<sup>2</sup>, 長さ 80m) にて実大施工実験を実施したので、その結果について報告する。

## 2. 実大施工実験の概要

(1) 実験設備

a) 模擬トンネルおよび実験用セントル

模擬トンネルは2車線の道路トンネル相当の規模であり、巻厚50cmのトンネル部と最小厚さ20cmの底盤コンクリートからなり、全長は80mである。

実験用セントルの平面図を図-2に示す。実験用セントルの延長は9.5mとし、スパン中央に目地板を配置する構造とした。なお、実験で検証する課題は、目地部に関わるものであり、実験回数を確保するためロングスパンセントルで想定するスパン長の半分程度の延長とした。

目地板を挟み妻型枠側、既設部とラップする側（以後、ラップ側と称す）の両側の打設空間にコンクリートを同時に打ち込めるように、コンクリート配管をセントル中央部とラップ側の2系統配置した。また、左右同時打設を可能とするため、セントル内に分岐管を設置した。

b) 目地板

表-1に目地部に設けた目地板の仕様、図-3に目地板の構造、図-4に目地板の配置を示す。目地板は、ハの字型と逆ハの字型を交互に配置することにより、隣り合う目地板同士を設置・引抜き時の干渉を回避した。また、

作業性を考慮し、目地板の円周方向の延長を最大780mmとした。この結果、本実験では全周で33枚の目地板を使用し、連続した目地を形成できるようにした。

一般的に、ひび割れ誘発目地の断面欠損率を50%程度以上とすることで、確実にひび割れを誘発できる場合が多いとされている<sup>2)</sup>。これに基づき、一般的な覆工の巻厚(30cm~40cm)を想定し、目地板のコンクリートへの最大挿入深さ200mmを基本として、断面欠損率の違いによるひび割れ誘発の違いを確認する目的で100mmのケースも設定した。また、図-3に示すように目地板を設置する箇所には、あらかじめ鋼製面木(高さ50mm)を設置し、その間に目地板を挿入する構造とした。

c) 目地板付着防止薬剤

コンクリート硬化後の目地板引抜きに要する力を低減するとともに、目地板引抜き時における目地周辺のコンクリートの損傷を防ぐ必要がある。付着防止薬剤を用いることで、コンクリート硬化後も目地板を容易に引き抜き、周囲のコンクリートの損傷を回避できると考えられる。この薬剤は、水分との接触に伴い膨潤・ゲル化し、目地板とコンクリートの付着を防ぐ効果がある。これを

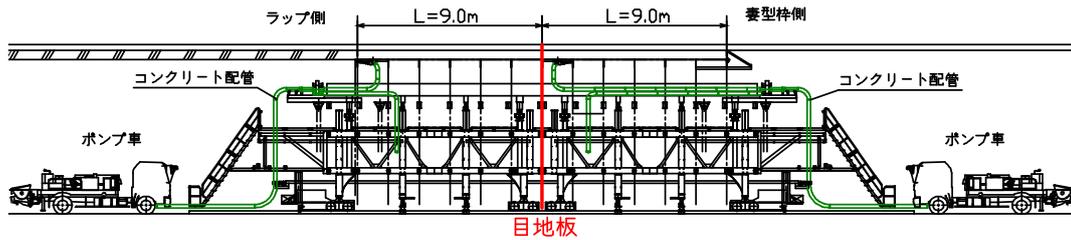


図-1 ロングスパンセントルによる施工 (L=18mの場合)

