

トンネル覆工コンクリートの品質向上を目的とした システムチック養生台車の開発と現場適用

坂 英昌* 溝手一憲* 小野 稔* 西村正生* 佐藤孝一** 野中 英**

近年、トンネルの覆工コンクリートの品質要求レベルが特に向上している。しかしながら、養生不足に起因する乾燥収縮等によるひび割れの発生が、依然として多くみられる。打設後、初期の養生を実施することでひび割れの発生を抑制できることが、当社の他現場で確認、報告されている。当作業所では、打設後から一週間にわたり、コンクリート表面に対して外気遮断養生を経て湿潤養生を実施できる養生台車を開発し、システムチック養生台車として現場適用した。養生、無養生の両スパンに計器を埋設して定量的評価も試みた。

キーワード：覆工コンクリート、初期養生、トンネル、養生台車、ひび割れ

1. はじめに

トンネルの施工は、さまざまな過程を経て出来上がるが、最終的にトンネルの姿を代表するのは覆工コンクリートの表面状態であり、完成時の印象に大きな影響を与えるばかりでなく、その後、供用されている間はトンネルの最終仕上がりとして大きな役割を担っている。覆工コンクリートの表面状態の良否によって、供用後の状態には大きな差異があらわれ、不具合が多い場合は、施工者としての信頼性にも影響を与える。

しかしながら、ほとんどの現場において覆工コンクリートの施工は、コンクリートを打設した翌日にはセンターを脱型しており、脱型後のコンクリート表面が直接外気に触れる状態にあるため、水和反応に必要な水分が乾燥しやすい状態にあり、養生期間が短いと言わざるをえないのが現状である。

このような背景から、コンクリートの養生を目的として、バルーンによる外気遮断タイプや水を噴霧する加湿タイプなどの養生方法が開発・実用化されているが、その効果の程度や養生方法による差異については、十分な情報が得られていないのが現状である。

そこで当現場においては、覆工コンクリート表面の品質を向上する目的で、2種類の養生方法を組み合わせたシステムチック養生台車を開発し現場適用した。

開発にあたっては、はじめに4種類の養生条件で室内基礎実験を行い、その実験結果を反映して最も適切と考えられる養生条件を選定した。その後、選定した養生条件に合致した一連の構成をもつシステムチック養生台車を製作した。この養生台車は、コンクリート表面を約1週間養生することが可能で、養生方法も外気遮断養生を経たのちに湿潤養生を行う構成とした。

このシステムチック養生台車を現場において継続的に適用し、その効果確認のための現場実験も実施した。

* 広島支店 土木事業部 土木部

** 本社 技術研究所 建設材料研究グループ

以下にシステムチック養生台車を開発するために実施した室内基礎実験と、現場適用の過程で実施した現場実験の結果について記述する。

2. 室内基礎実験

2.1 実験条件

実験条件の設定にあたっては、過去の覆工コンクリートの養生事例を参考にした。

事例ではコンクリート打設翌日の脱型直後に散水を行ってひび割れが発生したことが報告されている。これは、打設翌日のコンクリートは水和熱により温度が高い状態にあるため、翌日に散水すると養生水による冷却と気化冷却の影響でコンクリート温度が急激に低下し、コンクリート表面に温度収縮を生じて発生した温度ひび割れと考察している。さらに、脱型直後に散水養生した区間が、比較的早い時期にひび割れが発生したのに対して、脱型後1日空けて散水養生した区間には逆にひび割れが発生していないことから、乾燥収縮による影響ではない可能性が高いとしている。

上記のように初期の散水養生は、ひび割れ発生に対して悪影響を及ぼす恐れがあるため、現場ではバルーンによる封緘タイプの養生と湿潤タイプの養生を組み合わせることを基本方針とした。このため室内基礎実験では、①型枠養生期間、②外気遮断（以下、封緘と呼ぶ）養生期間、③湿潤養生期間の順に養生期間を設け、適切な条件を選定することを目的とした。

実験条件を Table 1, Table 2 に示す。実験条件は4種類とし、No.1 は基準となる無養生である。実験条件No.2, No.3 は現場で適用することを計画している内容で、封緘養生と湿潤養生を組み合わせそれぞれ期間を変化させ、各々の期間の長短による影響を把握する。実験条件No.4 は湿潤養生と比較する目的で水の代替として養生剤を用いた。なお、それぞれの養生が終了した後は、実験条件における差異を明確にするために、いずれの供試体も温度 20℃、湿度 60%RH の養生室に静置した。

Table 1 実験条件

実験条件	型枠存置期間	封緘養生期間	湿潤養生期間	養生終了後	備考
No. 1	2日	なし	なし	温度 20℃, 湿度 60%RH	基準条件 無養生
No. 2	2日	2日	4日 (溜水)		現場採用 条件
No. 3	2日	4日	2日 (溜水)		現場比較 条件
No. 4	2日	2日	養生剤 塗布		水の代替 養生剤

Table 2 コンクリートの配合 (室内練り)

水セメント比 W/C(%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 s/a(%)	
49	21	4.5	52	
単位量(kg/m ³)				
セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
347	170	855	923	3.47

