

覆工コンクリートのラップ部の充てんについて

安藤ハザマ 正会員 ○小野里みどり
 安藤ハザマ 正会員 小池 悟
 安藤ハザマ 正会員 多宝 徹
 安藤ハザマ 正会員 坂本 守

1. はじめに

山岳トンネルにおける覆工の天端部分のコンクリート打込みは、通常、吹上げ方式により施工される。天端部のコンクリートの吹上げ口は、先行して打設したブロックのコンクリートとの境界から 75 cm 程度の位置に設置されることが多い(図-1 参照)。そこからコンクリートを型枠内部に圧送し、ラップ側、妻板側にコンクリートを流動させる。

今回、筆者らは、ラップ側の充てん性やコンクリートの品質に着目して、実物大の模擬型枠を用いた実験を行った。本稿では、実験を通じて得られた知見を報告する。

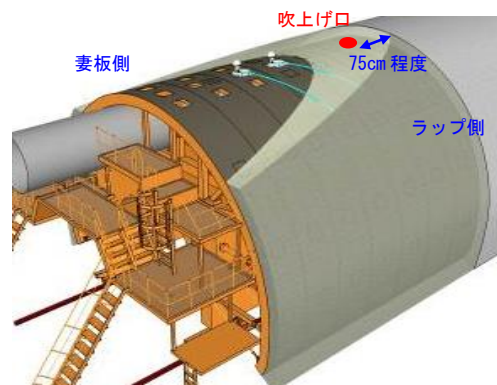


図-1 吹上げ方式による打設模式図

2. 実験概要

実験に用いた型枠はトンネルの覆工コンクリートの天端部を実物大で模擬したものであり、延長方向に 3 m の型枠と 10.5 m の型枠の 2 種類を用いた(図-2 参照)。内型枠はトンネル現場のセントルを再現し、外型枠は地山を模した。外型枠の天端部にはアクリル製の観察窓を設けた。外型枠と内型枠の間は型枠セパレータで緊縛し、型枠の変形を抑制した。表-1 に実験ケースの一覧を示す。

延長 3 m の型枠では、筆者らが実際のトンネル現場で採用している各種対策工の有効性の確認を行った(CASE 1-2)。また、比較のために対策を行わない打込みの再現を行った(CASE 1-1)。CASE 1-1 では、コンクリートの充てんおよび締固めに、内型枠の窓から手動のバイブレータのみを用いた。また、コンクリートのスランプは一般的な仕様書配合の 15 cm とした。CASE 1-2 では、ラップ部にエア抜き孔(3カ所)と伸縮バイブレータ(4本; 写真-1 参照)を設置し、打設中、適宜作動させてその効果を確認した。また、コンクリートのスランプは 18 cm とした。

延長 10.5 m の型枠での実験(CASE 2)は、ラップ部に最終的にとどまるコンクリートの投入時期、締固め過程、充てん状況を確認する目的で実施した。

また、各 CASE とともに、生コンクリートの単位量ごとに異なる色で着色し、コンクリートの投入順序をトレースできるようにした。

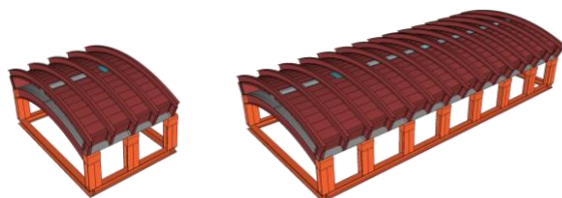
3. 実験結果

写真-2 に CASE 1-1 のラップ部のコンクリートの充てん状況を示す。コンクリートは①, ②, ③の順番で打ち込んだ。①を打ち込んだ段階では、吹き上げ口から投入されたコンクリートは吹き上げ口周辺に滞留し、山になる。

キーワード 山岳トンネル, 覆工, コンクリート, ラップ側, 吹上げ方式

連絡先

〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所 TEL 029-858-8813



延長 3 m × 幅 4 m

延長 10.5 m × 幅 5 m

図-2 型枠概要図

表-1 実験ケースと実験の目的

実験ケース	使用型枠	実験目的
CASE 1-1	L=3.0 m	ラップ側無対策の場合の確認
CASE 1-2		ラップ側各種対策を行った場合の効果の確認
CASE 2	L=10.5 m	全体打設中のラップ側の充てん状況の確認



写真-1 伸縮バイブレータ

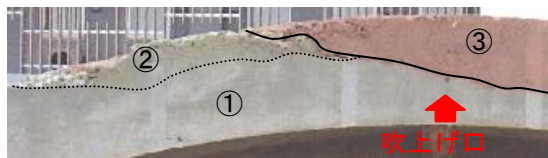


写真-2 ラップ部の充てん状況(CASE 1-1)