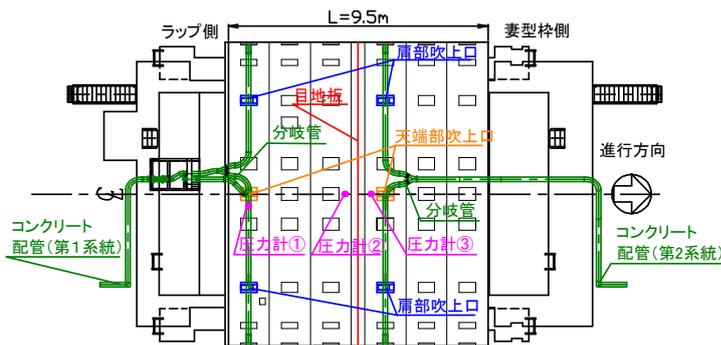


図-2 実験用セントル平面図

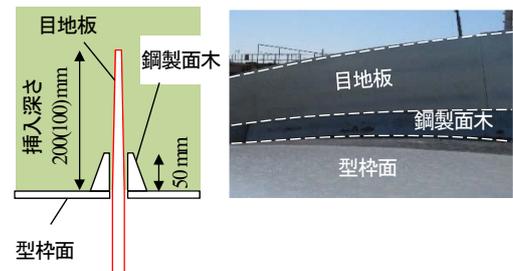
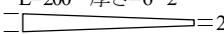
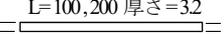


図-3 目地板の構造

表-1 目地板の仕様

目地板	断面形状 (単位: mm)
挿入深さ200mm テーパーあり アルミ	L=200 厚さ=6-2 6  =2
挿入深さ100,200mm テーパーなし 鉄	L=100,200 厚さ=32 32  =32
挿入深さ100mm テーパーあり 鉄	L=100 厚さ=6-2 6  =2

円周方向の長さ: 最大780mm

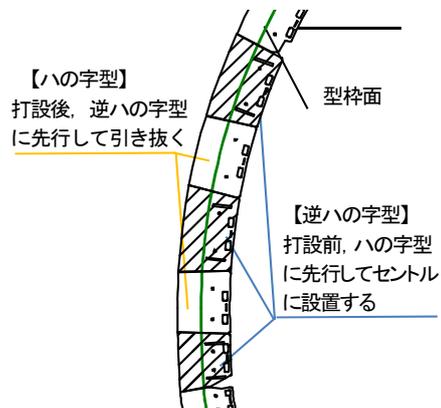


図-4 目地板の配置

目地板に塗布、乾燥させた後、目地板をセトルに設置し、コンクリートを打設した。

## (2) 実験内容

### a) 実験ケース

実験ケースを表-2 に、コンクリートの配合を表-3 に示す。Case1 は、目地板を設置せず、ラップ側の吹上口のみを使用して打設したケースである。Case2 から Case6 は、目地板を設置し、目地板の種類、補強鉄筋の有無、コンクリートの配合、天端部の打設方法を変えたケースである。

### b) 天端部の打設手順

スパン中央に設置した目地板がコンクリートの流動・充填を阻害しない天端部の打込み方法を検証するため、天端部充填において以下に示す3種類の打込み方法を試行した。天端における覆工の巻厚は30cmである。

- (i) ラップ側の天端吹上口のみを使用して打設 (Case1, Case2, ただしCase1 は目地板の設置なし)
  - (ii) ラップ側と中央部の2か所の天端吹上口から同時に圧入打設 (Case3)
  - (iii) ラップ側と中央部の4か所の肩部吹上口から同時に圧入打設 (Case4, 5, 6)
- (i), (ii) は普通コンクリートを使用したケースで、

(iii) は、中流動コンクリート、高流動コンクリートを使用したケースで実施した。(i), (ii) では、伸縮パイプレータ (φ40mm, @1.5m, 2条) を用い、天端部を締め固めた。(iii) の中流動コンクリートを用いたCase4, 6では型枠パイプレータを用いて締め固め、高流動コンクリートを用いたCase5では、締め固めを行っていない。(ii), (iii) における天端部の充填方法を表した断面図を図-5に、(ii) における天端部の打設順序を表した縦断面図を図-6に示す。

### c) 課題の検証方法

各課題ごとに以下の手順で検証を行った。

- ① 天端部コンクリート充填性については、打設中は、コンクリートの流動性状や締め固め・充填状況を目視観察するとともに、圧力計や充填検知センサーを用いて、不可視部の充填状況を観測した。脱型後には、目視観察と打音検査を行うとともに、覆工天端部背面の空洞の有無を確認するため、電磁波レーダー探査とコアボーリングを行った。
- ② 目地板の引抜きについては、原則として打設翌日に実施し、目地板1枚ごとに引抜き荷重を測定した。
- ③ 目地部のコンクリートの品質について、ひび割れ誘発目地部では、側壁部と天端部においてコア採取を行い、目地部とバルク部 (目地から離れたコン