※：最大骨材径 40mm

2.2 測定項目と供試体

Table 3 に計測項目を示す。養生の効果としては、主として収縮量の減少、コンクリート組織の緻密化および圧縮強度・引張強度の増大がある。そこで、測定項目は収縮ひずみ量、圧縮強度およびコンクリート組織の状況把握のため細孔量、結合水率とした。作製した供試体の種類は以下のとおり。

(1) 10×10×40cm 収縮供試体

fig.1 に、10×10×40cm 収縮供試体を示す。

養生方法は、型枠存置期間では打設面をビニルシートで覆い、脱型後の封緘養生期間はコンクリート面の全ての面より 1cm の空間を確保できる封緘容器に入れておき、湿潤養生期間では上記封緘容器の空間に注水することで湿潤状態を確保した。無養生では脱型後は暴露状態とし、実験No.4 では封緘養生後に養生剤を塗布した。

Table 3 測定項目

No.	供試体	試料数	測定項目	測定数
1	10×10×40cm 収縮供試体	4体 (1体/ 1実験条件)	収縮ひずみ	1点/1体
			温度	1点/1体
2	30×30×30cm 供試体	4体 (1体/ 1実験条件)	小径コア強度	29日
			細孔量	29日, 表面, 内部の2試料
3	封緘養生 供試体	6体 /1バッチ	圧縮強度	29日

本供試体は各実験条件で養生を行い、収縮ひずみおよび温度を測定した。

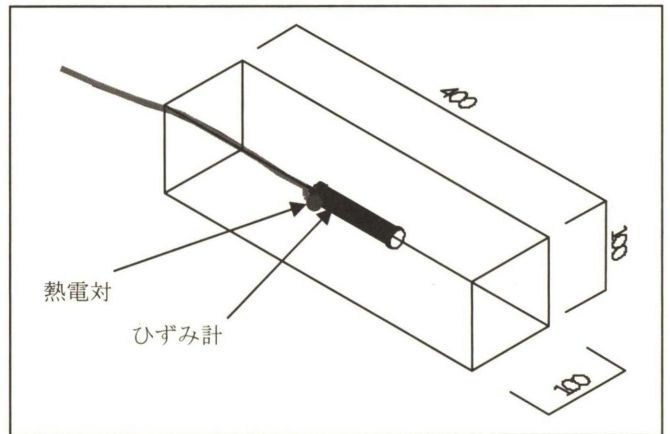


Fig. 1 10×10×40cm 供試体

(2) 30cm×30cm×30cm 供試体

fig.3 に、30cm×30cm×30cm 供試体を示す。養生は、1つの面が覆工コンクリート表面に相当するとみなし、その面を養生対象とし、他の面は型枠を存置した。

この供試体では、φ25mmの小径コアを用いた圧縮強度試験、φ100mm コアを用いた水銀圧入法による細孔量および結合水率の測定を行った。圧縮強度試験を小径コアで実施した理由としては、養生の違いによる影響はコンクリート表層部で顕著であると考えられるが、φ100mm 供試体による試験では表層部のみの強度を評価するのが困難なためである。試験方法は、「小径コア試験による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)」(株)高組・前田建設工業(株)・日本国土開発(株)・(独)土木研究所 2006年5月)に準じた。

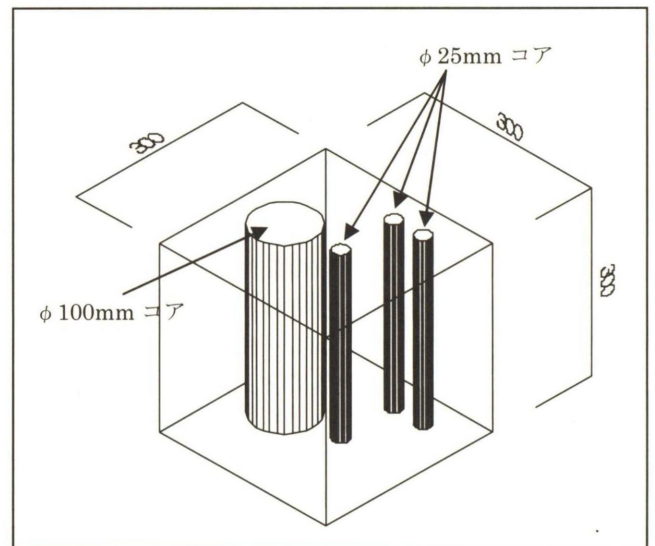


Fig. 3 30cm×30cm×30cm 供試体

(3) 封緘養生供試体

φ10×20cm 円柱供試体で、封緘養生供試体を作製し、基準となる養生方法による圧縮強度を測定した。

封緘養生供試体の作製は $\phi 10 \times 20$ cm プラモールドの打設面を $\phi 10$ cmの鉄板で覆い、その上からビニールカバーで保護して試験材令まで脱型せずに養生を継続した。

2.3 実験結果

2.3.1 小径コア圧縮強度

小径コア強度および封緘養生供試体強度の試験結果をTable 4 に示す。また、同一バッチの封緘養生供試体強度を基準とした圧縮強度比をTable 5, Fig. 4 に示す。

