

V-35

軽量コンクリートの温度特性に関する一考察

J R 東日本 東北工事事務所 正会員 ○古林 秀之
 J R 東日本 東北工事事務所 正会員 大庭 光商
 J R 東日本 研究開発センター 正会員 竹市 八重子

1. はじめに

近年、上部工の軽量化を目的として軽量コンクリートを用いた構造物が注目されている。軽量コンクリートは通常のコンクリートと比べて、打設時に発生する温度が高く、セメントの水和熱に起因する温度応力に課題を有している一方で、軽量コンクリートに対する温度特性の研究は少ないのが実情である。

本論文では、軽量コンクリートを用いた3径間連続PC箱桁の温度解析・実橋計測を行い、軽量コンクリートの若材令時における温度特性・クリープ性状等について述べる。

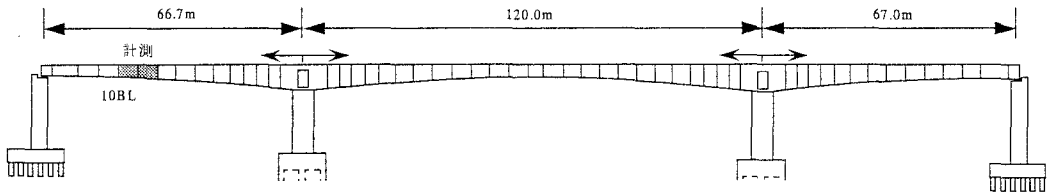


図-1 構造物全体略図

2. 構造物と計測概要

今回実橋計測を行ったのは、全長256m、中央径間120mの3径間連続PC箱型ラーメン橋である（図-1）。本橋梁はカンチレバー工法による長大PC橋梁であり、主桁には24時間吸水率3%以下という吸水率の小さい軽量粗骨材を採用した。コンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。

計測は9BL、10BLのウェブについて、既設ブロックから2.0mの位置に熱電対、コンクリートひずみ計、有効応力計を埋め込み、コンクリート温度・応力・ひずみを計測した（図-2）。

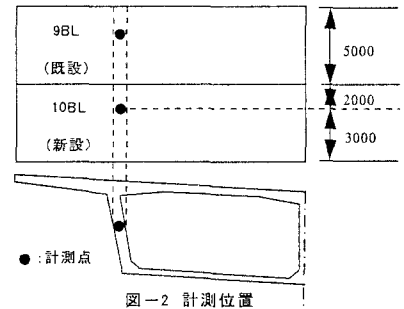


図-2 計測位置

3. 温度解析と計測結果

本橋梁の打設ブロックを考慮した、ウェブの2次元FEM温度解析を行った（図-3）。なお、温度解析に用いた計算条件は断熱温度上昇試験（図-4）を実施し求めた。解析条件を表-3に示す。

計測地点における温度の解析値及び実測値の経時変化を図-5に示す。実測値と解析値を比較すると、温度上昇時・下降時共に良く対応おり、断熱温度上昇試験による物性値は妥当な値であると言える。また、図中には早強コンクリートを用いた場合の計算結果も併記したが、早強コンクリートを用いた場合の最大温度が約60℃程度となるのに対して、軽量コンクリートの最大温度は80℃近くまで上昇し、打設時発生温度は大きくなるのがわかる。

4. 軽量コンクリートの有効弾性係数

若材令時におけるコンクリートのクリープは一般的に大きく、このクリープが内部応力を緩和しひび割れを低減する。従って、弾性係数のみを考慮した弾性理論によれば、温度応力を過大に評価し不合理なものとなる。このため、このコンクリートのクリープによる応力緩和を考慮して解析を行う必要がある。従って、こ

表-1 軽量コンクリート材料

材料名	品質
早強ポルトランドセメント	密度3.14g/cm ³
石灰石微粉末	密度2.70g/cm ³ 、比表面積3800cm ² /g
細骨材（砕砂）	表乾密度2.65g/cm ³ 、吸水率1.63%
粗骨材（ASL1.2G）	表乾密度1.19g/cm ³ 、24hr吸水率1.4%
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
AE助剤	変性アルキルカルボン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 軽量コンクリートの配合

G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	V _G (lit./m ³)	単位量(kg/m ³)				
				水 W	セメント C	石粉 L.S	細骨材 S	粗骨材 G
15	38.1	46.4	320	165	433	94	734	381

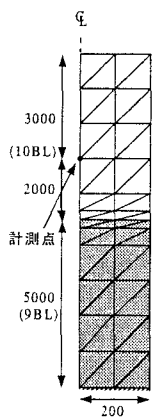


図-3 解析モデル

の若材令時のクリープ性状を把握できれば、温度応力の解析精度が向上することになる。

一般に、材令と共に変化するコンクリートの弾性係数とクリープによる応力緩和を逐次考慮し、弾性係数を適切に減じた有効弾性係数を用いる方法がとられる¹⁾。図-6、7にウェブの有効応力-有効ひずみ関係を示す。図中の材令は有効材令を示し、構造物と同一の条件下で養生した供試体の積算温度(温度×時間)から計算したものである。この図より10BL、9BL共に、温度の上昇域では圧縮応力・圧縮ひずみが発生し、温度下降域に入ると引張方向へと転じ、温度下降域では徐々にその勾配が大きくなっていることがわかる。