表-2 実験ケース

Case	コンクリート種	補強鉄筋	有無	目地板						
				種類						
				挿入深さ(mm)		厚さ(mm)		材質		
左	右	左	右	左	右					
1	普通コンクリート(21-15-40N)	無筋	なし	-	-	-	-	-	-	-
2	普通コンクリート(21-15-40N)	無筋	あり	200	-	6-2	-	アルミ	-	-
3	普通コンクリート(21-15-25N)	有筋	あり	100	-	6-2	3.2	鉄	-	-
4	中流動コンクリート(繊維入り) (24-21-20N)	有筋	あり	200	-	6-2	3.2	アルミ	鉄	-
5	高流動コンクリート (40-60-20N)	有筋	あり	200	100	-	3.2	鉄	-	-
6	中流動コンクリート(繊維なし) (24-21-20N)	無筋	あり	200	-	6-2	3.2	アルミ	鉄	-

※表中、目地板の欄で、左・右は、セトルの進行方向に対する表記である。  
補強鉄筋は、主筋D19@200mm、配力筋D16 @300mm

表-3 コンクリートの配合

配合名	W/C %	s/a %	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						非鋼繊維 %/Vol	備考
			セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤	水和剤		
21-15-40N	58.5	40.5	265	155	763	1129	2.65	-	最大骨材径 40mm(無筋) Case1,2	
21-15-25N	58.5	46.9	282	165	864	986	2.82	-	最大骨材径 25mm(有筋) Case3	
24-21-20N	50	54.3	350	175	956	811	4.20	0.3	中流動(繊維入り) Case4	
24-21-20N	50	54.3	350	175	956	811	4.20	-	中流動(繊維なし) Case6	
40-60-20N	40.5	54.3	433	175	919	779	5.85	-	高流動(自己充填ランクII) Case5	

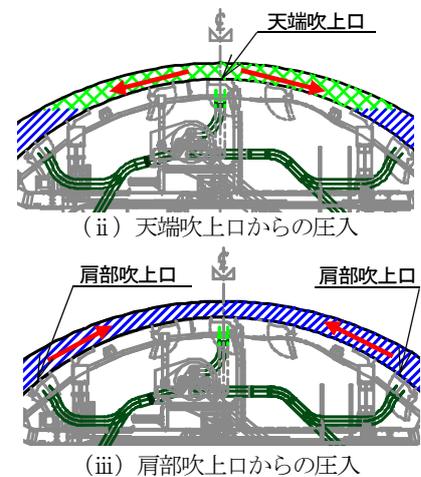
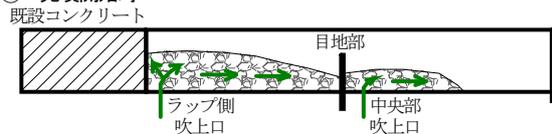
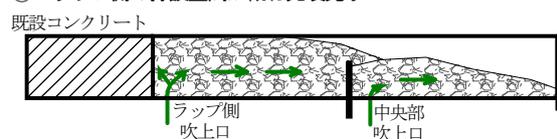


図-5 天端部充填方法

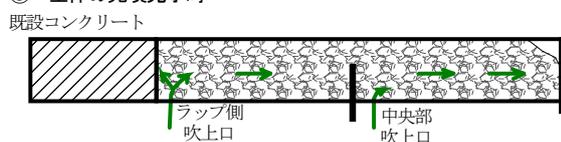
#### ① 充填開始時



#### ② ラップ側の打設空間が概ね充填完了



#### ③ 全体の充填完了時



ラップ側空間の打設を妻型枠側より先行させながら、最終充填時まで両方の吹上口を使用

図-6 天端部打設順序 (Case3, (ii) の打設方法)