圧縮強度比をみてみると、深さ0-5cmの表層部の強度は、養生を施した実験条件No. 2~No. 4が概ね1.0であるのに対し、無養生のNo. 1は0.80と約2割小さい値となっている。深さ5-10cmの深部の強度についても同様な傾向にあることがわかる。このことから、圧縮強度は無養生では小さくなるといえる。しかし、養生を施したNo. 2~No. 4での顕著な違いは認められない。

2.3.2 収縮ひずみ

Table 6 に、収縮ひずみ(材齢34日)を示す。また、

Table 4 小径コアおよび封緘養生圧縮強度(材令29日)

実験条件	$\phi 25$ mm コア強度 (N/mm ²)		封緘養生供試体強度 (N/mm ²)
	深さ0-5cm	深さ5-10cm	
No.1	28.7	31.5	36.1
No.2	32.4	36.1	33.3
No.3	35.9	36.2	33.8
No.4	35.2	37.3	34.0

Table 5 封緘養生強度を基準とした圧縮強度比

実験条件	深さ0-5cm	深さ5-10cm	平均
No.1	0.80	0.87	0.84
No.2	0.97	1.08	1.03
No.3	1.06	1.07	1.07
No.4	1.04	1.10	1.07

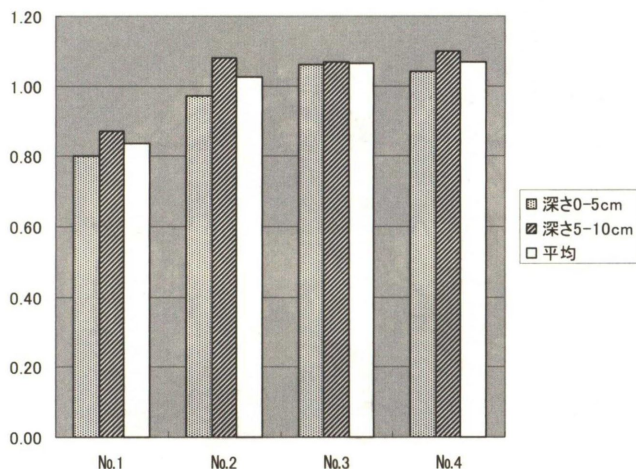


Fig. 4 封緘養生強度を基準とした圧縮強度比

Fig. 5 に収縮ひずみの経時変化を示す。養生を施した実験条件 No. 2~No. 4 供試体の収縮ひずみは、無養生のNo. 1 供試体のそれよりも $80 \sim 130 \times 10^{-6}$ 小さい。無養生の実験条件 No. 1 を基準にすると実験条件 No. 2~No. 4 は $80 \sim 90\%$ である。このことから、養生により収縮量が小さくなると判断できる。

Table 6 収縮ひずみ(材令34日)

	収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	比
No. 1	698	1.00
No. 2	569	0.82
No. 3	612	0.88
No. 4	565	0.81

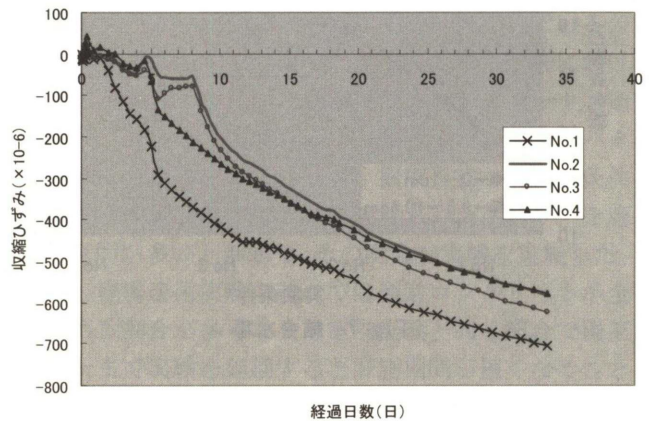


Fig. 5 収縮ひずみの経時変化

2.3.3 細孔量および結合水率

総有効細孔量をFig. 6に、結合水率をFig. 7に示す。

セメントは水と反応(水和反応)し、発熱しながら水を含む化合物すなわち水和生成物を生成する。水和した水は、乾燥等では蒸発しない結合水となる。コンクリートの水和反応は、強度増加と同様に、材齢の経過とともに進行する。しかし水和反応は、セメントと水の反応のため、反応する水およびセメントが存在なくなると反応しなくなり、どちらかが不足した場合、生じる結合水量も少なくなる。結合水率の違いを把握することにより、水和の進行度合いを確認する。

総有効細孔量については、表層(0~1cm)と比べて深部(9.5~10.5cm)では少なくなる傾向を示している。このことは、深部における水和が表層よりも進行したことを示している。実験条件No. 1(無養生)の供試体は、表層と内部の細孔量の差が大きいが、実験条件No. 2, No. 3の封緘養生を行った供試体では、表層と内部の細孔量の差が小さく、養生することで表面の水和が進行していることがわかる。また、実験条件No. 4の塗膜養生については、封緘養生と似かよった傾向を示している。

