

温度ひび割れ抑制が可能な型枠と養生方法に関する研究

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○谷村 将規
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 石山 大祐
 鉄建建設(株) 正会員 西脇 敬一

1. はじめに

本工事は線路下を桁式構造で道路をJES工法によりボックスカルバート化させ、あわせて道路幅員を拡幅する工事である(図-1, 2)。本稿では、線路下函体の地覆コンクリートを暑中期に打設するにあたり、温度ひび割れを抑制するために検討を行った型枠材料や養生方法について報告する。

2. 施工概要

本現場では、線路下函体の地覆コンクリート(1ロットあたり幅0.4m×奥行き4.0m×高さ1.2m)の打設を暑中期に施工する計画であった。施工にあたって打設する暑中コンクリートは、一般に通常のコンクリートに比べ、コールドジョイントなどの初期欠陥や打継ぎによる温度ひび割れの発生確率が高くなる。特に、近年は猛暑により気温が40℃近くまで上昇することも多いため、今回のような薄い部材厚の地覆コンクリートに対しても、温度ひび割れへの留意が必要となる場合がある。

3. 温度ひび割れ対策における課題と方針

温度ひび割れが発生する主な原因は、コンクリート打設後のセメント水和反応による温度上昇やピーク温度以降の急激な温度降下である。これらを抑制する具体的な対策としては、「材料・配合」、「打設」、「養生」の大きく分けて3つの場面での対策が考えられるが、その中で「材料・配合」の対策では、中庸熱・低熱セメント使用におけるセメントサイロの空き問題やコストアップ、「打設」の対策では、コンクリートを冷却させるプレクーリングなどによる大がかりな設備はコストアップとなるため、今回は「養生」段階の対策で実用可能で効果が高い型枠材料や養生方法の検討を行った。

4. 熱特性比較・検討による型枠材料の選定

4-1 選定試験概要

温度ひび割れ抑制に対して効果的な型枠材料や養生方法の選定を目的として実用可能な型枠材料を8ケース準備し、熱特性の比較検討を行った(表-1)。試験体は直方体(700×700×900mm)で、4面を発砲スチロールで覆い、側面2面の型枠面に熱伝達を生じるようにして試験体の中心部に設置した熱電対により温度変化を測定することとした(写真-1)。そして、その中から熱伝達率が最も望ましいケースを選定することとした。

4-2 熱特性比較・検討結果

熱伝達率はコンクリート打設後のセメント水和反応による温度

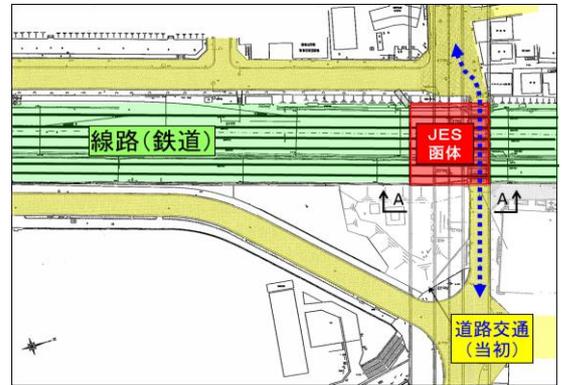


図-1 工事概要図

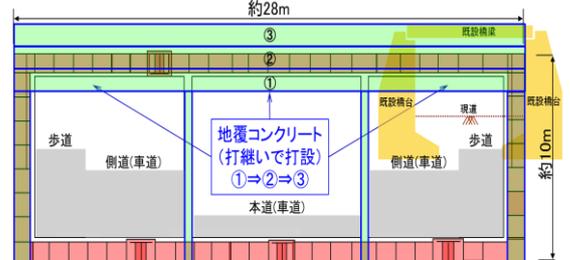


図-2 線路縦断面図 (JES 函体) A-A 断面図

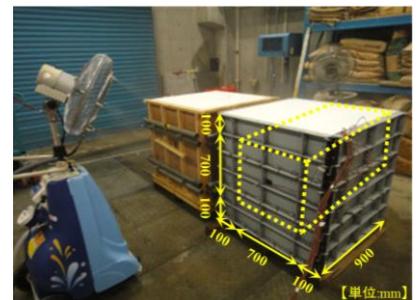


写真-1 熱特性確認試験状況

表-1 型枠検討ケースと熱伝達率

検討ケース	型枠材料または養生方法		熱伝達率 (W/m ² °C)	
	温度上昇時	温度降下時	温度上昇時	温度降下時
①	メタルフォーム		14	
②	合板		8	
③	メタルフォーム+放熱塗料		15	
④	メタルフォーム+発泡ポリエチレン		9.5	
⑤	メタルフォーム	メタルフォーム+発泡ポリエチレン	14	9.5
⑥	メタルフォーム+ミスト送風	メタルフォーム+ガラスウール	100	2.8
⑦	合板+ミスト送風	合板+ガラスウール	8	2.5
⑧	メタルフォーム+冷却シート	メタルフォーム+ガラスウール	14	4

キーワード 温度ひび割れ, 暑中コンクリート, 地覆コンクリート

連絡先 〒110-0005 東京都台東区上野七丁目1番1号 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 上野工事区 Tel.03-3845-8757