クリート内部)において水銀圧入式細孔径分布測定を行った。脱型後の目視観察では、コンクリートの流動性状、打設したコンクリートの仕上がり状況、目地板を引き抜いた目地周りの欠損やひび割れの有無を確認した。なお、目地の一部分では、目地形成面を露出させて観察し、テストハンマー試験を実施した。

- ④ 形成した目地によるひび割れの誘発については、誘発目地背面(底盤から50cmの高さ)に、ひずみゲージを貼り付けた鉄筋(D10)をコンクリートに埋設し測定するとともに熱電対を防水シート面に取り付け、コンクリート温度を測定した。脱型後には、形成した目地を挟んで変位計を設置し、目地部の変位を測定した。写真-1にひずみ計測用鉄筋、写真-2に変位計の設置状況を示す。また、ひび割れ誘発目地部で採取したコアにより、ひび割れ誘発状況を確認した。

### 3. 実験結果

#### (1) 天端部の充填性

天端部の打設は、前述の3種類の打込み方法((i)~(iii))を採用しており、それぞれの方法において天端部充填時の型枠に加わる圧力を比較するとともに、充填状

況を充填検知センサと目視により確認した。図-7~図-9に打設時に計測された天端部圧力を示す。各圧力計の位置は図-2に示している。なお、(iii)の打込み方法の代表例として、Case6の結果を示した。

(i)の打設方法(普通コンクリートを使用し、ラップ側の吹上口のみから打設)を採用し、目地板の挿入深さが20cmであるCase2では、図-7に示すように充填完了時に、目地板のラップ側(圧力計②)および吹上口に近い箇所(圧力計①)の圧力が著しく上昇した。この結果、セントルの許容圧力(80kPa)を超えるだけでなく、目地板の前後(②と③)での圧力差が75kPa程度となり、目地板に著しい偏圧が作用し変形が確認された。一方、同じ打設方法で目地板を設置していないCase1では、最大圧力は74.8kPaであり80kPa以下に収まった。

(ii)の打設方法(普通コンクリートを使用し、充填の最終段階でラップ側と中央部の吹上口を併用し打設)を採用したCase3では、図-8に示すように最大圧力は30kPa以下と比較的低い圧力値でコンクリートを充填でき、目地板前後の圧力差は小さく、目地板の変形も見られなかった。

(iii)の打設方法(中流動コンクリート、高流動コンクリートを使用し、ラップ側と中央部の4か所の肩部吹上口から同時に圧入し打設)を採用したCase6では、図-9に示すように最大圧力は20kPa以下とさらに低い圧力値でコンクリートを充填でき、目地板前後の圧力差はほと

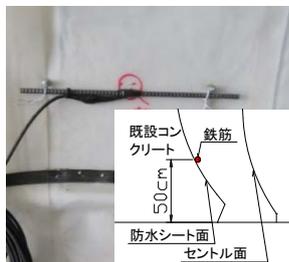


写真-1 ひずみ計測用鉄筋



写真-2 目地部変位計



写真-3 天端部のコア抜き後の内部

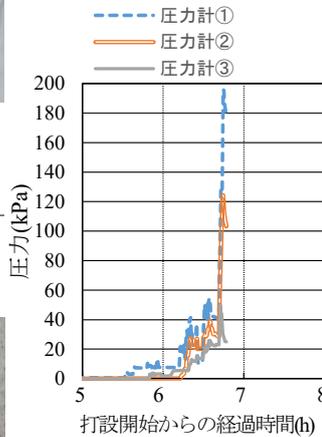


図-7 天端部の圧力(case2)

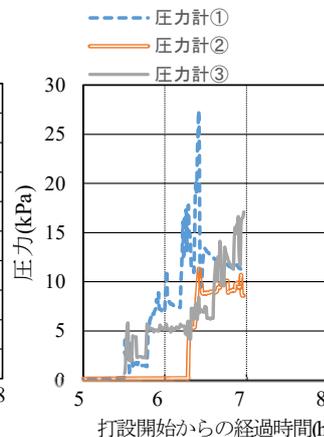


図-8 天端部の圧力(case3)