結合水率は、総有効細孔量と同様であることから、無養生の場合は供給水となる水の供給が、特に表面で十分とはいえない状態と推測される。

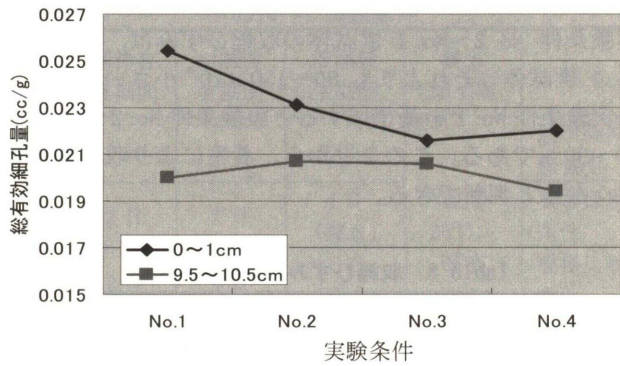


Fig. 6 総有効細孔量

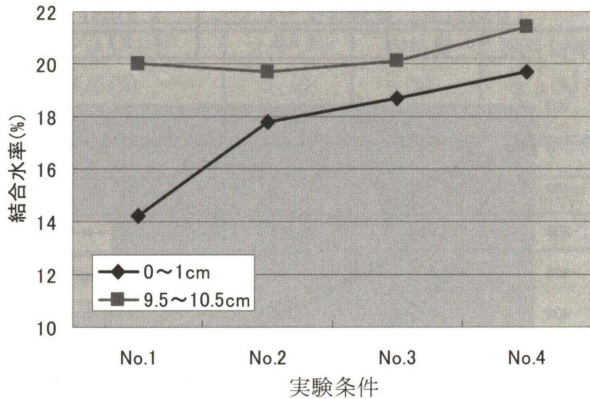


Fig. 7 結合水率

2.6 室内基礎実験結果の考察

この室内基礎実験は、バルーンによる封緘タイプの養生と湿潤タイプの養生の組み合わせにおいて、適切な条件を選定することを目的として実施した。その結果、以下のことがわかった。

- ① 小径コア圧縮強度については、無養生の供試体は、養生を行ったものと比較して明らかに強度が小さくなるが、養生を実施した場合では内容の違いによる差異は明確には現れなかった。
- ② 収縮ひずみの測定結果からは、養生した場合の収縮ひずみは、無養生に比較して明らかに小さく抑えることができ、特に実験条件No.2 (封緘2日、溜水4日)では約80%にまでひずみ量を抑えることができた。
- ③ 細孔量および結合水率については、ともに深部(9.5~10.5cm)における測定結果に有意な差はみられないが、表層(0~1cm)では実験条件No.1(無養生)と養生を実施した実験条件No.2~4との間には顕著な差が認められ、養生によって水和がより進行していると判断できる。
- ④ これらを総合して考察すると、無養生の場合と養生を実施した場合では、明らかに養生を実施した場合がコンクリートにはよい影響をもたらすことがわかる。

それぞれの実験結果において実験条件No.2とNo.3を比較すると、細孔量と結合水率では実験条件No.3がやや優れているのに対し、収縮ひずみでは実験条件No.2が良好な値を示している。このことからコンクリート

の緻密性では実験条件No.3が優位と考えられる。しかしながら、ひび割れの直接要因として考えられる収縮ひずみの結果を重視すると、当現場においては実験条件No.2を養生条件とするのが適当と判断される。

3. 現場適用実験

3.1 養生方法の概要

室内基礎実験の結果から、現場に適用する養生条件は、実験条件No.2に相当する封緘養生2日間、その後湿潤養生4日間を確保する養生条件を採用することとした。

採用した養生条件を実行するためには、封緘、湿潤の2種類の養生に対応することが要求される。さらに、封緘養生2日間、湿潤養生4日間を確保する必要がある。また、覆工コンクリートの打設サイクルが1回/2日であることから、養生に用いる台車の構成をFig.8に示す配置で施工することを決定し、この組み合わせで構成する一連の養生台車をシステムチック養生台車と命名した。上記に対応するため、養生台車も2種類製作する必要がある。そこで封緘養生用としてバルーン装着の外気遮断タイプの養生台車を1台、湿潤養生用として湿潤シートを装備した密着・給水タイプの養生台車を2台製作した。養生台車の外観をPhoto.1~Photo.3に示す。

養生台車による養生方法の概要を以下に記述する。

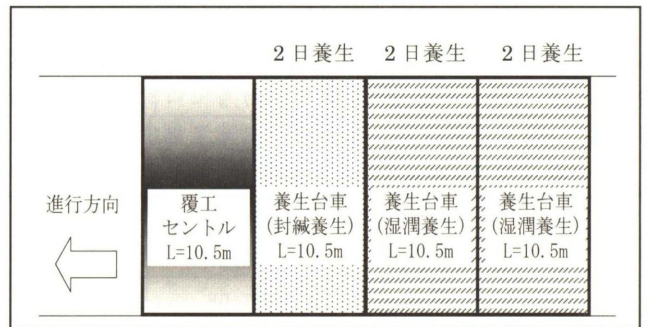


Fig. 8 システムチック養生台車配置



Photo. 1 システムチック養生台車 (封緘養生用)

① 封緘養生台車

封緘養生台車は、Fig. 9 に示すように養生台車外面に養生シートが敷設してあり、これを押さえるように養生台車の両端部および下端部に設置したバルーンに送気して膨らませる。これにより、覆工コンクリート面がシートで密封されて直接外気に触れることなく、乾燥を防止する仕組みとしている。

