

V-528

実構造物における温度・ひずみ・応力の計測結果

若築建設 土木本部設計部

正会員 壹岐 直之^{*1}運輸省第五港湾建設局 清水港工事事務所 次長 小山田孝^{*2}

若築建設 下田工事事務所

小栗 純也

1. まえがき

下田港防波堤整備の一環として双胴型ケーソンが製作されている。図-1に示すよう、フーチング部は断面が大きいいため温度ひびわれが懸念され、近傍に鋼殻があるため乾燥・自己収縮の影響が不明であった。そこで、フーチング部の温度・ひずみ・応力の計測を行い、計測値から自己収縮ひずみおよび有効弾性係数の予測式中の定数を同定した。

2. コンクリートおよび計測項目

配合は、W/C=53.5%、単位量 $C=307$, $W=164$, $S=891$, $G=925\text{kg/m}^3$ である。セメントは、高炉セメントB種、比表面積 $3920\text{cm}^2/\text{g}$ 、スラグ置換率は42%である。呼び強度は 24N/mm^2 、標準試験による28日強度は 31N/mm^2 であった。なお、フーチングは乾燥収縮に対する養生を行った。

コンクリートの温度およびひずみを、熱伝対および埋込型ひずみ計を用いて計測した。これらは、フーチング端部から3m離れた断面内で、図-1に示すように配置した。事前解析では、この断面位置までは、法線方向の温度・応力の分布が一樣であった。コンクリートの有効応力およびコンクリートの自由収縮を、有効応力計および無応力ひずみ計を用いて計測した。これらは、端部から4m離れた断面内でNo.7に対応する位置に配置した。

3. 温度および実ひずみ

温度および実ひずみの計測結果を図-3 および図-4に示す。材令の初期値は、有効応力の立ち上がりから判断し、打設から0.6日経過した時点とした。温度はフーチング中央のNo.7において材令2日で最高値 45.6°C に達した。材令20日程度以降では、コンクリート内部の温度はすべての計測点においてほぼ定常状態となった。実ひずみは最高温度を記録した材令2日で 100μ 程度となった。材令2日以降では収縮し、材令20日程度ではほぼ定常状態となった。実ひずみの最大値と最小値との差は 300μ 程度であった。長期にわたる収縮は認められなかったため、乾燥収縮の影響はなかったと考える。

温度とコンクリートの自由収縮ひずみとの関係を図-4に示す。熱膨張係数 $\alpha_T=10.5\mu/\text{C}$ として計算した温度ひずみを実線で示す。材令2日以降の温度

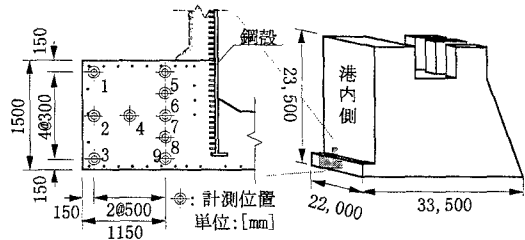


図-1 計測位置

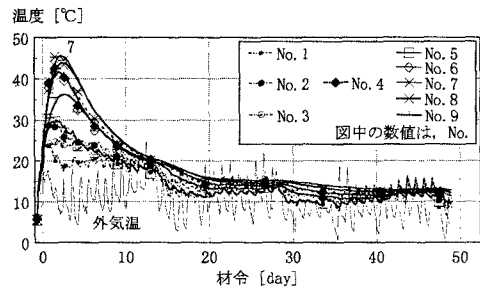


図-2 温度計測結果

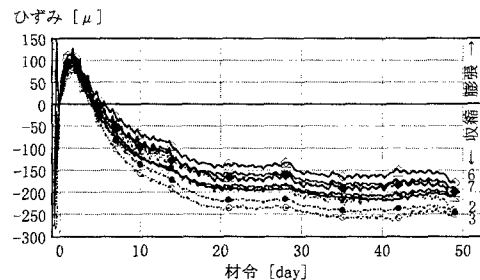


図-3 実ひずみ計測結果

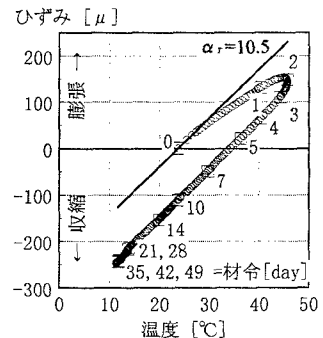


図-4 温度-ひずみ関係

キーワード : マスコンクリート, 温度ひずみ, 自己収縮, 有効弾性係数, クリーブ

^{*1} 東京都目黒区下目黒 2-23-18 ・ TEL:03-3492-0495 ・ FAX:03-5487-3867

^{*2} 静岡県下田市 3-18-25 ・ TEL:0558-23-1208 ・ FAX:0558-23-4249

降下時では自由収縮ひずみと温度ひずみの傾きが一致した。自由収縮ひずみと温度ひずみの差は、材令3日まで収縮側に増加し、110 μ に達した後はほとんど変化しなかった。

