

戸田建設㈱本社ダム技術室	正会員	野々目 洋
戸田建設㈱本社土木工事技術部	正会員	松下 清一
戸田建設㈱関東支店土木部		村松富士登

1. はじめに

今回、断熱養生工法を採用した黒岩橋は、日本道路公団が建設中の磐越自動車の一部を成す構造物で、新潟県三川村において阿賀野川を横断する下部RC、上部鋼構造の延長 279mの橋梁である。一連の工事のうち、橋脚の基礎となる体積約 900m³のケーソン函体2基が冬期施工となり、事前検討により温度応力によるひびわれ発生の危険性が高いことが解り、対策を講じる必要が生じた。種々の対策を比較した結果、断熱材を用い打設後のコンクリート温度の低下を防ぎ、ひびわれを防止する断熱養生工法を採用した。

採用した断熱養生工法は、硬質ウレタンフォーム断熱材を吹付けた型枠を用いてコンクリートを打設し、脱型直後にケーソン側方の表面に同様に断熱材を直接吹付け、引き続き断熱養生を継続するものである。

本報告では、まずコンクリート温度経時変化の測定値とFEMによる解析値との比較を行なう。次に、断熱養生を行なった今回の場合と無養生の場合の温度と応力を算定し、断熱養生効果の検証を行なう。

2. 構造物および養生工法の概要

2-1 ケーソン形状

断熱養生工法を採用した構造物は、橋脚の基礎となる長さ21.2m、幅10.2m、高さ 6.0m（ケーソン刃口 2.0mを含む。）の河川内に構築中のケーソンである。下部は土砂セメントと接しているが、このセメントはコンクリート打設後、材令14日より掘削している。

図-1に解析モデルを示す。ケーソンは左右対称であるのでモデル左端に対称軸を設けた。図中①～⑥は温度の測定点および解析において図化した位置である。

2-2 養生工法

ケーソン側面の断熱養生は、まず、自己発泡性のある硬質ウレタンフォーム断熱材を現場において約3cmの厚さに吹付けた合板型枠を用いてコンクリートを打設した。材令9日に脱型後、直ちに側方の表面に直接同じ断熱材を厚さ約3cm吹付け、養生を継続した。

上面は深さ約30cmの湛水養生を材令9日まで行ない、それ以降は養生マットと散水による養生を行なった。

2-3 コンクリート物性値および表面熱伝達率

用いたコンクリート等の物性値とそれぞれの養生工法の表面熱伝達率を表-1に示す。

これらの値のうち表面熱伝達率は、事前解析に用いた値と温度測定結果より最適な値を定めた。

3. 解析結果

3-1 温度測定値と解析値の比較

図-2 に温度測定値を、図-3 に解析値を示す。

図-2および図-3より測定値と解析値はよく一致しており、特に最高温度は型枠際(測点⑤)の解析値

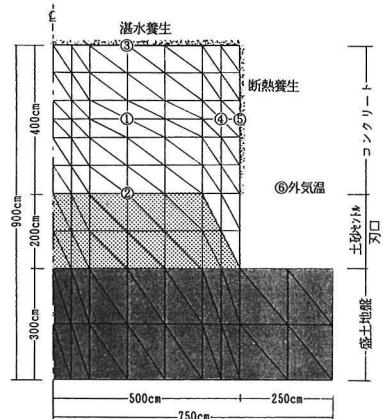


図-1 解析モデル図

表 - 1

項	目	値	備考
	単位セメント量 (kg/m ³)	280	早強セメント
熱伝導率 (kcal/mh℃)	盛土	1.4	
	土砂セメント	1.0	
	コンクリート	2.3	
比熱 (kcal/kg℃)	盛土	0.38	
	土砂セメント	0.50	
	コンクリート	0.30	
単位体積重量 (kg/m ³)	盛土	1,800	
	土砂セメント	1,800	
	コンクリート	2,500	
	打設時コンクリート温度 (℃)	19.0	
	コンクリート断熱温度上昇式 K (℃)	49.49	
	$Q = K (1 - e^{-\alpha x})$	1.322	
打設時地盤温度 (℃)	盛土	17.0	
	土砂セメント	17.0	
表面熱伝達率 (kcal/m ² h℃)	側面 (断熱養生)	1	
	側面 (型枠無養生)	7	比較用
	側面 (脱型後無養生)	10	比較用
	上面 (湿水養生)	8	
	上面 (7mm散水養生)	9	材令9日以降
	外気温	測定値	平均気温