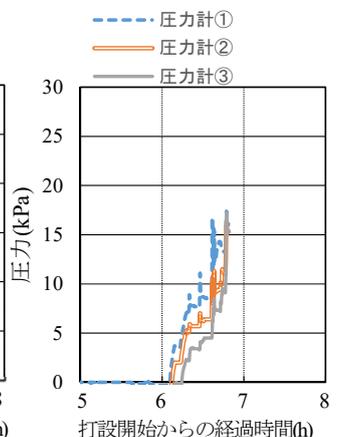


図-9 天端部の圧力(case6)

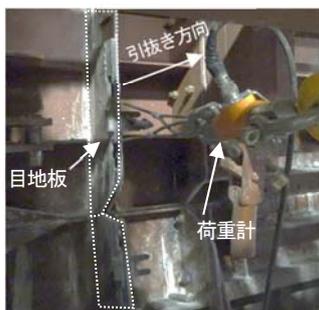


写真-4 目地板引き抜き状況

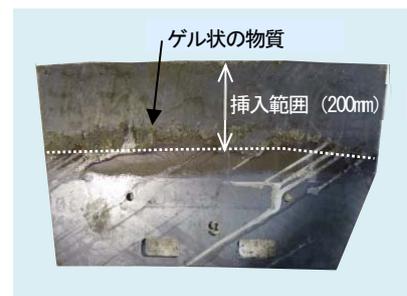


写真-5 引抜き後の目地板

んどなく、目地板の変形も見られなかった。

この結果から、天端部充填で、ラップ側の吹上口のみを用いると、目地板が流動障害となり過剰な圧力が発生するのに対し、2か所の吹上口を併用することで、目地板の流動障害に伴う過剰な圧力の発生を回避できることが確認された。また、中流動コンクリート、高流動コンクリートを使用した場合、肩部吹上口から天端部まで、配管を切り替えることなく完全充填が可能であることを確認した。

写真-3にCase5における天端目地部のコア抜き後の内部状況を示す。目地板部でも防水シートまでコンクリートが充填されていることが確認できた。電磁波レーダーによるトンネル縦断方向および目地沿いの連続した探査の結果を含め、目地の挿入深さに関わらず、いずれのケースでも天端部において完全に充填されていることを確認できた。

## (2) 目地板の引抜き

写真-4に目地板の引抜き状況を、写真-5に引抜き後の目地板の状況を示す。引抜き後の目地板には、前述の付着防止薬剤が吸水膨張し、ゲル化したものが付着していることから、付着防止薬剤が想定通り機能しているといえる。

図-10に各ケースにおける目地板の引抜き荷重を示す。Case4を除き、引抜き荷重は概ね3kN以下であり、打設完了後から22時間程度までは、経過時間に依存しないことがわかる。また、Case4では、他のケースと比較して大

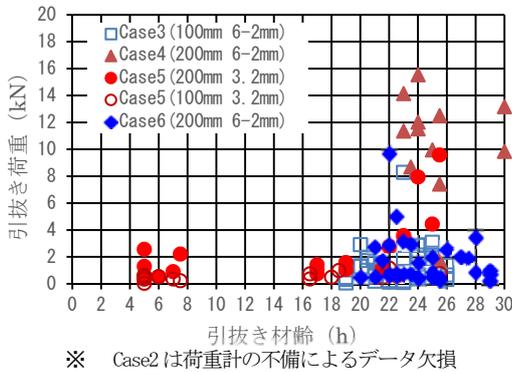


図-10 各材齢における引抜き荷重

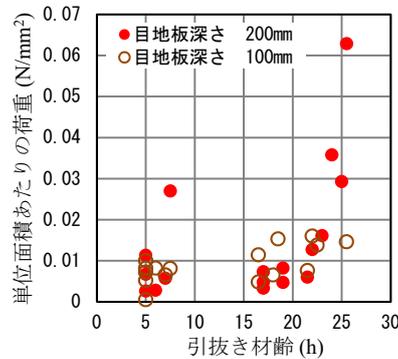


図-11 単位面積あたりの引抜き荷重(Case5)



写真-6 目地部の仕上がり



写真-7 目地露出面 (Case2)