そのコンクリートを手動バイブレータを用いて横断方向に流動させ、コンクリート表面をレベルにした。②～③を打ち込んだ段階では、手動バイブレータがラップ側まで届かなくなるため使用できず、吹上げ口から投入されたコンクリートの圧送圧でコンクリートを押し込むのみとなった。天端の亚克力窓の観察からは、吹上げ口から投入されたコンクリートが、任意の方向に重なりあって充てんされていく状況を確認した。また、時間差で重なったコンクリートはそれぞれ外型枠に密着し、型枠と投入されたコンクリートの間に大きなエアだまりを形成する様子も確認した。写真-3に CASE 1-1 と CASE 1-2 の充てん状況を示す。エア溜まりの発生箇所は天端最上部とは限らず、吹上げ口から少し距離の離れた肩部に形成されていた。このことから、エア溜まりによる未充てん部が発生する位置を特定するのは難しく、エア抜き孔のみによる対応だけでは対策として不十分であるといえる。

CASE 1-2 では、コンクリートの投入完了まで継続的に伸縮バイブレータを作動させることにより、吹上げ口から重なり合って充てんされていくコンクリートの表面を常にレベルにした。これにより、コンクリートと外型枠の間に形成されるエア溜まりを天頂部に集約し、天端部に設置したエア抜き孔で確実に空気を抜くことができることわかった。

写真-4 に CASE 2 の硬化コンクリートを上部から撮影した状況を示す。①～⑤の数字は生コン車毎(4 m³)の打込み順序を示している。硬化コンクリートの観察からラップ部の天端は 2 台目のコンクリートが充てんしており、最後(5 台目)に打ち込んだコンクリートと吹上げ口の近傍で接することがわかった。図-3 に打込み際のコンクリート充てん圧力の経時変化を示す。打込み時の亚克力窓の観察、充てん検知システムの作動状況から、ラップ部は 1～2 台目でおおむね充てんされるが、打込みの早い段階で完全に充てんされることはなく、完全に充てんされるのはラップ側と妻板側でほぼ同じタイミングであることがわかった。

写真-4 から 4, 5 台目のコンクリートは吹上げ口から妻板側に向かって流動している様子がわかるが、4, 5 台目のコンクリートが流動している間はラップ部に滞留した 2 台目のコンクリートに大きな圧力を加えることはない。5 台目の打込み開始時点で、吹上げ口近傍に設置した圧力計(No.3)の値は、12 kPa 程度でコンクリートの自重 $8 \text{ kN/m}^2 (=0.35 \text{ m} \times 23 \text{ kN/m}^3)$ の 1.5 倍程度に過ぎない。妻板部のコンクリートが完全に充てんされる直前に、圧力計の値が大きく上昇しはじめ、ラップ側肩部の振動デバイスで充てんを確認した時点では 30 kPa まで上昇していた。

4. まとめ

実験により、対策をとらずに打込みを行うと、ラップ側肩部にエア溜まりが形成される状況を確認した。また、伸縮バイブレータを用いてエア溜まりを天頂部に集約し、天端部に設置したエア抜き孔で空気を抜くことで、ラップ側のコンクリートを確実に充てんできることを確認することができた。

さらに、ラップ側が完全に充てんされるのは、妻板側が充てんされるのとはほぼ同じタイミングであることがわかった。今回の実験は、縦断方向の型枠勾配を水平で実施したが、登り勾配で打設する場合は、充てん性はよりよくなると考えられる。一方で、下り勾配で打設する場合は、例えば 3% 勾配であるとラップ側と妻板側の高低差は 30 cm 程度にもなるので、ラップ部の充てんにより注意を払う必要があると考えられる。



写真-3 充てん状況 (CASE 1-1, CASE 1-2)

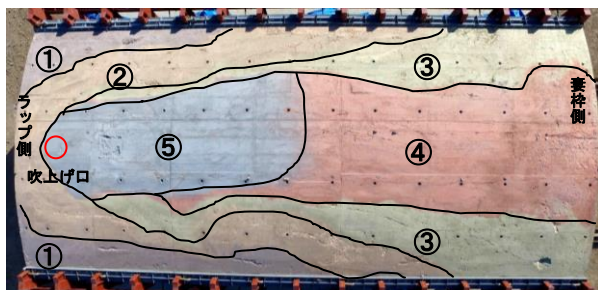


写真-4 硬化コンクリート上面 (CASE 2)

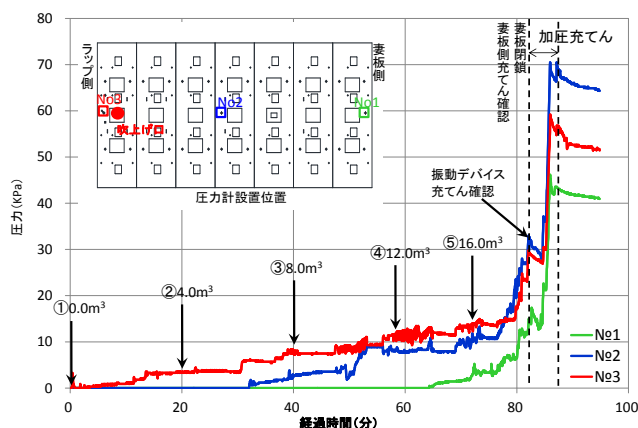


図-3 コンクリート充てん圧力の経時変化