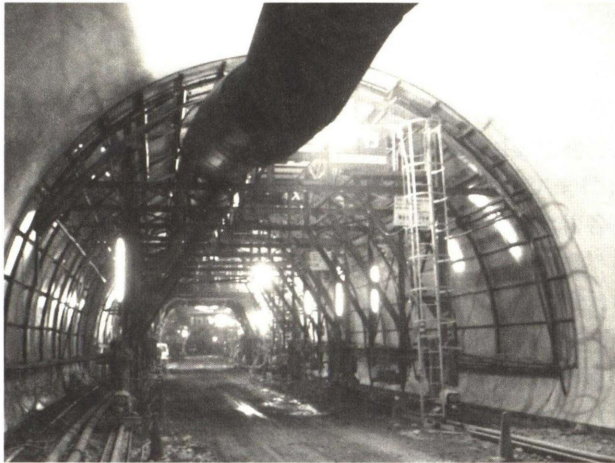


Photo. 2 システムチック養生台車（湿潤養生用）

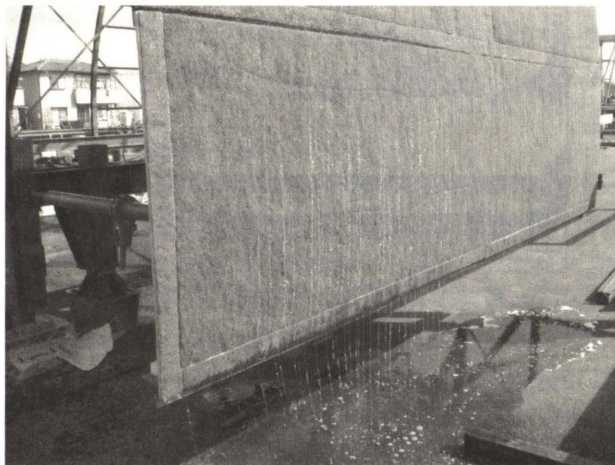


Photo. 3 システムチック養生台車（湿潤シート面側）

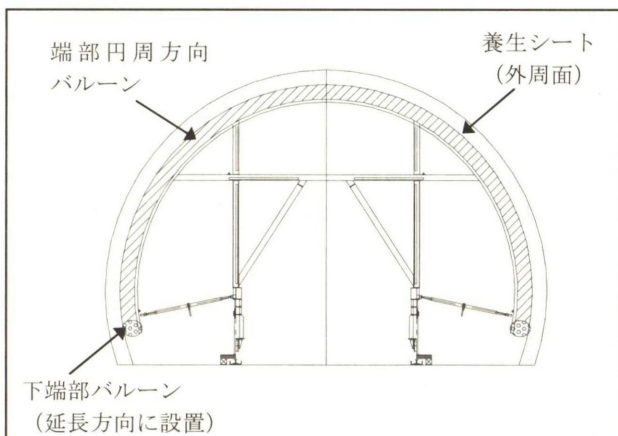


Fig. 9 封緘養生台車の概要

② 湿潤養生台車

湿潤養生台車は、養生台車の外周一面を厚さ 9mm の塗装合板で覆い、この塗装合板の外側に厚さ 2cm のステラシートを貼り付けている。この養生台車には、ステラシートを湿潤状態に保つために、トンネル断面の天端部と両肩部に有孔パイプを延長方向に設置し、このパイプ内部に通水することでステラシートに養生水を供給する仕組みとした。

3.2 実験条件

現場実験の条件は、現場で採用した養生条件（封緘養生 2 日間、湿潤養生 4 日間）と、脱型後は一切養生をしない無養生との 2 条件とし、それぞれ 1 スパンずつ測定器を設置して測定した。実験条件を Table 7, 8 に示す。

コンクリートの配合が室内基礎実験と異なっているのは、以下の理由による。第一の理由として、現場における覆工コンクリートは、非鋼繊維混入コンクリートと通常コンクリートの 2 種類を、地山条件すなわち支保パターンによって使い分けているが、掘削当初から地山条件が悪く、室内実験時には非鋼繊維混入コンクリートを適用する区間が多いと判断し、その配合で実験を実施した。しかし、現場適用実験の時点では通常コンクリートが全体に占める割合が多くなり、室内実験と同じ配合で覆工する箇所まで実験を延期すると計測期間が短くなることから通常コンクリートのスパンにおいて実験を実施した。第二の理由として、非鋼繊維が混入していないコンクリートで実験することで、養生実施スパンと非養生スパンの差異が明確になると考えたことによる。

Table 7 実験条件

実験No.	実施スパン	養生条件
No.1	70BL	封緘 2 日間+湿潤 4 日間
No.2	71BL	脱型後無養生

Table 8 コンクリートの配合（実機練り）

水セメント比 W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	
63	15	4.5	44.4	
単位量(kg/m ³)				
セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
270	170	819	1,027	2.700

