

(株) 竹中土木 正会員 ○中島 徹
 竹中技術研究所 " 吉岡 保彦
 " " 米澤 敏男

1 まえがき 前回「マッシブなコンクリート部材に生ずるひびわれについて」と題して、マッシブな部材が外的に拘束された場合に生ずる拘束応力計算の一方法を示した。この計算方法は、外部拘束応力のみについて計算を行っており、部材内の不均一温度分布による内部拘束応力を無視しているため、実際よりやや危険側に判定を下していると考えられる。本研究では、小規模なモデル実験を行い、内部、外部拘束応力の実際および計算値の対応の結果を報告するものである。

2 実験の概要 図-1は外的な拘束を加えるモデルで、中央部は厚さ10cm高さ45cmとし厚さ10cmの断熱材で両側を囲み、厚さ方向の熱の放散を防いだ。マスコンクリートに対応する不均一温度分布を与えるために、中心部に温床線を配置し、放物線状の温度分布を与えた。

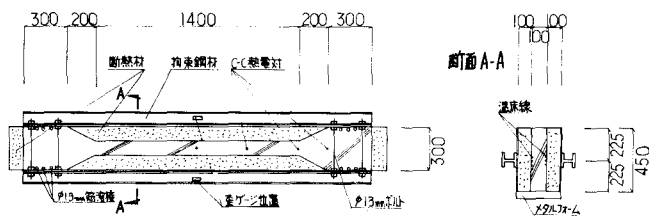


図-1 拘束試験装置

端部は30cmに拡張し、19mm筋を溶接した定着板を有する拘束材と緊着した。拘束材には2種のH鋼を使用し、拘束度を $R = 1 / (1 + A_c E_{c28} / A_s E_s)$ と定義すると、 $R=0.69$, $R=0.45$ となる。コンクリートに生じている外部拘束応力を求めるために、鋼材中心部に各試験体で約12点のワイヤストレインゲージを貼布した。コンクリート内および鋼材の温度はC-C熱電対で測定した。外的な拘束を加えないモデルは、上記図-1のモデルの拘束鋼材を取り除き、端部のふくらみをなくした壁体とした。内部拘束応力を測定するために、部材の表面部、中心部にコンクリート有効応力計を配置した。温床線を用いて中心部に所定の温度履歴を与えるため、図-2に示すプログラム制御可能な温度制御装置を用いた。実験に用いたコンクリートの配合は、前回と同様に単位セメント量 318 kg/m^3 (中庸熱水セメント比50%)としている。

3 実験結果および考察 不均一温度差をできるだけ大きくするために、実際の部材よりもやや大きい中心温度を与えた。すなわち48時間でピークとし、その時点での温度をそれぞれ60℃(温度履歴A), 70℃(温度履歴B)とし、48時間以後はマスコンクリートの温度履歴に相当するようにそれぞれ材令10日, 15日で外気温と一致するように設定した。一例として温度履歴Bを示すがピークでの温度は中心部で69℃, 表面部で36℃を示し、温度差は33℃であり、高さ方向には、ほぼ放物線状の分布を示している。

図-4に温度履歴Aで $R=0.45$ の実験結果を示すが、鋼材のひびきから換算したコンクリートに生じている外部拘束応力は、初期には最大 10 kg/cm^2 の圧縮応力が生じ、材令の経過とともに、

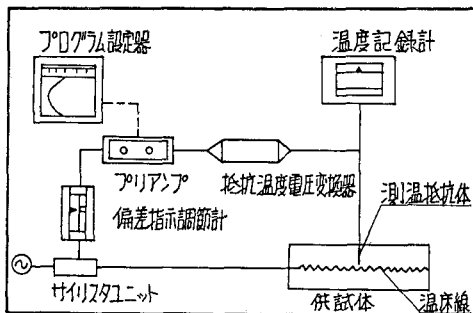


図-2. 温度制御装置

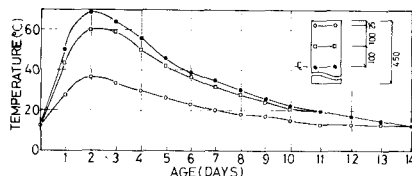


図-3 温度履歴 B

引張域に転じた。材令6.8日で応力が解放されており、ひびわれが発生したものと考えられる。これは目視によるひびわれ発生時期とほぼ一致していた。この時点での外部拘束応力と引張強度との差を内部拘束応力と考えると約14 μm である。

