

V-424 コンクリート製円筒壁の温度応力解析

研修生（若築建設㈱）
運輸省港湾技術研究所
運輸省港湾技術研究所

正会員 ○長廻 幹彦
正会員 清宮 理
正会員 山田 昌郎

1. まえがき

セメントの水和熱による温度ひびわれは、構造物の大型化に伴い港湾構造物でも問題化してきている。温度ひびわれはその性質上部材を貫通するものであり、厳しい海洋環境下に設置される港湾構造物では、海水の浸入などによりその耐久性に大きく影響を及ぼす。したがって極力コンクリート打設直後の温度ひびわれの発生を抑制することがのぞましい。現在、境港や紀伊長島港で大水深防波堤として建設が進んでいる二重円筒ケーソンでも材料や施工条件によっては温度ひびわれ¹⁾の発生が予想される。そこで円筒壁の模型温度応力実験および3次元F. E. M. による温度応力解析を行い、円筒部材の外部拘束度を調べた。

2. 模型実験

直径5m、壁厚25cmのコンクリート製円筒部材を八角形のコンクリートブロック上に製作し、内部温度、コンクリートひずみ、ひびわれ発生の有無等を計測した。図-1に試験体形状を、図-2に計測器の配置をしめす。実験は打設高さHを0.5m、1.0m、1.5mと変えて3ケース行なった。使用したセメントは普通ポルトランドセメントで、単位セメント量は400kg/m³である。図-3に試験体No. 2(H=1.0m)で計測された温度とコンクリートの円周方向の有効ひずみの経時変化をしめす。コンクリート打設後3日以降は断面下部では引張応力が発生しており、断面上部では逆に圧縮応力が発生している。このことから今回の模型実験では内部拘束よりも外部拘束が卓越しているといえる。

計測された温度分布より内部拘束ひずみを算出し、有効ひずみから引いて外部拘束ひずみを求めた。さらに次式によって外部拘束度を算出した。

$$K_R = \frac{\Delta \sigma_R}{\alpha_c \cdot E_c \cdot \Delta T} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta \sigma_R$; 外部拘束応力の変化量(kgf/cm²)

ΔT ; 断面平均温度の降下量(°C)

α_c ; コンクリートの熱膨張係数(1/°C)

E_c ; コンクリートのヤング係数(kgf/cm²)

こうして求めた拘束度を、ACI法による直立壁での拘束度と比較した。ACIの方法では拘束体の剛性の影響を考慮するために、図表から読みとった拘束度

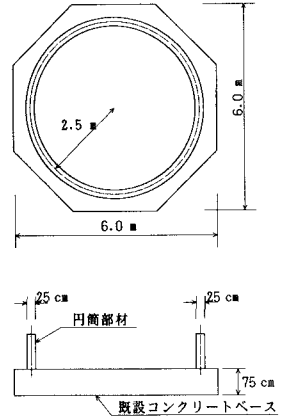


図-1 試験体形状

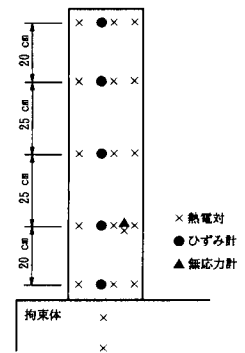


図-2 計測器配置図

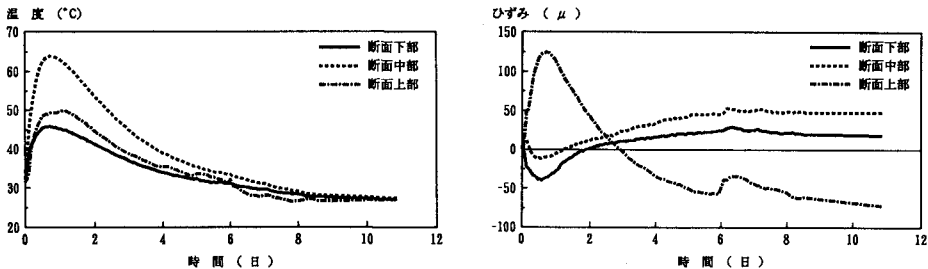


図-3 計測結果の経時変化図

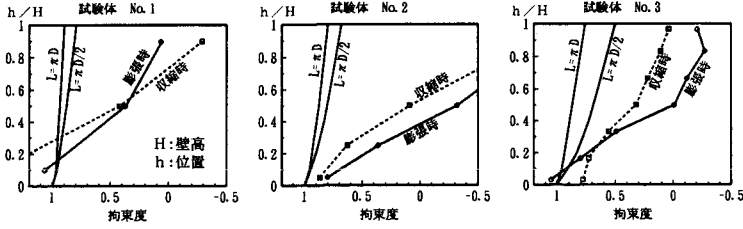


図-4 外部拘束度(実験)