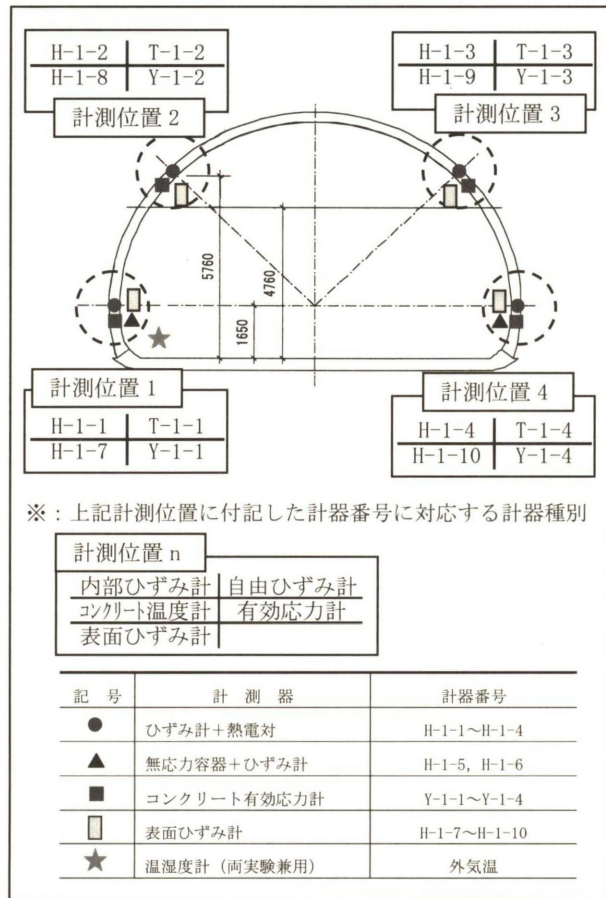
※：最大骨材径 20mm

3.3 計測項目および計測機器の配置

計測項目を Table 9 に、各計測機器の配置を Fig. 10 に示す。計測機器の配置は、実験 No.1, No.2 ともに同配置である。各計測項目の計器は、打設前に覆工厚 30cm の中間となる覆工内空面から 15cm の深さに設置した。表面ひずみについては養生台車が移動した後の養生終了後に設置した。各計測項目の内容を以下に記述する。

Table 9 計測項目

計測項目	計測器	数量	備考
内部ひずみ	ひずみ計	8	4台×2断面
自由ひずみ	ひずみ計	4	2台×2断面
	無応力容器	4	2台×2断面
コンクリート有効応力	コンクリート有効応力計	8	4台×2断面
コンクリート温度	熱電対	8	4台×2断面
表面ひずみ	表面ひずみ計	8	4台×2断面
外気温及び湿度	温湿度計	1	計測断面近傍
結合水率	マッフル炉	8箇所	コア採取 φ50×150



※：上記は実験No.1の場合、実験No.2ではH-1-1→H-2-1とする

Fig. 10 計測機器の配置

3.3.1 内部ひずみ

設置位置での実ひずみ（コンクリートに実際に生じているひずみ）を測定し、覆工コンクリートの円周方向の実ひずみを把握する。

3.3.2 コンクリート有効応力

覆工コンクリートに発生する有効応力（外部拘束、内部拘束等、何らかの拘束によって生じる応力）を計測する。

3.3.3 表面ひずみ

覆工コンクリートの内空面側の表面ひずみを計測する。特に、今回の実験ではコンクリート表面に対して異なる養生条件のもとで実験を実施することから、養生条件の違いによる結果の差が最も期待される。

3.3.4 結合水率

結合水率測定のためのコア採取は、実験No.1, 2ともに計測位置1および計測位置4で実施した。

3.4 実験結果

現場実験は、実験No.1を平成17年11月30日に、実験No.2を12月2日に打設し、打設直後から平成18年6月30日までの約7ヶ月間計測を継続した。

各計測項目の計測結果を以下に記す。

3.4.1 内部ひずみ

内部ひずみの経時変化図をFig. 11に示す。なお、図中のグラフでマーカー塗りつぶしが実験No.1（養生実施スパン）、マーカー白抜きが実験No.2（無養生スパン）を示している。

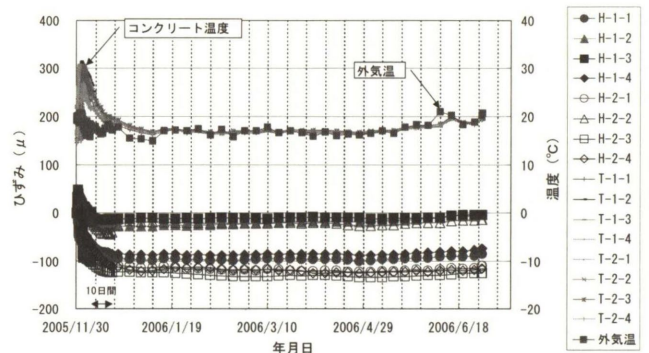


Fig. 11 内部ひずみ

経時変化図をみてわかるように、内部ひずみはすべて圧縮方向に生じており、打設完了後20日程度でほぼ最大値となり、それ以降は緩やかな変動を示している。この緩やかな変動は、コンクリート温度とほぼ同調していることから、温度変化によるコンクリート躯体の膨張収縮の影響によるものと考えられる。