きな荷重を要しているが、コンクリートへの繊維の混入により目地板とコンクリートの摩擦抵抗が増大したこと、付着防止薬剤が剥がれやすくなったことが要因と考えられる。本実験では、鉄、アルミの2種類の材質の目地板を使用した。材質による引抜き荷重への影響は確認できなかった。また、目地板のテーパの有無による引抜き状況の違いとして、テーパがある場合は、目地板が少しでも動けばその後は簡単に引き抜けるのに対し、テーパがない場合は、目地板が動いた後も完全に引き抜けるまで、同程度の引抜き荷重を必要とした。

Case3, Case5, Case6では、コンクリートの水セメント比が異なり材齢18時間での圧縮強度が1.8N/mm<sup>2</sup>~6.9N/mm<sup>2</sup>と差異があるにもかかわらず、引抜き荷重はほぼ同等の値を示している。このことから、高流動コンクリートのように、水セメント比が小さく若材齢時の圧縮強度が大きいコンクリートを使用した場合でも、普通コンクリートと比較して特別な配慮は不要であるといえる。

## (3) ひび割れ誘発目地周辺のコンクリートの品質

図-11に、Case5における、目地板単位面積あたりの荷重と引抜き材齢との関係を示す。この荷重は、引抜き荷重を目地板がコンクリートと接触している部分の面積で除することにより算出した。引抜き材齢が22時間となるまでは、単位面積あたりの引抜き荷重は一部を除き0.02N/mm<sup>2</sup>以下であり、目地板の深さによる違いは見られない。しかしながら材齢22時間を超えると、目地深さが200mmでは0.03 N/mm<sup>2</sup>以上の数値を示しており、100mm

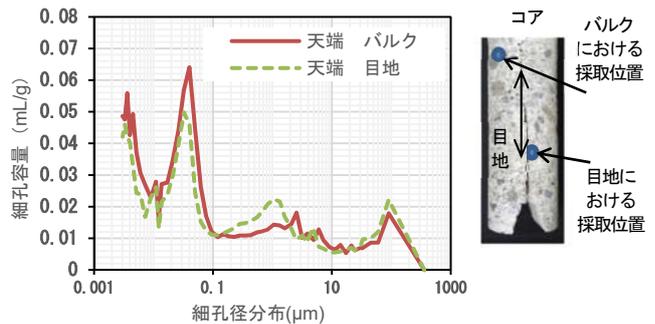


図-12 目地部コアの細孔径分布(case2)

の場合と傾向が異なる。この要因としてコンクリートと目地板が接触する面積が大きいほど、付着防止剤の剥がれが生じる箇所が発生しやすくなり、温度上昇に伴う目地板への拘束が大きくなった時点でその影響が顕著になることが考えられる。

また、Case5の若材齢の圧縮強度試験の結果( $\sigma_{18h}$ :  $6.9\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_{22h}$ :  $8.8\text{N/mm}^2$ )と既往の研究<sup>3)</sup>における次の推定式(1a)から材齢20時間程度でのコンクリートのせん断強度は $2\text{N/mm}^2$ 以上であると想定される。

$$\sigma_s = 0.502 \sigma_B^{0.74} \quad (1a)$$

ここで、 $\sigma_s$ : せん断強度,  $\sigma_B$ : 圧縮強度

Case5における単位面積当たりの荷重が、これに対し100分の1程度であり、これより引抜き荷重の大きいCase4でも50分の1程度であることから、目地板の引抜きはコンクリートの損傷につながらないと考えられる。

写真-6にCase2における、目地周辺の状況を示す。Case2を含めて全ケースにおける目視観察および打音検査の結果、目地周辺にひび割れ、角欠け、うき、剥離などは見られず、目地板引抜き時に、コンクリートに対して悪影響を与えていないことがわかる。また施工後1年程度経過後に目地周辺を観察した結果、コンクリートの品質変化は見られない。

写真-7に、側壁部のひび割れ誘発目地形成面を露出させた状況を示す。露出させた面は平滑であり、ひび割れなどは見られず、目地の連続性が確保されている。また、この面においてテストハンマー試験を行った結果、材齢

