

現場計測に基づく熱膨張係数および自己収縮ひずみの分析

若築建設（株）技術研究所 正会員 秋山哲治
 山口県周南港湾管理事務所 中原健司
 若築建設（株）技術研究所 正会員 壹岐直之

1. まえがき

温度応力解析において、コンクリートの断熱温度上昇特性や熱膨張係数などの、解析に必要な諸定数に関しては、さまざまな推定式や特性値が用いられている¹⁾等。これらの推定式・特性値を用いた温度応力解析結果が実際の構造物の挙動と必ずしも一致するわけではない。温度ひび割れの発生を高い精度で予測するためには、これらの特性値等をどのように設定するかが極めて重要であり、さまざまな条件下で計測された特性を蓄積する必要がある。

本報告では、温度ひび割れ制御対策として超低発熱セメントを使用した橋脚下部工において温度応力計測を行い、計測結果から、熱膨張係数および自己収縮ひずみの分析した結果について述べる。

2. 温度 および ひずみの計測

計測は、図-1に示すA・B両橋脚の第1ロットについて行った。計測対象の寸法、打設日および打設時のコンクリート温度を表-1に示す。また、本橋脚工事で使用した超低発熱セメントのコンクリート配合を表-2に示す。

計測機器は、鋼管矢板井筒基礎の直上となる第1ロット下面中心から、A橋脚は310cm、B橋脚は195cmの位置に設置した。自由ひずみの計測は鉛直方向とした。計測期間は、施工上の制限から、A橋脚が54日間、B橋脚が103日間とした。

3. 温度と自由ひずみの関係

温度の経時変化を図-2に示す。最高温度は、A橋脚が51.2℃、B橋脚が37.0℃となり、発生材齢はそれぞれ2日および3日であった。

図-3に、自由ひずみと温度との関係を示す。同図に示すように、温度とひずみの関係がほぼ直線とみなせる温度下降時で、A・B両橋脚の関係をを用いて近似した結果、熱膨張係数は $10.3 \mu\epsilon / ^\circ\text{C}$ となった。

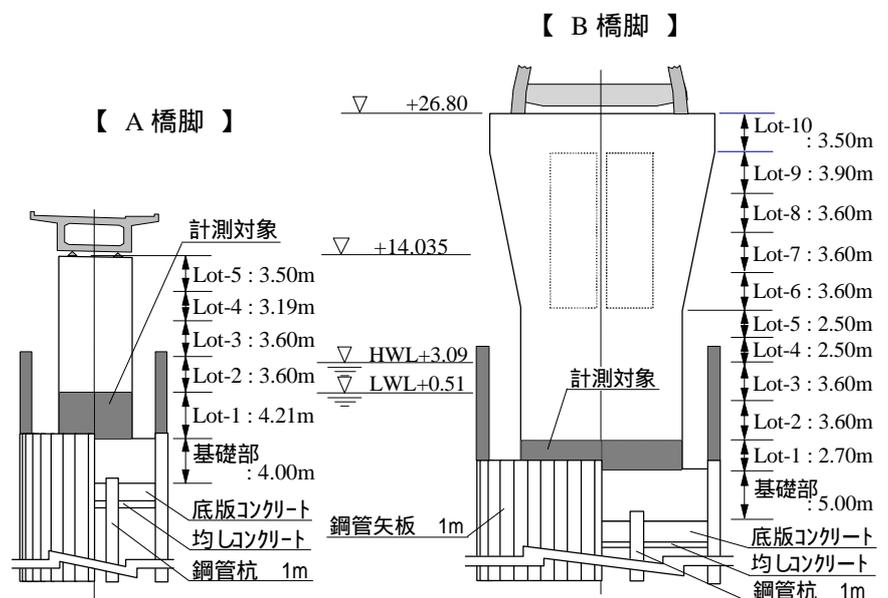


図-1 A・B 両橋脚の概略図

表-1 計測対象の寸法、打設時期等

第1ロットに関する項目	A 橋脚	B 橋脚
寸法 [幅×奥行き×高さ: m]	7.0×3.4×4.21	16.0×5.5×2.7
打設日 [年.月.日]	1999.6.5 (夏季)	2000.3.30 (春季)
打設時のコンクリート温度 [℃]	26.0	16.0

表-2 コンクリート配合 (24-8-20 SLC)

水セメント比 [%]	細骨材率 [%]	単位量 [kg/m ³]				
		セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
55	43.0	291	160	779	1076	3.14

キーワード: マスコンクリート, 温度応力, 熱膨張係数, 自己収縮, 現場計測

連絡先: 〒153-0064 東京都目黒区下目黒2-23-18, TEL 03-3492-0556, FAX 03-3779-7943

4. 自己収縮ひずみ

計測した自由ひずみ ϵ_f から、熱膨張係数を $10.3 \mu /$ として算定した温度ひずみ ϵ_t を、差し引いたひずみを自己収縮ひずみ ϵ_a として図-4に示す。自由ひずみと温度ひずみとの差には、乾燥収縮ひずみも含まれるが、計測位置が躯体内部であることや、長期材齢における計測結果より実ひずみの収縮が認められない³⁾ こと等から、乾燥収縮はなかったと考える。