最終計測時点でのひずみ値を比較してみると、養生スパンである実験No.1のH-1-2, H-1-3の2箇所がほとんどひずみが生じておらず、またH-1-1, H-1-4の値は-80μ程度である。これに対して無養生スパンである実験No.2はH-2-2のひずみはほとんど生じていないが、その他3箇所の値は120μ前後生じており、実験No.1と比較して、発生箇所数、ひずみ値ともに約1.5倍となっている。これらのデータを総合的に判断すると、養生スパンは無養生スパンより内部ひずみが小さい傾向にあり、初期養生を実施することで、内部ひずみの発生量を抑制することができると考えられる。

3.4.2 コンクリート有効応力

コンクリート有効応力の経時変化図を Fig. 12 に示す。経時変化図をみると、打設後からすべての計測器に圧縮応力が加わりはじめ、その後も徐々に圧縮力が増加して約3ヵ月後には定常状態にいたっている。

最終計測時点での値を比較すると、養生を実施した実験No.1ではY-1-2が最小値でほぼ初期値と同じ値を示し、他の値もバラツキが小さく初期値に近い。これに対し、無養生とした実験No.2ではややバラツキが大きく、すべての計測値が実験No.1の最大値を上回っている。

このことから内部ひずみ同様に、養生スパンは無養生スパンより発生する有効応力が小さい傾向にあり、初期養生を実施することで、コンクリートの圧縮応力を抑制することができると思われる。

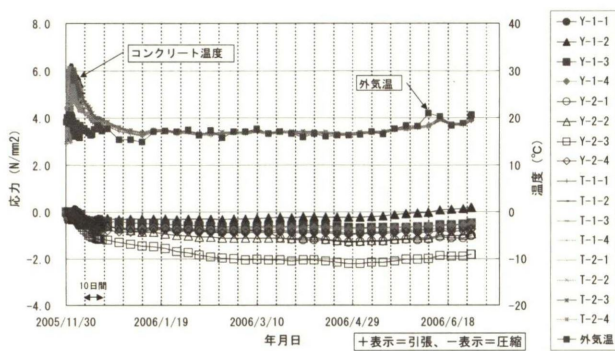


Fig. 12 コンクリート有効応力

3.4.3 表面ひずみ

表面ひずみの経時変化図を Fig. 13 に示す。

経時変化図の実験No.1の挙動をみると、H-1-10は計測期間中を通じてほとんど変動がみられない。これに加えて、H-1-8とH-1-9もひずみ量が小さく、緩やかに圧縮が進行して約3ヶ月で定常状態にいたっているとみてとれる。ただし、H-1-7についてのみ、他の計測箇所と大きく異なる挙動を示しており、圧縮ひずみは漸増して計測終了時点においても定常状態にはいたっていないようにみられる。この挙動は、H-1-7設置箇所である計測位置1における内部ひずみ、有効応力の挙動とも異なっている。仮に、このデータが実際の挙動を反映しているとすれば、養生を実施したにもかかわらず無養生箇所よりも大きなひずみが発生したことになる。その要因としては湿潤養生による温度応力が考えられるが、打設直後のコンクリート温度には低下したデータが見受けられず、最終計測時点においてひび割れも確認できていない。また、表面状態に関して比較対象となるデータも無く、この突出した挙動について説明することは困難である。これらのことから、H-1-7のデータの取扱には注意が必要であるが、ここでは特異データとして除外するのが妥当と考える。

一方、実験No.2の挙動では、H-2-7、H-2-9は計測期間中を通じてほとんど変動がみられないが、H-2-8、H-2-10

は計測器設置後から圧縮が進行して計測終了時点においても定常状態にはいたっていないようにみられる。

上記のことから、表面ひずみについては明確な傾向はみてとれないが、実験No.1のうち特異データと考えられるH-1-7を除いた場合、養生スパンの実験No.1は無養生スパンの実験No.2に比較してデータのバラツキおよび変動量が小さいといえる。

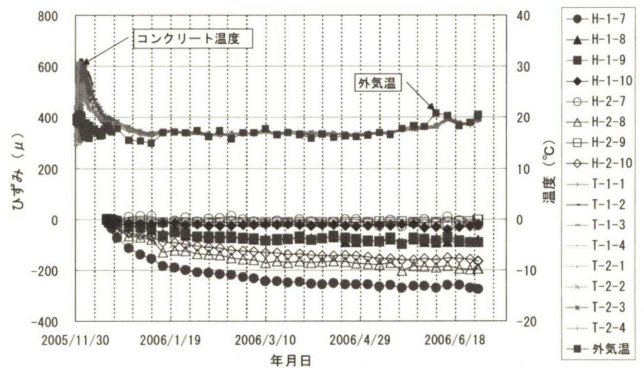


Fig. 13 表面ひずみ

3.4.3 結合水率

計測終了後に養生実施スパン(実験No.1)と無養生スパン(実験No.2)の両スパンからコアを採取し、結合水率の測定を実施した。実験結果を Table 10, Fig. 14 に示す。

Table 10 コンクリート結合水率

深度(cm)	養生スパン			無養生スパン		
	計測位置1	計測位置4	平均	計測位置1	計測位置4	平均
0~1	21.7	21.8	21.8	20.8	21.0	20.9
4.5~5.5	21.8	22.3	22.1	21.8	22.4	22.1
14.5~15.5	22.1	22.5	22.3	22.4	22.4	22.4

