

ボックスカルバートの側壁に適用した膨張材のひび割れ抑制効果に関する報告

清水建設株式会社 正会員 ○佐々木 直之 清水建設株式会社 正会員 竹原 昭雄  
 清水建設株式会社 正会員 緩詰 尚樹 清水建設株式会社 正会員 野村 朋宏

1. はじめに

ボックスカルバートの側壁のような壁状構造物は底版コンクリートに下端を拘束されており、部材厚の大小に関わらず収縮ひび割れの発生の可能性が高いことは周知の通りである。このひび割れの発生を抑制するために種々の方策がとられる。今回、壁厚 80cm, 底版厚 1.0m とマスコンクリートの範疇に入るボックスカルバートの側壁部のひび割れ対策として膨張材とひび割れ誘発目地を併用し、さらに膨張材の効果を確認するために計測を実施し、その上で解析的な検討を実施した。以下にその結果について報告する。

2. 工事概要

表-1 に工事概要を示す。本工事は中勢バイパス工事の一貫で、三重県津市の南部に位置する道路工事である。ボックスカルバート 225m (15m×15 ブロック、内空 W=9.5m×H=5.8m×2 連)、U型擁壁部 20m (10m×2 ブロック、W=20m×H=約 5m) の道路となっている。ボックスカルバートは底版厚さ 1.0m, 側壁厚さ 80cm のいわゆるマスコンクリート構造物である。このため、温度応力を主とする収縮ひび割れの発生の可能性が懸念され、計画時にひび割れ対策について検討し、ブロックのスパン中央部に誘発目地を設置するとともに膨張材を適用した。コンクリートの配合を表-2 に示す。膨張材は低添加型膨張材である。

表-1 工事概要

工事名称	平成20年度23号高茶屋道路建設工事
工事場所	三重県津市
工期	2009年2月～2011年10月
発注者	国土交通省
構造概要	ボックスカルバート225m U型擁壁20m

表-2 コンクリートの配合 (24-12-25N)

スパン (cm)	水結合材比 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		水	普通セメント	膨張材	細骨材	粗骨材
12	54	165	286	20	798	1031

3. 計測概要

計測概要を図-1 に示す。計測項目はコンクリート温度と水平方向 (横方向) ひずみおよび外気温とし、測温機能付きのひずみ計を使用した。設置位置はブロック端部から 3.8m, 高さ方向は底版上面から 2.0m で、部材断面の中央部と表面 (かぶり) 部の 2 箇所計測を行った。また、同時に無応力計を設置した。

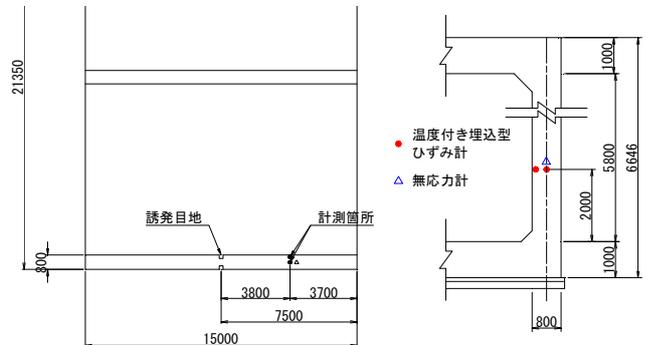


図-1 計測位置図

4. 計測結果

計測結果を図-2, 図-3 に示す。最高温度は 44.1°C で約 30°C 程度の温度上昇が認められた。また、実ひずみは温度上昇時に中央部分で 130μ 程度、かぶり部分で 150μ 程度程度の引張ひずみが認められており、かぶり部分の方が温度上昇は小さいにも関わらず、若干大きなひずみ計測結果となった。

