

覆工型枠の長期残置に伴う覆工コンクリートの力学的挙動に関する考察

(国研)土木研究所 正会員 ○吉岡知哉, 砂金伸治, 森本 智, 日下 敦

1. はじめに

近年, 覆工の高品質化を目的として様々な養生方法等が各現場で実施されている. しかし, 各方法の品質に与える効果に関する知見は限られており, その効果を客観的に評価する手法は確立されていないと考えられる.

一般的な型枠の脱型は, 打設したコンクリートが自重等に耐え得る強度(圧縮強度 $2\sim 3\text{N/mm}^2$ 程度)に達した後に行われており, 打設後 12~20 時間で脱型されている事例が多い. 覆工品質の更なる向上を図るには, 型枠設置期間を長期間とし, 従来以上の養生期間を確保することが効果的となる可能性がある.

本研究では, 型枠設置期間(脱型時期)の違いによる覆工コンクリートの力学的挙動の把握を目的に, 型枠の脱型時期を一般的な 18 時間(Case1)とマスコンクリートにおける標準的な養生期間となる 1 週間程度を目安とした 160 時間(Case2)の 2 種類の脱型時期を設けた試験施工を行った. 覆工の内部にひずみ計等の計測機器を設置し, 打設完了直後からの長期的な挙動や脱型時および若材齢時の挙動について, 計測した結果を報告する.

2. 試験施工の概要

本試験施工の対象スパンの岩質は, 凝灰岩が分布し, 支保パターンは CII(インバートなし)であった. 覆工構造は, 覆工厚 30cm の無筋構造とし, コンクリートの仕様は, 普通コンクリートの呼び強度 30N/mm^2 , スランプ 15cm, 粗骨材の最大寸法 40mm の配合とした. また, 両ケースともに脱型後 1 週間の養生台車による湿潤養生を実施している.

図-1 に本試験施工における計測機器の配置図を示す. 計測機器は, 脱型時に生じる自重に伴う応力変化, およびコンクリート水和反応による自己収縮, 温度変化を計測するため, 覆工内部にひずみ計, 無応力ひずみ計, 有効応力計, 温度計を片側半断面における天端部, 肩部, 側壁部に設置することで, 打設完了時点からの覆工内部の応力状態の変化を把握した.

3. 計測結果

以下に Case1(18h)と Case2(160h)における天端, 肩部, 側壁の覆工内側(内空側)に設置した機器の計測結果について述べる.

図-2 に打設完了後 280 日間のひずみ挙動, 図-3 に打設完了後から 30 日間のひずみ挙動を示す. コンクリート内部のひずみ挙動は, 打設直後からセメントの水和反応によるコンクリート内部の温度上昇に伴い, ひずみが引張側(膨張)に増加する. その後, コンクリート内部温度の下降に伴い, ひずみは圧縮側(収縮)に移行し, 圧縮ひずみが増加する. その後のひずみ挙動は, 図-4 のコンクリート温度と同様の挙動を示しており, 外気温(坑内温度)の変動と同様の傾向で周期的に増減しながら, 圧縮ひずみが増加する. これらの長期的なひずみ挙動は, 両ケースとも同様の挙動を示し, 最大圧縮ひずみ値(計測最終値)も Case1 の側壁部に圧縮側に 256μ , Case2 の天端部で 243μ と殆ど差のない結果となった.

図-5 に打設後から 30 日間のコンクリート温度と天端部における無応力ひずみの関係を示す. 無応力ひずみは, 外力や拘束によるひずみ値を除外したひずみ値であり, つまり温度変化によるひずみやコンクリートの自