自由収縮ひずみと温度ひずみの差は自己収縮ひずみであるとする。予測式 1)¹⁾での定数を最小自乗法で同定した結果、 $\gamma=1.71, a=0.25, b=120$ となった。これらの値を用いた計算と実測による自己収縮ひずみを図-5に示す。

$$\varepsilon_c(t) = \gamma \varepsilon_{c0} \beta(t) \quad 1)$$

ここに、 $\varepsilon_{c0} = 3070 \exp\{-72W/B\}$: ひずみ終局値 [μ]

$$\beta(t) = 1 - \exp\{-a(t-t_0)^b\} : \text{進行を表す関数}$$

γ : セメントおよび混和剤種類の影響係数

W/B : 水結合材比、

a, b : 定数

t_0, t : 温度補正した魏結の始発、および材令 [日]

4. 有効弾性係数および有効応力

コンクリートの有効弾性係数の経時変化を図-6に示す。実測値は、各材令での有効応力の変化量を、有効ひずみの変化量で除した値とした。有効ひずみは、実ひずみから熱膨張係数 $\alpha_T = 10.5 \mu / ^\circ\text{C}$ とした温度ひずみと前述の自己収縮ひずみを差し引いた値とした。図-6には、コンクリート標準示方書での予測式 2)²⁾で算定した値も示した。この式での補正係数は、材令3日までは0.73、材令5日以降は1.0を用いることを標準としている。実測値はこの補正係数を用いた計算結果より小さい値となった。式 2)中の圧縮強度の推定値は標準試験の結果とほぼ一致している。これは、式 2)はひびわれ発生への予測に用いるものであるため弾性係数を大きめに見積もる傾向があり、また、ひびわれ発生への予測には温度ひずみのみを考慮するため自己収縮ひずみ等の影響をクリープ係数に取り込んである、ことが理由であると考えられる。ここで、補正係数を材令に伴う変化はないと仮定して最小自乗法で同定すると、 $\Phi(t) = 0.5$ となった。

以上の定数を用いて算定した有効応力を図-7に示す。有効応力の経時変化は内部拘束の傾向を示し、引張応力はコンクリート標準示方書 2)で推定した引張強度以下となった。実構造物においてもひびわれは発生しなかった。推定した引張強度 2)は、既往の研究と同様に、割裂引張試験値の80%程度であった。

$$E_e(t) = \Phi(t) \times 4700 \times \sqrt{f'_c(t)} \quad 2)$$

ここに、 $E_e(t)$: 有効弾性係数 [N/mm^2]、 $\Phi(t)$: 温度上昇時でのクリープの影響が大きいことによる補正係数
 $f'_c(t)$: 圧縮強度の推定値 [N/mm^2] (高炉セメントB種として、 $a=6.2, b=0.93$)

5. まとめ

自己収縮ひずみは110 μ 程度に達し、JCIの予測式 1)での定数を示した。有効弾性係は、コンクリート標準示方書での予測式 2)で補正係数を0.5とした計算値と、一致した。本構造物のフーチング部は内部拘束の傾向を示した。

【参考文献】

1) 日本コンクリート工学協会: 自己収縮研究委員会 報告書, pp.117~121, 1996.11

2) 土木学会: コンクリート標準示方書 [平成8年版] 施工編, pp.190~191, 1996.3

3) 清宮理, 野口孝俊, 横田弘: コンクリート部材の温度ひびわれ発生簡易予測法の適用例, 港湾技研資料, No.664, 1990.5

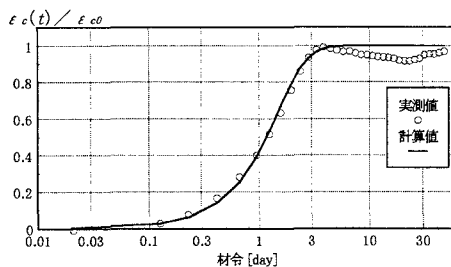


図-5 自己収縮ひずみの実測値と計算値

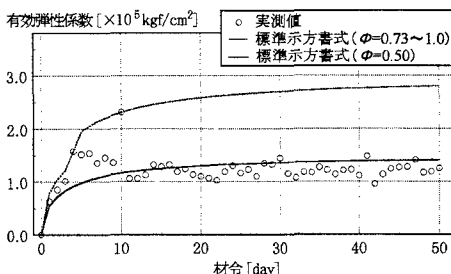


図-6 有効弾性係数

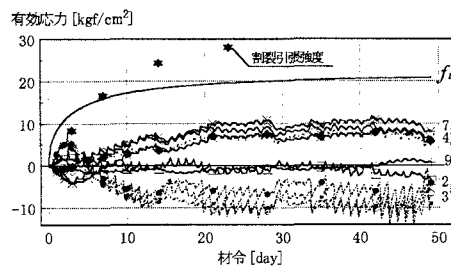


図-7 有効応力とコンクリート引張強度