上昇抑制と、反応後の急激な温度降下抑制の2段階で検討を行った。その中で検討ケース⑥の熱伝達率がコンクリート温度上昇時、降下時でそれぞれ $100\text{W/m}^2\text{C}$ と $2.8\text{W/m}^2\text{C}$ で冷却と保温効果が総合的に最も大きいことが確認できた(表-1)。その結果、温度降下時の保温効果のみでは、検討ケース⑦が最も大きくなったが、温度上昇時の効果が小さいため、今回は検討ケース⑥を選定することとした。



写真-2 実物大の型枠試験体（左）とミスト養生（右上）、
グラスウール養生（右下）状況

5. 温度ひび割れ抑制効果の確認

5-1 試験施工による検討

型枠材料の選定結果を基に、温度ひび割れ抑制効果を確認するため、実施工と同様な実物大での試験体(幅 0.4m×奥行き 4.0m×高さ 1.2m)を製作して試験施工を実施することとした。その際、通常の木製型枠養生の試験体も製作し、コンクリートの温度変化測定と打設から7日後に型枠を脱型して、目視によりひび割れ発生状況を確認することとした。

5-2 試験施工結果

コンクリートの配合は、試験日の外気温が例年に比べ低くなることが予想されたため、暑中期の施工環境と同程度となるようにひび割れ指数¹⁾を設定し、配合を決定した(表-2)。

表-2 コンクリート配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE 減水剤
37.9	44.1	170	449	727	951	5.13

試験施工では、今回選定した鋼製型枠(メタルフォーム)とミスト冷却及び保温(グラスウール)養生は、熱電対によるコンクリートの温度測定において、最高温度が 37.9C へと低下、かつ温度変化も約 30C 低減できることが確認でき(図-3)、外観観察でもひび割れは発生しなかった。これに対して、通常の木製型枠養生は外部拘束による温度ひび割れの発生が見られ、今回、検討を行った型枠と養生方法は温度ひび割れの抑制効果を有することが確認された(写真-2)。

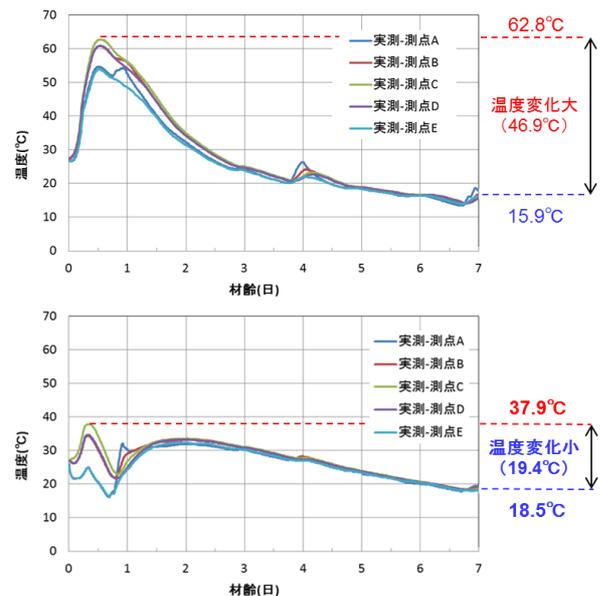


図-3 木製型枠（上）と鋼製型枠（下）の
コンクリート温度変化

6. 実施工における温度ひび割れ抑制効果と適用

今回の試験施工で得られた熱伝達率のデータを基に、実施工の地覆コンクリートで温度応力解析を行い、温度ひび割れ抑制効果の検討を行った。温度ひび割れ指数は木製型枠が1.14、鋼製型枠が1.63となり、ひび割れ発生確率は32.9%から8.2%まで低減できた。また、本抑制方法の適用範囲を検討するため、部材厚を40~70cmに変化させて温度応力解析を行った結果、70cm以下で効果があることが確認できた(図-4)。

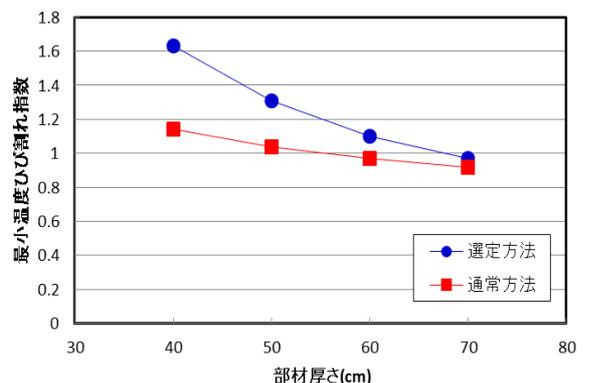


図-4 部材厚さと最小温度ひび割れ指数の関係

7. おわりに

本稿では、線路下函体の地覆コンクリートについて、暑中期に打設する上での温度ひび割れ抑制方法の検討結果と効果について報告した。その中で、本抑制方法は70cm以下の部材厚で型枠材料の転用が可能な条件では適用できる可能性があることが確認できた。本稿が類似施工の参考になれば幸いである。

参考文献

1)土木学会：コンクリート標準示方書設計編，2012