図-8には有効弾性係数の経時変化を、表-4には各材令時の有効弾性係数、クリープ係数を示す。この有効弾性係数は、有効応力-有効ひずみ関係の温度下降域における各区間の直線近似より求めたものである。なお図-8にはテストピースから求めた弾性係数 E_c を併記した。表-4より、クリープ係数は材令1~2日で2.7~4.0、2日以降で0.8~1.4となり通常のコンクリートより大きい。つまり軽量コンクリートの若材令時の弾性係数は、クリープにより大幅に低減されていることがわかる。

6. まとめ

本研究により軽量コンクリートの温度・クリープ特性について以下の知見が得られた。

- ① 本解析で用いた断熱温度上昇量は、実橋における実測値と精度良く適合した。
- ② 若材令時のクリープによる応力緩和は大きく、これを考慮することで合理的な温度解析が可能となる。

1) コンクリート標準仕様書【施工編】: 土木学会, 1996

表-3 温度解析条件

コンクリートの種類	軽量コンクリート	早強コンクリート
打込み温度(°C)	30	30
単位体積重量(kg/mm ³)	1.82×10^{-6}	2.30×10^{-6}
比熱(J・kg/°C)	800	921
熱伝導率(W/mm°C)	1.3×10^{-3}	2.33×10^{-3}
熱伝達率(W/mm°C)	1.00×10^{-5}	1.00×10^{-5}
断熱温度上昇式 $T=Q(1-e^{-rt})$	$Q=75.1$ $r=4.35$	$Q=68.3$ $r=2.35$

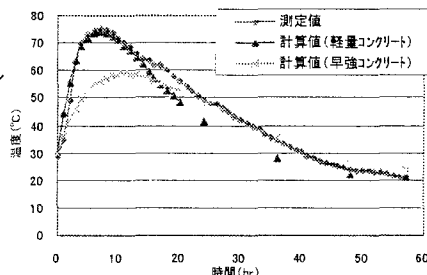


図-5 温度解析結果

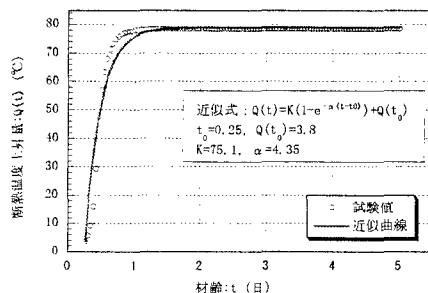


図-4 断熱温度上昇試験結果

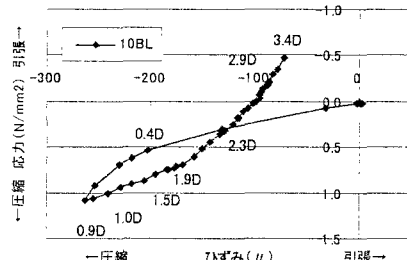


図-6 10BL 応力-ひずみ関係

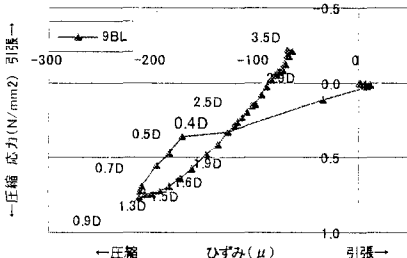


図-7 9BL 応力-ひずみ関係

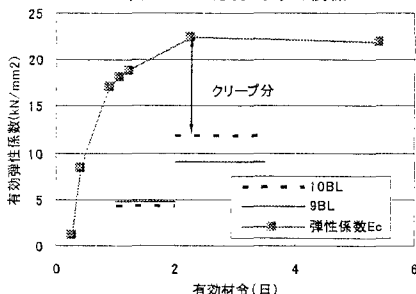


図-8 軽量コンクリートの有効弾性係数

表-4 クリープ係数

BL	有効材令(日)	有効弾性係数 E_e (kN/mm ²)	弾性係数 E_c (kN/mm ²)	低減率 E_e/E_c	クリープ係数 $\phi = E_c/E_e - 1$
9BL	1~2日	4.8	17.8~21.6	0.22~0.27	2.7~3.5
	2日以降	9.2	21.6~22.3	0.41~0.43	1.3~1.4
10BL	1~2日	4.3	17.8~21.6	0.20~0.24	3.1~4.0
	2日以降	11.9	21.6~22.3	0.53~0.55	0.8~0.9