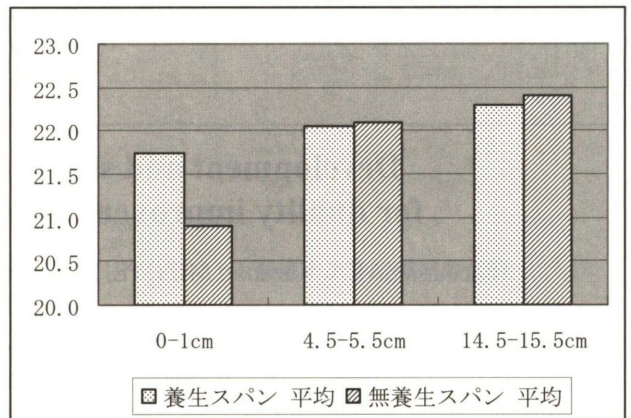


Fig. 14 コンクリート結合水率

実験の結果から、結合水率は、表面からの距離0~1cmでは、養生スパンの平均で21.8%、無養生スパンの平均で20.9%と、養生を実施したスパンが0.9%大きい値を示

している。一方、表面からの距離 4.5～5.5cm および 14.5～15.5cm では、両方のスパンで結合水量に差は認められなかった。

今回はコンクリート打設後 6 ヶ月以上経過したコンクリートで測定を実施したため、長期的な水和の進行によって双方の値がほぼ同程度となり、室内実験結果のような明確な差異があらわれなかった。

3.5 現場実験結果の考察

室内基礎実験の結果を踏まえて、現場での覆工コンクリートの養生条件を検討・適用し、その効果を確認する目的で現場実験を行った。その結果、以下のことがわかった。

- ① 内部ひずみについては、養生を実施することで無養生の場合よりひずみ値が小さくなる傾向がみられる。初期養生を実施することで、内部ひずみの発生量を抑制することができると考えられる。
- ② コンクリート有効応力の計測結果から、養生を実施した場合は計測値のバラツキが小さく、発生応力が無養生の値より小さい傾向にある。初期養生の実施によって圧縮応力が小さく抑えられると考えられる。
- ③ 表面ひずみについては、全体的にややデータにバラツキがあるが、特異データを除いた場合には、内部ひずみや有効応力と同様に初期養生効果がみとれる。
- ④ 結合水率の測定では、室内基礎実験の結果と比較すると、実験条件による差異はほとんどなく、初期養生による効果は明確にあらわれなかった。

4. まとめ

覆工コンクリートの品質や仕上がりについての要求が向上しており、これに応えることを目的としてシステムチック養生台車の現場適用を実現した。室内基礎実験を

経て、検討・開発・現場適用したことで以下の内容の見解を得ることができた。

- (1) 室内基礎実験の結果からは、最初の 2 日間は封緘養生が、以降の 4 日間は湿潤養生を行うのが収縮ひずみの抑制には適当であることがわかった。
- (2) 現場実験結果から、初期養生を実施することによる効果を、一部を除き定量的に確認することができた。
- (3) 総合的には、従来の脱型した直後から外気に直接接触するような条件と比較して、システムチック養生台車を現場適用することで養生条件が改善でき、コンクリートの品質向上に良い影響を及ぼすことを定量的に評価することができた。

また、最終覆工コンクリート打設完了から約 3 ヶ月経過した時点でクラック調査を実施したが、注目していたひび割れの発生が極端に少なかった。これはシステムチック養生台車を導入した効果であり、コンクリートのひび割れ防止と仕上がり面の向上におおいに貢献したものと考えている。

しかしながら、上記のような効果とは裏腹に、養生条件については数少ない室内基礎実験条件から選定したことから、いまだ検討の余地があり、湿潤養生についてもコンクリート面への養生水の供給にやむを得ないなどの技術的な問題、また、覆工セントルと 3 台の養生台車を 1 度に移動させなければならないなどの作業上の問題点などが残った。

今後は、このような問題点を解消した有効な養生方法が開発され、トンネル覆工コンクリートの打設後の養生が通常作業として組み込まれることが望まれる。

謝辞

今回のシステムチック養生台車の現場適用実験にあたっては、現場での適用、計測器の埋設をご快諾いただいた西日本高速道路中国支社鳥取工事事務所殿には深く感謝いたします。

Development and site application of systematic curing truck for quality improvement of the second tunnel lining concrete

Hidemasa SAKA, Kazunori MIZOTE, Minoru ONO, Masao NISHIMURA, Koichi SATO and Akira NONAKA

Abstract

Recently, the quality requirement level of the lining concrete of the tunnel is increased sharply. However, occurrences of the crack by drying shrinkage etc. that originate in curing shortage are still seen a lot. Such crack is confirmed on the other construction site of our company and it is reported to be able to control the occurrence of the crack by executing the curing at the beginning after concrete placing. In this work place, the curing truck to be enforceable of the moist curing for the surface of concrete through the air interception curing was developed for one week after it is placed and site was applied as a systematic curing truck. We laid an instrument to both spans of curing and no curing and tried to make quantitative evaluation.

Keywords: lining concrete, beginning of curing, tunnel, curing truck, crack