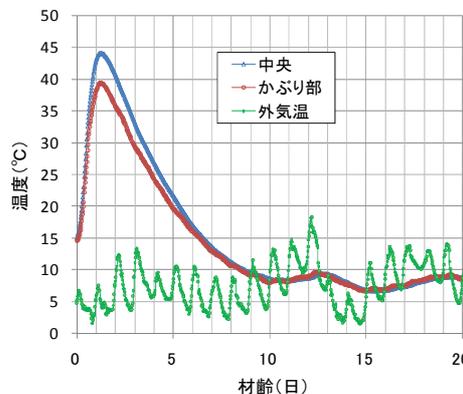


図-2 温度計測結果

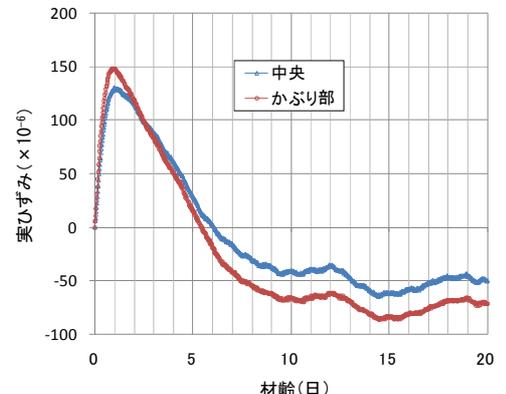


図-3 実ひずみ計測結果

キーワード 温度応力, 膨張材, マスコンクリート, ひび割れ

連絡先 〒460-8580 愛知県名古屋市錦 1-3-7 清水建設(株) 土木技術部 TEL052-201-7623

5. 解析的検討

本計測結果をもとに解析的に検討を行った。解析条件を表-3に、解析モデルを図-4に示す。膨張材のひずみについては、事前に実施した拘束膨張率試験の結果では最終拘束膨張ひずみは  $228\mu$  であった。しかしながら、実構造物の側壁では鉄筋比が膨張率試験の供試体に比較して鉄筋比が小さいこと、膨張率試験では水中養生のため、自己収縮が小さく相対的に膨張ひずみが大きくなること等から、膨張ひずみは膨張率試験結果を低減する必要があると考えた。このためマスコン리트のひび割れ制御指針 2008（以下、マスコン指針）を参考にして表-3の値を採用した。また、線膨張係数については無応力ひずみの測定結果から算定を行った。その結果  $12 \times 10^{-6}$  程度の値となり、一般的に用いられる  $10 \times 10^{-6}$  よりも若干大きな値となった。温度解析結果と実測値の比較を図-5に示す。温度についてはコンクリート標準示方書に示された速度係数を 20%程度大きな値とし、合板の熱伝達係数を  $5W/m^2C$  とすることで実測値の  $44.6C$  に対し、解析値が  $45.1C$  と比較的近い値となった。合板の熱伝達係数が小さい値となった要因としては、ボックスカルバート内部で空気の対流が小さかったことに起因していると考えられる。温度の経時変化状況をもとに水平方向の拘束ひずみを算定した。断面中央部における解析結果と実測値の比較を図-6に示す。図中の実測値は無応力計のひずみと実ひずみの値をもとに算定したものである。温度上昇時の圧縮ひずみは実測値の方が大きくなっているものの、圧縮側のピーク値から引張ひずみへのひずみの増加量については実測値が  $178\mu$  程度に対し、解析値で  $192\mu$  と比較的一致しており、膨張材の効果としてマスコン指針のひずみを適用することが妥当であると判断できる。膨張材有無の解析結果の比較を表-4に示す。引張ひずみで  $50\mu$  程度、応力では  $0.6N/mm^2$  の改善効果が認められ、膨張材のひび割れ抑制効果が確認できる。実際の構造物についてもひび割れは確認されなかった。

6. まとめ

今回、ボックスカルバート側壁のひび割れ対策として膨張材を使用し、計測を実施したところ、以下の様な結果が得られた。

- ・マスコン指針に示された膨張材のひずみ式を適用することで膨張材の効果を比較的精度良く再現できた。
- ・実構造物にはひび割れの発生は皆無で有り、膨張材によるひび割れ抑制効果を確認することができた。

参考文献

- (1) マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 (社) 日本コンクリート工学協会 2008年11月
- (2) コンクリート標準示方書 設計編 土木学会 2007年制定

表-3 解析条件

CASE	膨張材有	膨張材無	備考
コンクリート種類	膨張コンクリート	普通コンクリート	
断熱温度上昇式(°C)	$45.6(1-e^{-t/1.13})$		コ示による
膨張ひずみ( $\times 10^{-6}$ )	$150(1-e^{-(t-0.5)^{1.11}})$	—	マスコン指針による
熱膨張係数( $\times 10^{-6}$ )	12	12	計測結果より
圧縮強度( $N/mm^2$ )	$f_c(t)=t/(a+b \times t) \times f_{ck} \times d$ $f_{ck}(28)=24, a=4.5, b=0.95, d=1.11$		コ示による
引張強度( $N/mm^2$ )	$0.44 \times \sqrt{f_c(t)}$		コ示による
有効ヤング係数( $N/mm^2$ )	$E(t)=\phi(t) \times 4700 \times \sqrt{f_c(t)}$		コ示による
ヤング係数の補正係数	3dまで $\phi 0.73$ 、5d以降 $\phi 1$ 、3d~5d直線補間		有効ヤング係数法(コ示)
打込温度(°C)	20	20	

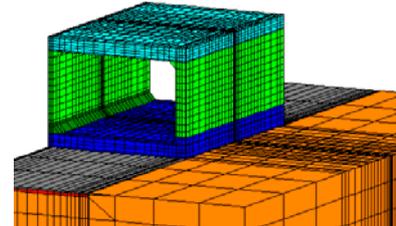


図-4 解析モデル

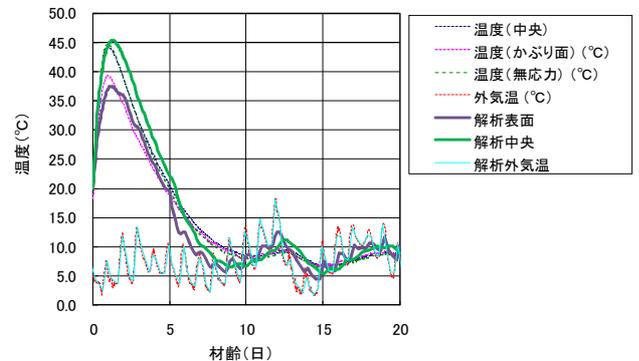


図-5 温度解析結果と実測値

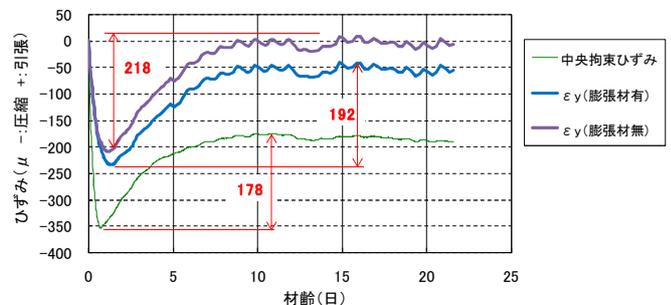


図-6 ひずみ解析結果と実測値

表-4 膨張材有無の解析結果比較

膨張材(有/無)	発生応力( $N/mm^2$ )	ひび割れ指数
有	1.65	1.23
無	2.15	0.95