

鹿島建設 正員 野尻 陽一
 正員 田沢 雄二郎
 正員 〇秋山 暉
 東京工業試験所 石堂 善彦
 千代田化工建設 河田 敏治

1. はじめに

海水淡水化装置用蒸発缶体の内部は運転時に 100°C あるいはそれ以上の熱海水と水蒸気で満たされると同時に、その機能上、高度の気密性が要求される。しかしこのような条件下で運転される蒸発缶体にコンクリート構造を利用する場合にはひびわれの発生が予想され、気密性の低下が考えられる。特にコンクリート蒸発缶体の場合、缶体内外の温度差による熱応力がひびわれの主要原因となり、その意味で、この熱応力の発生の機構とその大きさを正確に把握する必要がある。そこでこのような熱応力に対して最も有利な構造と考えられるプレストレストコンクリート小型缶体2個について、種々の条件下での缶体の温度分布とこれに伴う熱応力を測定した。この報告は、この内、内部に隔壁のない缶体に関するものである。またコンクリートの温度上昇による物理的性質の変化についてはこれと平行して材料試験を行なって確認した。

2. 実験方法

実験に供した試験体はPC構造で平均約 $50\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ のプレストレスが導入され内外温度差 30°C においてほぼフルプレストレス状態になるように設計されている。測定はコンクリートの温度・ひずみ、鉄筋のひずみ等について行なったが、その計器位置及び試験体の概略寸法を図-1に示した。温度条件はボイラーからの蒸気をタンク内に吹込み、ここで温度コントロールされた熱水を缶体内に満水状態で流して与えた。

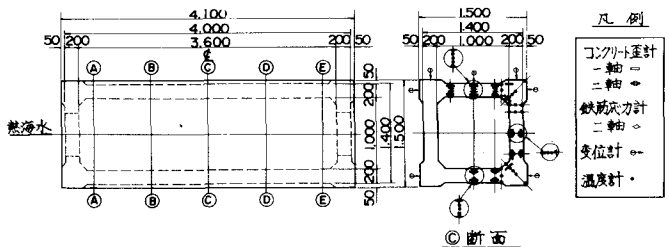


図-1 計器取付け位置の一例(試験体I)

の概略寸法を図-1に示した。温度条件はボイラーからの蒸気をタンク内に吹込み、ここで温度コントロールされた熱水を缶体内に満水状態で流して与えた。

3. 実験結果と考察

3-1 コンクリートの温度分布

部材中央付近の温度分布が直線に近い分布となったのは加温してから45時間後であり、隅角部を除いては図-2のように断面内の温度分布がほぼ定常状態に達した。この温度分布においては各部材の平均温度の差は少なく、熱応力は部材内外の温度差に支配されると考えられるので、熱応力の曲げ成分について検討することとした。

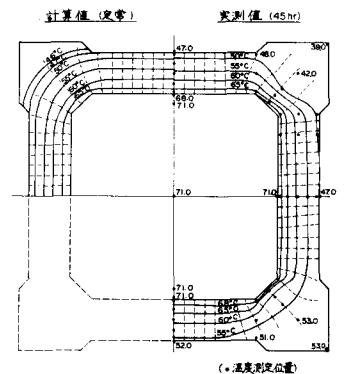


図-2 温度分布の実測値と計算値との比較

3.2 熱応力相当ひずみ

コンクリートの温度変化による自由膨張以外で生ずるすべてのひずみ量を熱応力相当ひずみと考え、カールソン歪計とワイヤストレンゲージ型鉄筋計の測定値について、コンクリートの線膨張率 $\alpha_c = 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、鉄筋の線膨張率 $\alpha_s = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の補正を行なってひずみを求めると図-3のようであった。これより液温の上昇とともに部材の内側には圧縮応力が、外側には引張り応力が生じていることがわかる。各部材に生ずる曲げモーメント成分は外側計器と内側計器とのひずみ量の差で現われるが、カールソン歪計及び鉄筋計とも曲げモーメント成分についての挙動は一致した。しかしその絶対値にいく分差が生じたが、これは各計器の特性値の違いによるものと思われる。

3.3 熱応力

いま長軸方向のひずみを ϵ_L 、断面方向を ϵ_T とすると、断面方向の熱応力は

$$\sigma_T = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_T + \nu \epsilon_L)$$

として得られる。上式のひずみ ϵ_T 、 ϵ_L に実験から求めたひずみを代入し、材料試験から求めた $E = 3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\nu = 0.18$ を用いて得られた熱応力の内、設計位置における引張り応力度を図-4に示した。この図より長軸方向及び断面方向の応力度がほとんど等しく、熱応力による曲げモーメントは箱型構造物の断面内にはほぼ一様に作用するものと思われる。

これは試験体が対称性を有し、しかも温度条件も対称であったので、各部材は隅角部において完全に曲げを拘束された挙動を示したためと考えられる。そこで各部材が一方向の曲げを完全に拘束されている場合の計算式 $\sigma = E\alpha\Delta T/2$ 、二方向の曲げを拘束されている場合 $\sigma = E\alpha\Delta T/2(1-\nu)$ の各 ΔT に温度分布より得られた部材中央の温度差を代入して求めた熱応力を併記したが、熱応力は一方向拘束の場合の計算値に近く、二方向拘束の場合の値を越えることはなかった。これよりこの種の箱型構造物で缶内温度を一定に保ったときには二方向拘束と考えた設計値を用いて十分安全であろうと思われる。同図は計器位置における熱応力であるが、線応力度に換算しても最大 3.5 kg/cm^2 程度の値であるから初期に加えた 50 kg/cm^2 の圧縮力を越えることはなく、試験を通して全断面有効としてコンクリートが働いたことが確認された。

なお隅角部付近の熱応力及び温度分布が非定常状態にある場合の熱応力に関してはさらに検討する予定である。

おわりに本試験を通じて東京工業試験所の藤井欽二郎博士に終始御指導、御助力いただいたことを付記するとともに謝意を表します。

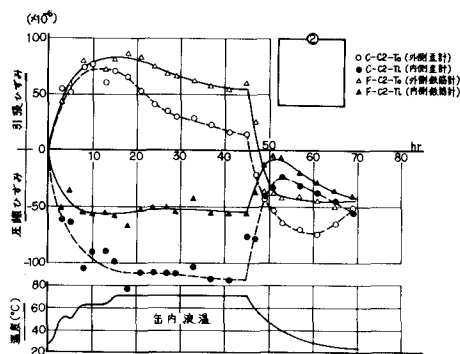


図-3 ひずみの変化

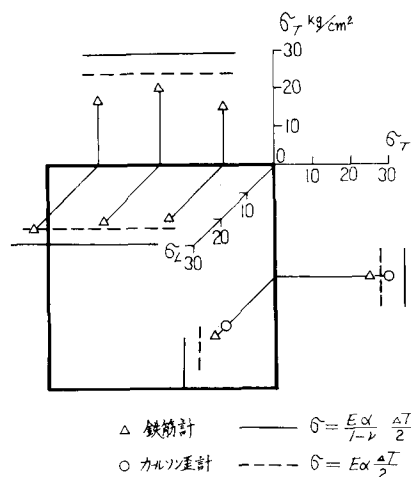


図-4 熱応力度分布図