図-5に温度履歴Aで外的な拘束を受けないモデルに設置した応力計の実験結果を示す。表面部は引張域から圧縮域へ、中心部は圧縮域から引張域へと移行している。従来、不均一温度分布による応力分布は、表面部で引張応力、中心部で圧縮応力であり経時的に変化しないものとされてきた。しかし初期温度上昇時では、ヤング係数が小さく表面部で引張応力、中心部では圧縮応力が生じるが応力は比較的小さい。温度降下時では、ヤング係数も大きく表面部より中心部での温度降下が大きいために、初期とは逆に表面部では圧縮応力、中心部では引張応力が生じる。この結果応力履歴としては表面部で引張域から圧縮域へ、中心部で圧縮域から引張域へ移行するものと言える。

表-1に各試験体の実験結果を示す。内部拘束応力は先述したように、ひびわれ発生時の引張強度と外部拘束応力の差であり、()の値は応力計から求めた値である。内部拘束応力の実験方法に関しては、まだ検討の余地はあるが、約8~15 μm 程度であると考えられ内部拘束応力のみでは、ひびわれは生じなかった。温度履歴Aと温度履歴Bとのひびわれ発生時期を比較すると $R=0.45$, $R=0.69$ とも温度履歴Aの方が早く発生している。温度履歴Aはピーク時温度、不均一温度差も温度履歴Bよりも小さいが、温度降下速度が大きいことに起因しているものと思われる。

4 計算値との対応 解析方法の詳細は、別に報告しているが基本的には、コンクリート構造物を n 個の要素に分割し、それを岩盤や既設のコンクリート等に相当するバネで拘束した状態をモデル化し、要素間の自由変形量の差による内部拘束応力と鋼材による外部拘束応力とを同時にクリープ解析している。図-4に、内部拘束と外部拘束を加えた計算値、外部拘束のみの計算値を示している。引張強度を内部拘束応力と外部拘束応力の和が上回る時点(6.2日)でひびわれが発生するものと考えられるが、これは目視によるひびわれ発生時期(6.8日)とほぼ一致していた。また外部拘束応力の計算値と実験値とは比較的良好な対応を示している。図-5に、内部拘束応力の実験値と計算値との関係を示した。初期の対応はやや悪いが全体的には良い対応している。

5 あとがき 本実験により不均一温度分布による内部拘束応力は中心部で、初期に圧縮応力が生じ材令の経過とともに引張域へ転じることが分った。本実験のように比較的大きな温度差を与えたときの内部拘束応力の値は8~15 μm 程度であり、ひびわれを発生させるほどの値ではなかった。しかし、外部拘束応力が加わった場合には、ひびわれ発生の検討に内部拘束応力を考慮する必要がある。この解析方法を用いて算出した内部、外部拘束応力と実験値は比較的良好な対応を示し、マスコンクリートのひびわれ発生予測に十分適用できると思われる。しかしながらモデルと実構造物の対応、クリープ係数等にまだ検討の余地があると思われる。

参考文献

- 1) 丹原他, 土木学会 第32回年次学術講演会 講演概要集 昭和53年
- 2) 吉岡他, 第1回 コンクリート工学年次講演会 講演論文集, 日本コンクリート工学協会 1979
- 3) 米澤他, 土木学会 第33回年次学術講演会 発表予定

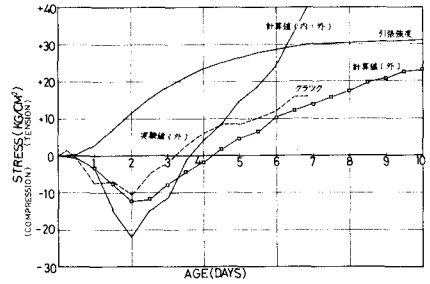


図-4 応力履歴 (温度履歴B $R=0.45$)

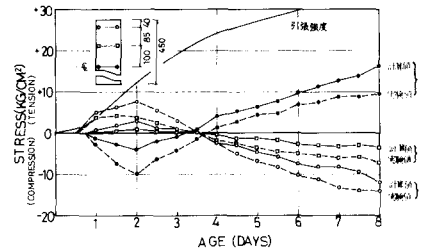


図-5 応力履歴 (温度履歴B $R=0$)

表-1 ひびわれ発生時の応力

温度履歴	拘束度	ひびわれ発生時の材令(日)	ひびわれ発生時の応力(4 μm) 内部拘束応力	外部拘束応力
A	0	発生せず	(9.5)	—
	0.45	6.8	14.0	16.0
	0.69	5.6	9.5	17.5
B	0	発生せず	—	—
	0.45	8.0	17.5	14.5
	0.69	6.1	8.0	23.0