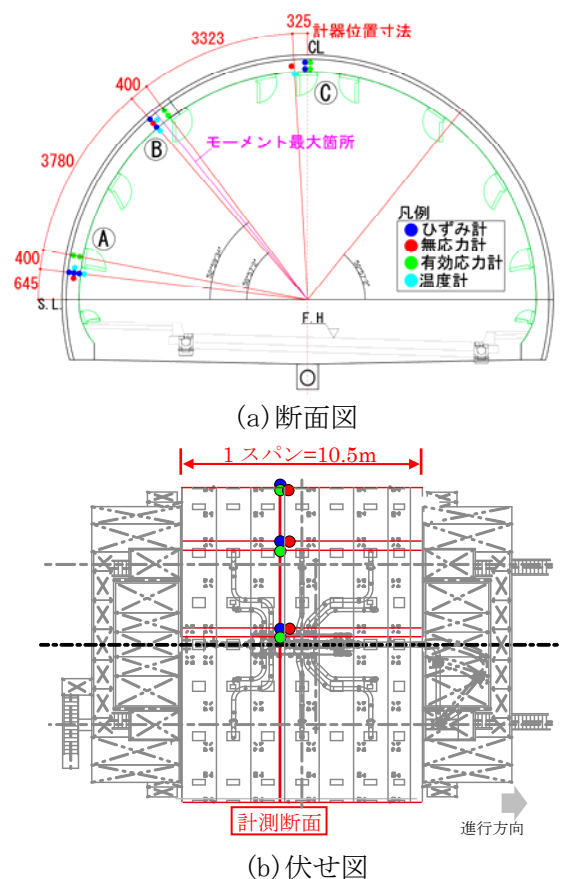
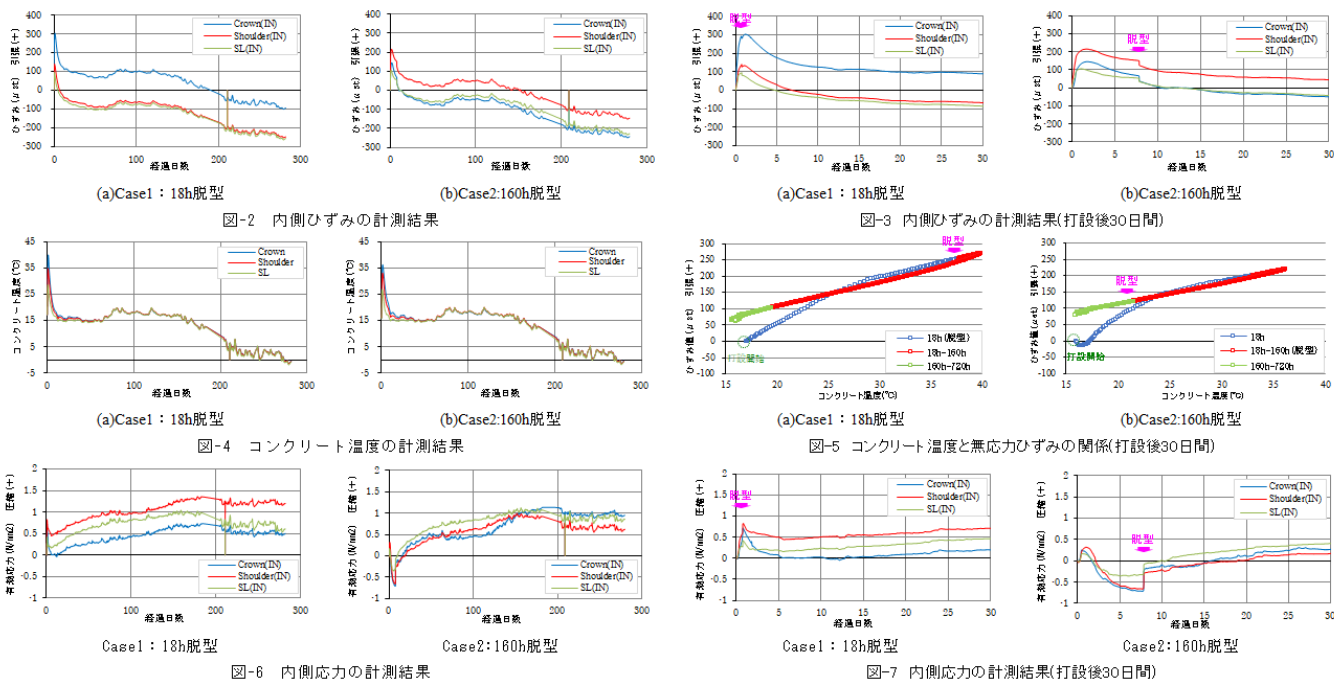


図-1 計測機器配置図

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 道路技術研究グループ(トンネル) TEL029-879-679



己収縮，乾燥収縮ひずみである．Case1 では，コンクリート温度が最高温度に到達する前に脱型し，脱型後もコンクリート温度の上昇がみられ，引張側のひずみが発生する．Case2 では型枠設置期間中にコンクリート温度が最高温度に達し，コンクリート温度の低下とともに圧縮側のひずみに移行する．Case1 と比較して，Case2 の方がコンクリート温度の低下を若干抑制している傾向はみられるものの，ひずみ挙動の傾きは両ケース近似しており，型枠設置期間の違いによる傾向は確認できなかった．型枠脱型後に湿潤養生を実施しており，外気温(坑内)による覆工への影響を抑制したことも影響していると考えられる．

図-6 に打設完了から 280 日間の応力計測結果，図-7 に打設完了から 30 日間の応力計測結果を示す．Case1 では，打設直後から圧縮側の応力が発生し，その後も圧縮側の領域内で応力が増加する．一方，Case2 では打設後に圧縮側の応力が発生した後，引張側の挙動を示し，最大で 0.66N/mm^2 の引張側応力を計測した．その後，脱型直後に覆工全周に圧縮側の応力が発生し，圧縮側の挙動に移行する．このことから，型枠を設置することで，覆工自体は圧縮側のひずみ挙動を示すなか，型枠を残置したことで型枠からの拘束を受け，引張側の拘束応力が覆工内部で発生していると考えられる．ただし，脱型後は圧縮側の領域内で応力が増加しており，計測最終日の応力値は Case1 と Case2 で殆ど差のない結果となった．

4. おわりに

本稿では，2 種類(18h,160h)の脱型時期を設けた試験施工を実施することで，型枠設置期間が覆工内部の応力状態に及ぼす影響について考察した．その結果，型枠設置期間内(脱型までの 18h または 160h)では，型枠残置に伴う引張側の拘束応力が覆工内部に発生する傾向にあり，覆工のひずみおよび応力等の挙動に違いが確認されるものの，打設後 30 日経過すると両者の顕著な差はなくなった．本トンネルでは，定期的に覆工の変状調査も実施しており，打設後から 180 日経過した時点では，微細なひび割れも含め，変状は確認されていない．今後，うき，はく離も含め，利用者への影響を及ぼす変状の発生状況について，追跡調査を行い，今回の計測結果との関連性を分析したいと考えている．また，別途実施した透気係数試験や反発硬度試験等も踏まえ，養生方法等が覆工品質に与える影響について検証する．

謝辞： 検討を行うにあたり，対象トンネルの設計，施工条件，計測データ等をご提供頂いた北海道開発局の関係各位に深甚の謝意を表します．

参考文献

- 1) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針(案) コンクリートライブラリー