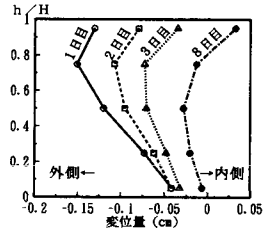


図-5 円筒壁の変位(実験)

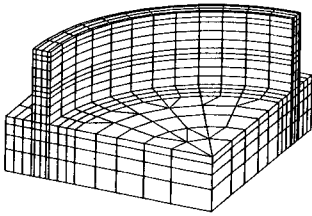


図-6 数値解析モデル

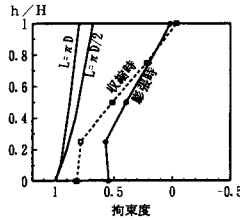


図-7 外部拘束度(F.E.M.)

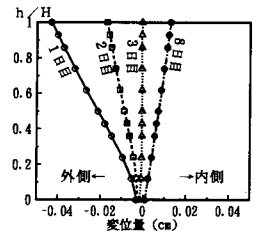


図-8 円筒壁の変位(F.E.M.)

に補正係数Mをかける必要がある。したがって実験値から求めた拘束度を拘束体と被拘束体の剛性比から算出したMでわってACI図表と比較した。図-4にその結果をしめす。ACIの方法で拘束度を求める場合、壁長Lとして円周長 πD とその半分の $\pi D/2$ を用いた。実験値から求めた拘束度はいずれのケースでもACI図表による値よりも小さい値となった。またその傾向は円筒壁上部に行くほど大きくなっており、この原因は図-5にしめすように円筒壁が半径方向に変位することにより温度応力が緩和されているためと考えられる。

3. F.E.M.による温度応力解析

円筒壁の半径方向の変位を考慮できる3次元F.E.M.による数値解析を行ない、実験結果と比較した。解析は図-6に示すように壁高1.0mの実験模型の1/4をモデル化して行った。3次元ソリッド要素を用いており、総節点数1495、総要素数1096となっている。熱伝導解析および温度応力解析から求められた温度応力から実験のときと同様に外部拘束度を求めた。その結果、拘束度は図-7にしめすように断面下部で0.6~0.8となっており、模型実験での拘束度とほぼ同じ傾向となった。図-8には円筒壁の半径方向の変位量をしめす。実験で得られた変位量の半分以下の値となったが、温度上昇時には外側へ変位し、降下時には内側へ変位するという経時変化の傾向は同じであった。

4. 結論

円筒壁の温度実験および3次元F.E.M.による数値解析の結果、以下の結論が得られた。

- ①円筒構造物の外部拘束度は通常の一方向に連続した直立壁の拘束度よりも小さい。現在行われている壁長を πD あるいは $\pi D/2$ (D :直径)とする方法では安全側の温度応力を与えることになる。
- ②円筒構造物で拘束度が小さいのは、円筒壁がコンクリート打設後の体積変化時に半径方向に変位することにより応力が緩和されるためと考えられる。
- ③より詳細な検討を行う場合は、半径方向の変位を考慮する必要がある、3次元F.E.M.等を用いるのがよい。

【参考文献】

- 1)清宮 理、野口孝俊：P C円筒波浪制御構造物での温度ひびわれの検討、アストレストコンクリート、Vol. 33, No. 3, May、1991年
- 2)日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひびわれ制御指針、1985年
- 3)江渡正満、木村克彦、小野 定、船崎真司：円筒構造物の外部拘束度に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集11-1、1989年、pp. 481~486
- 4)ACI 207 Committee: Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete, ACI Journal Vol. 70, No. 7, 1973, pp. 445~470