自己収縮研究委員会報告書²⁾ で提案されている推定式(1)により近似し、近似値として同図に示した。なお、自己収縮ひずみの終局値 ϵ_{a0} および定数 a, b は計測結果より近似した。それぞれの近似値は $\epsilon_{a0} = -30.1 \mu$, $a=0.28, b=0.43$ となった。

$$\epsilon_a(t) = \epsilon_{a0} \cdot [1 - \exp\{-a(t - t_0)^b\}] \quad (1)$$

ここに、 $\epsilon_a(t)$: 材齢 t 日の自己収縮ひずみ推定値 [$\times 10^{-6}$]

ϵ_{a0} : 自己収縮ひずみの終局値 [$\times 10^{-6}$]

$$\epsilon_{a0} = 3070 \cdot \exp(-7.2 \cdot W/B)$$

W/B : 水結合材比, a, b : 定数,

t_0 : 凝結の始発[日], t : 材齢[日]

t および t_0 はコンクリート温度によって次式で補正する。

$$t \text{ および } t_0 = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp\left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)/T_0}\right]$$

ここに、 t_i : コンクリート温度が T である期間の日数[日]

$$T_0 = 1$$

自己収縮ひずみの終局値 ϵ_{a0} を、水結合材比55%として、予測式(1)により算定すると 58.5μ であった。計測結果より近似した値 30.1μ とは異なる結果となった。これらの数値を用いて算定した自己収縮ひずみを、図-4に計算値として示す。なお、予測式(1)の適用範囲は、水結合材比が20~50%程度で、コンクリート温度が20~60 程度の場合である。

5. まとめ

実測による熱膨張係数は $10.3 \mu /$ であり、標準示方書に記載されている値 $10 \mu /$ と同程度であった。

計測結果より近似した、自己収縮ひずみの推定式(1)における定数の値は $a=0.28, b=0.43$ となった。

本工事に使用した超低発熱セメントコンクリートの自己収縮ひずみの終局値は 30.1μ となった。

本検討では、自由ひずみと温度との関係からコンクリートの熱膨張係数を求めた。また、計測された自由ひずみと温度ひずみとの差を自己収縮ひずみとして、その挙動を分析した。その結果、本工事に使用した超低発熱セメントコンクリートに関して、上記のような物性値を得ることが出来た。

[参考文献] 1)土木学会：【平成11年度版】コンクリート標準示方書[施工編] - 耐久性照査型 - , pp.24 ~ 36, 2000.1. 2)日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書, 1996.11. 3)中原健司, 壹岐直之ほか：超低発熱セメントを用いた実構造物での温度応力計測, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, No.2, pp.1087 ~ 1092, 2000.6. 4)秋山哲治, 壹岐直之ほか：超低発熱セメントの使用による温度ひび割れ制御対策, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.23, 2001.7 (掲載予定)

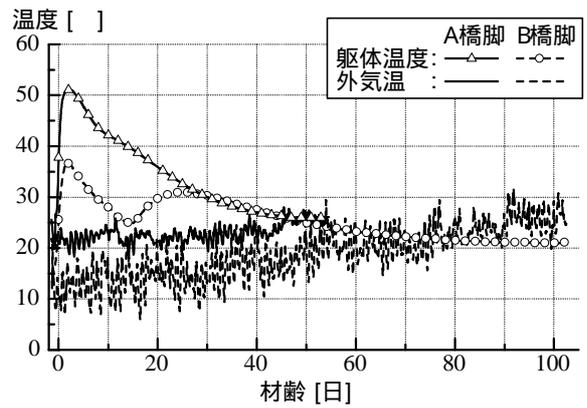


図-2 温度の経時変化

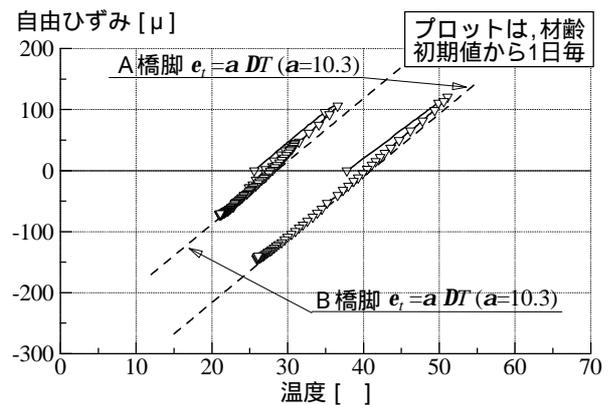


図-3 温度と自由ひずみの関係

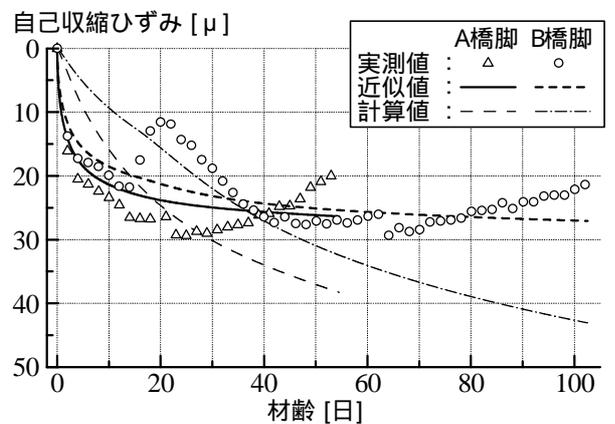


図-4 自己収縮ひずみ