が3.3℃低い他は1℃以内の誤差である。また、中心部（測点①）および中心部下部（測点②）で材令14日以降、測定値が急激に低くなっているのは測点②直下の土砂セントルの掘削をこの日から開始した影響が現れているもので、解析ではこれを考慮していないため差が生じている。

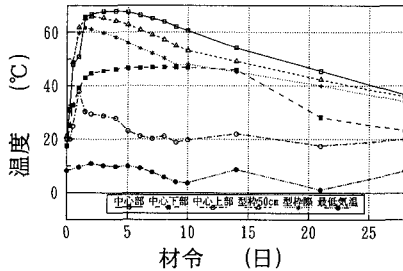


図-2 温度測定値（断熱養生）

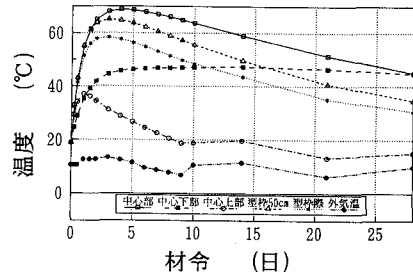


図-3 温度解析値（断熱養生）

3-2 側面無養生の場合の解析値

前項の断熱養生を行なった場合の解析値に対し、側面の表面熱伝達率を無養生の条件に変更した場合の温度解析結果を図-4に示す。

図-3と図-4を比較すると、無養生の場合、断熱養生の場合に比べ中心部の最高温度は0.1℃低くだけであるが、型枠際の最高温度は21.3℃低く、温度低下も早い。型枠際から50cmの位置も同様の傾向を示す。従って、型枠の断熱養生を行なえば中心部の

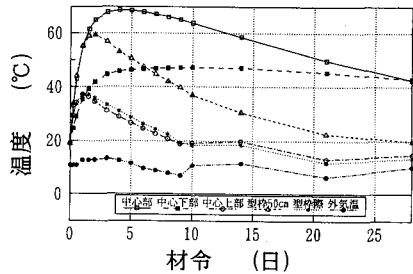


図-4 温度解析値（無養生）

の温度を上げることなく表面付近の温度低下を防ぎ、若材令時における各部の温度差を大幅に緩和でき、更に、脱型後のケーソン側面も断熱養生すればケーソン全体の急激な温度低下を防止できることが解った。

3-3 温度応力解析

断熱養生を行なった場合と無養生の場合の温度応力の解析をCP法を用いて行なった結果を図-5と図-6に示す。なお、コンクリートの強度等の力学的特性値はコンクリート標準示方書に準拠した。

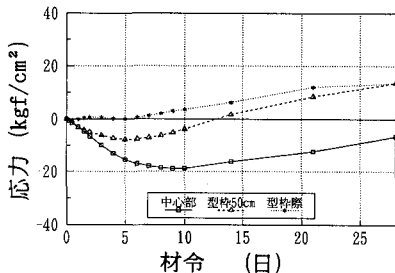


図-5 応力解析値（断熱養生）

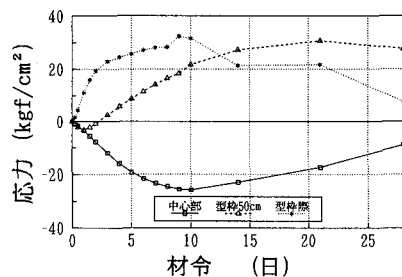


図-6 応力解析値（無養生）

解析より、断熱養生を行なった場合、側面型枠際に大きな引張応力は生じていなく、応力より求めた温度ひびわれ指数も1.5を下回らないことが解った。一方、無養生の場合、側面型枠際に材令10日までの若材令時に30kgf/cm²を超える大きな引張応力が生じ、温度ひびわれ指数も最低0.66まで低下する。これらより、断熱養生工法により温度応力によるひびわれ発生の危険性を大幅に緩和できることが確かめられた。

4. まとめ

ケーソンの養生に硬質ウレタンフォーム断熱材を現場において型枠および構造物表面に吹付ける断熱養生工法を採用した。この結果、温度応力によるひびわれ発生が防止できたことが温度測定結果およびFEM温度解析、CP法応力解析によって確かめられ、本工法の採用はひびわれ発生の防止に有効であった。