28日で $22.7\text{N/mm}^2$ であった。一方、同じ高さで目地から50cm程度離れた位置のコンクリート表面で測定した結果は $24.7\text{N/mm}^2$ であり、両者はほぼ同等であった。図-12に、天端目地部で採取したコアの目地形成面とバルク部における細孔径分布の測定結果を示す。目地形成面の表層部とバルク部の細孔径分布に大きな違いはなく、目地の形成によりコンクリートの緻密性に影響する細孔構造に違いがないことがわかる。以上より、目地形成面は、強度、緻密性、仕上がりにおいて、通常のコンクリート面と同等程度の品質であると考えられる。

#### (4) 目地によるひび割れの誘発

図-13に、側壁部の目地背面に埋設した計測用鉄筋のひずみの推移を示す。目地部にひび割れが誘発された場合、ひび割れの発生にともない、計測用鉄筋がひび割れ前後のコンクリートに引っ張られる。これにより引張りひずみは急激に増加するため、ひび割れ発生を判断できる。目地板を設置しないCase1ではひずみの急増が見られないのに対して、目地板を設置したケースでは、目地の深さが100 mm, 200 mmのいずれの場合でも打設開始から2日から3日前後の範囲でひずみが $100\mu$ 以上急増しており、この時期に側壁下部において、ひび割れが誘発されたと考えられる。

写真-8に側壁目地部のコアを示す。実際に目地の背面にひび割れが誘発されていることを確認した。

図-14に、覆工背面のコンクリートの温度を示す。コンクリートの温度は打設開始後1日程度でピークを迎え、



写真-8 側壁目地部コアの誘発ひび割れ (Case3)

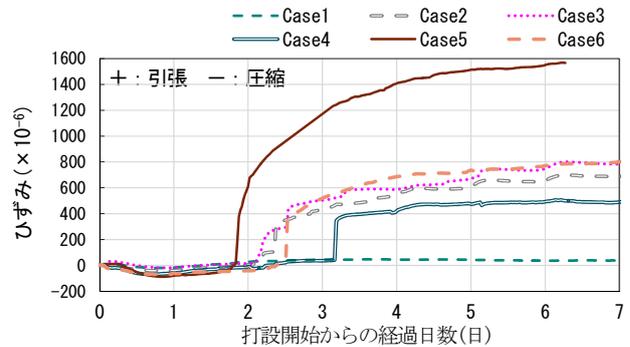


図-13 側壁目地部背面の計測用鉄筋のひずみ

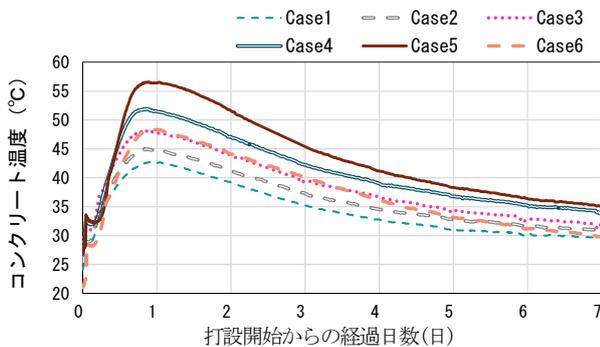


図-14 側壁部のコンクリート温度

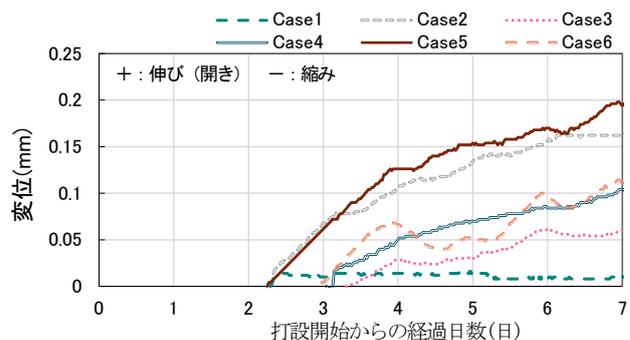


図-15 側壁目地部の表面変位

5日程度まで急激に低下し、その後なだらかに下降している。前述したひび割れが誘発される時期は、急激な温度低下が生じている時期とほぼ一致していることから、ひび割れが誘発された要因として、コンクリートの温度低下に伴う収縮が、模擬トンネルの底盤コンクリート（実現場におけるインバートを想定）により拘束され、目地部に応力集中したことが挙げられる。

