

名古屋工業大学大学院 学生員 ○後藤 忠広
 名古屋工業大学工学部 正会員 上原 匠
 名古屋工業大学工学部 正会員 梅原 秀哲

1. まえがき

近年、コンクリート構造物に用いる鉄筋やP C鋼材の代替品として、連続繊維補強材に関する研究が盛んに行われている。鉄筋をコンクリート構造物に用いる場合は、鉄筋の熱膨張係数はコンクリートの熱膨張係数とほとんど同じため、温度応力に関しては鉄筋の影響を無視することができる。しかし、連続繊維補強材を使用する場合、連続繊維補強材の熱膨張係数はその材料特性によっても異なり、さらにコンクリートの熱膨張係数と異なるため、コンクリートとの熱膨張係数の差によって生じる応力が新たにマスコンクリートの温度ひびわれの原因になる可能性がある。

そこで、本研究では、温度応力および温度ひびわれ幅を計測した鉄筋コンクリートボックスカルバートを対象として、CPひびわれ幅法^[1]を用いて解析し、計測値との比較検討を行った。さらに、CPひびわれ幅法を用いて、連続繊維補強材を用いたボックスカルバートの温度ひびわれ幅を求め、鉄筋を用いた場合との比較検討を行った。

2. 計測概要

計測を行ったボックスカルバートの断面図および計測位置を図-1に示す。本構造物は奥行きが20mで、下床版部、下壁部、上壁部およびスラブの3リフトに分けて施工された。各リフトの打込み時間間隔は約1ヶ月である。なお、ひびわれ幅の計測は、奥行きが10mの位置に設けられたひびわれ誘発目地部に継目計を設置して行われた。

3. 計測値と解析値との比較

二次元有限要素法を用いて温度を、またCPひびわれ幅法を用いて応力およびひびわれ幅を求めた。解析条件として、初期温度、外気温度、コンクリートの断熱温度上昇量は実測値を基に定め、それ以外は土木学会コンクリート標準示方書に示された値を用いた^[2]。その結果、温度に関して計測値と解析値は良く一致した。次に、応力およびひびわれ幅の計測値と解析値との比較の1例をそれぞれ図-2、図-3に示す。応力については、ひびわれの発生が解析では材令5日であるが計測では材令9日である。しかし、ひびわれ幅については材令5日でひびわれが計測されている。このようにひびわれの発生に時間的なずれが生じたのは、計測器はひびわれ誘発目地部から3m離れた位置にあるが、解析ではひびわれ誘発目地部を対象としているからである。応力およびひびわれ幅ともに解析値は計測値と良く一致しており、CPひびわれ幅法で精度よくひびわれ幅が推定できることが確認された。

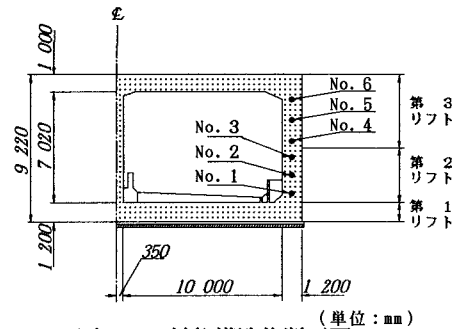


図-1 対象構造物断面図

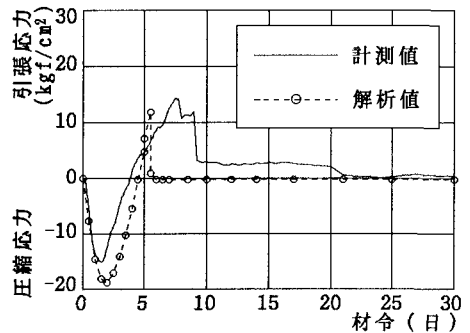


図-2 応力の比較 (測点No.2)

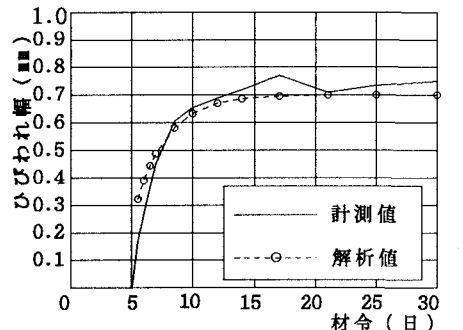


図-3 ひびわれ幅の比較 (測点No.2)