図-15に、目地部表面の変位を示す。変位計はセントル脱型後に取り付けているため、変位計設置前の変位は把握できないが、ひび割れ幅の変化は、図-13に示すひび発生経過と同様の傾向が確認できる。目地板を設置しないCase1では、0.01mm程度の変位しか確認されない。これに対して、目地板を設置したCase2～6では、変位が0.05mm以上となっており、コンクリート表面においてもひび割れの誘発を確認できたといえる。Case3, 4, 6では、他の目地板を設置したケースより変位が少なくなっている。これは他のケースよりも1日程度変位計の設置時期が遅れたことにより、脱型直後の変位をとらえられていないためである。

#### 4. まとめ

ひび割れ誘発目地の形成機能を有するセントルを用いた実大施工実験により、以下の事項を確認した。

- ① セントル中央に目地板を設置して打設する場合、天端部の打設において、ラップ側と中央部の吹上口を併用することにより、セントルおよび目地板へのコンクリートの打設圧による過剰な負荷を回避し、天端部の確実な充填が可能となる。
- ② 打設前に目地板に付着防止薬剤を塗布することで、コンクリート硬化後に引き抜いても、打設開始後

22時間程度以内であれば、3kN程度の荷重で目地板は容易に引き抜くことができる。

- ③ 引抜き後の目地周辺のコンクリート、および目地形成面に変状はなく、強度、緻密性、仕上りの面において、通常のコンクリート面と同等程度の品質と評価できる。
- ④ ひび割れ誘発目地の形成に伴う断面欠損により、目地の深さが100mm、200mmいずれの場合でも打設開始から2日から3日前後の間にひび割れが誘発されている。この要因としては下部拘束環境下における温度低下に伴う収縮と考えられる。

以上から、目地板を打設前に設置し、コンクリート硬化後に引き抜くことによる目地形成方法について、その施工性、品質、ひび割れ誘発を確認できた。特に目地板の深さが100mmを使用した場合に、施工性、ひび割れ誘発の両面を考慮して有利であることを確認した。また、材齢1年程度の時点まで経過観察しているが、目地以外の側壁部にはひび割れは生じていない。このことから本工法におけるひび割れ誘発目地形成が有効であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 齋藤 隆弘, 浜田 元, 小野 緑, 張 志瑄: 分岐配管を用いた圧入による覆工コンクリートの実大打設実験, トンネル工学論文集, 第28巻, I-3, 2018.11
- 2) 土木学会, コンクリート標準示方書 施工編: pp136-137, 2017
- 3) 佐藤 立美: コンクリートのせん断強度に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, 2008

(2019. 8. 9 受付)

## **FULL-SCALE EXPERIMENT ON FORMATION AND EFFECT OF CRACK-INDUCTION JOINT IN LINING CONCRETE**

Takahiro SAITO, Hajime HAMADA, Midori ONO, Chihhsuan CHANG and  
Hideto MASHIMO

For rapid construction system of lining concrete, a new system is developed that extends 1 construction span to 18 m or more by using long span tunnel formwork carriage. In order to suppress the occurrence of cracks at unspecified locations, a method was proposed to form a crack-inducing joint. This method is implemented by placing metal joint plates in the middle span of the tunnel formwork before casting, and pulling it out after the concrete hardening.

In order to confirm the applicability of this method to the implementation work, a full-scale construction experiment was conducted with a cross-sectional area of 78m<sup>2</sup> tunnel. As a result, it was confirmed that even if the joint plate is in the middle of the span, concrete can be surely filled by placing concrete at both sides of the joint plate simultaneously without excessive pressure on the formwork. And it is able to pull out the joint plates with a load of about 3kN or less. Due to the crack-inducing joints, the cracks could be found occurring at the early stage after the concrete placing without any adverse effect on the quality.