4. 連続繊維補強材を用いたボックスカルバートの温度ひびわれ幅

4.1 解析条件

解析パラメータとして用いた連続繊維補強材は、アラミド繊維、炭素繊維（PAN系）、炭素繊維（ピッチ系）、ガラス繊維、ビニロン繊維の計5ケースである。表-1に各連続繊維補強材の熱膨張係数およびヤング係数の値を示す。解析条件は実構造物で用いた値と同じとする。さらに、ひびわれ幅を制御するためには鉄筋比を大きくすると有効であるので、鉄筋および連続繊維補強材の量を2倍にした場合についても検討した。

4.2 解析結果および考察

下壁部での解析結果を図-4に示す。連続繊維補強材すべての場合において、ひびわれ幅は鉄筋を用いた場合より大きかった。ひびわれ幅の大きさは、ガラス繊維、ビニロン繊維、炭素繊維（PAN系）、アラミド繊維、炭素繊維（ピッチ系）の順であった。これはヤング係数の小さい順になっている。CPひびわれ幅法では、ひびわれ幅 $w = 2\delta s \{ \varepsilon_s + (\alpha_s - \alpha_c) \Delta T \}$ （ ε_s :補強材のひずみ、 α_s :補強材の熱膨張係数、 α_c :コンクリートの熱膨張係数、 ΔT :時刻0からの温度差）で表され、 ε_s はヤング係数に大きく影響されるためであると考えられる。なお、鉄筋と連続繊維補強材のひびわれ幅は上壁部においてはまったく同じであった。次に鉄筋および連続繊維補強材の量を2倍にした場合は、上壁部ではひびわれ幅の変化は見られなかった。下壁部では、鉄筋、アラミド繊維、炭素繊維（ピッチ系）のひびわれ幅は0.1mmほど小さくなったが、炭素繊維（PAN系）、ガラス繊維、ビニロン繊維においては値の変化はほとんどみられなかった。

5. 結論

本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

1) 鉄筋コンクリートボックスカルバートを対象としてCPひびわれ幅法を用いて解析を行った結果、解析値と計測値はひびわれ発生時刻およびひびわれ幅とも良く一致しており、CPひびわれ幅法を用いて精度よくひびわれ幅を推定できることが確認された。

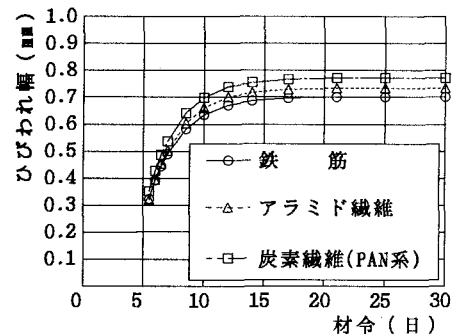
2) 連続繊維補強材を用いたボックスカルバートの温度ひびわれ幅の解析を行った結果、下壁部では連続繊維補強材すべての場合においてひびわれ幅は鉄筋を用いた場合より大きくなり、鉄筋および連続繊維補強材の量を2倍にすると鉄筋、アラミド繊維、炭素繊維（ピッチ系）のひびわれ幅が0.1mmほど小さくなるが、他の補強材はほとんど変化しないことが明らかになった。

〈参考文献〉[1] マスコンクリート温度応力委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1993年

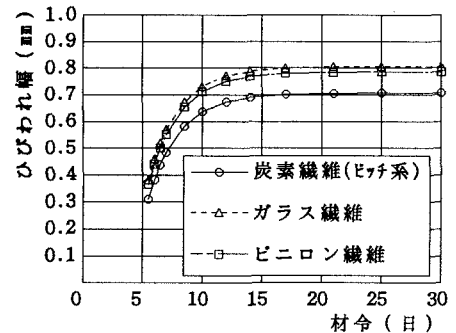
[2] コンクリート標準示方書〔施工編〕、土木学会、1991年

表-1 解析パラメータ

		熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	ヤング係数 ($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)
鉄筋		10.0	21.0
炭素繊維	PAN系	1.0	4.0
	ピッチ系	0.68	15.0
アラミド繊維		-5.7	6.6
ガラス繊維		9.5	3.25
ビニロン繊維		4.4	3.7



(a) 鉄筋、アラミド繊維、炭素繊維（PAN系）



(b) 炭素繊維（ピッチ系）、ガラス繊維、ビニロン繊維

図-4 ひびわれ幅の比較