

大成建設技術研究所 正会員 飯 田 一 彦
大成建設技術研究所 正会員 田 沢 栄 一

1. まえがき

近年、鉄筋コンクリート構造物の大型化に伴ない、富配合のコンクリートを比較的マッシブな断面に施工することが多く、この様な構造物のひびわれはセメントの水和熱によると思われるものが少くない。セメントの水和熱によるひびわれを起す温度応力については、硬化時のコンクリートの物性や拘束の実態など不明な点が多く、温度ひびわれの発生条件はまだ明確にされていない。本研究はこの様な観点から、硬化熱により若材令に生ずる温度応力について基礎的なデータの取得を目的にして、実験的な検討を加えたものである。

2. 実験の概要

拘束および無拘束供試体を所定の温度条件下で硬化させ、拘束供試体に生ずる温度応力を測定すると共に拘束、無拘束供試体のひずみの比較から拘束ひずみやクリープ量などを求めた。

拘束供試体は図-1に示す様に10×10×50 cmの測定区間を持つコンクリートを4本のステンレス製パイプで拘束したものである。拘束パイプは恒温水を循環させて20℃の定温に保ち、拘束時のパイプのひずみ測定によりコンクリートに生じている応力を求めた。また、拘束供試体中央部に温度センサ付埋込型ひずみ計(KM-100T)を埋設し、ひ

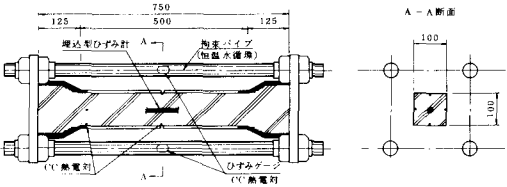


図-1 拘束供試体

ずみを測定した。なお打込後から連続測定を行うため、測定区間の型枠は木製とし中央にスリットを入れた。

無拘束供試体はφ15×60 cmの銅缶にコンクリートを詰め、ひずみ測定用に中心部にKM-100Tを埋設した。

両供試体を温度可変室内に静置し、材令24時間までコンクリートの断熱温度上昇に近い温度に室温を制御しながら養生し、その後は18.2℃/日の冷却速度で冷却した。

コンクリートは表-1の配合で作成した。細骨材、粗骨材は大井川産のものを、セメントはN社製普通ポルトランドセメントを用いた。温度可変室内内で同一養生をしたコンクリートの圧縮強度は、材令1日244 ㎫ ($E_c=3.3 \times 10^5$ ㎫)、材令2日283 ㎫ ($E_c=3.4 \times 10^5$ ㎫)、引張強度は材令2日27.6 ㎫、材令4日32.9 ㎫であった。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 W/C(%)	細骨材 率 S/a(%)	単 位 量 (kg/m³)				
					水 W	セメント C	砂 S	砂利 G (5mm以下)	混和剤 (ポリマー) cc
25	134	19	45	39	170	378	700	1135	95

3. 実験結果

3-1 経時変化 拘束ならびに無拘束供試体から求めた温度・ひずみ・応力の経時変化を図-2に示す。温度は、拘束、無拘束供試体でほとんど差がなかった。ひずみは拘束、無拘束の比較を示した他、拘束供試体のひずみから弾性ひずみ分を補正した無応力状態の曲線、および拘束供試体の応力0点を通る様に無拘束供試体のひずみ曲線を平行移動した線を書き込んである。ここで、温度応力の発生状況を三つの区間に分けて考える。

a) 圧縮応力増加区間 材令1日で冷却を開始するまでは断熱温度上昇を目標としたので、温度・ひずみ・応力はいずれも単調増加となった。拘束供試体はほとんどひずみの変化がなく、材令8時間から圧縮応力が生じ始め、24時間後には12 ㎫の圧縮応力を生じた。ただし、温度や拘束されたひずみの上昇に比べ圧縮応力の増加は少なく、クリープの影響が大きかったことを示している。

b) 圧縮応力減少区間 応力が0になる様に補正した拘束供試体のひずみは、この区間では無拘束供試体のひずみ曲線に平行になる。つまり初期の膨張ひずみの拘束により発生した圧縮ひずみは、温度低下によるひずみ量だけほぼ弾性的に解放されて行くことを示している。

C) 引張応力増加区間 拘束供試体の圧縮応力が 0 になる点からこの区間は始まるが、この点でひずみ曲線が変曲点になっていることが認められる。これは引張応力により引張クリープが生じ始めるのが原因と考えられる。無拘束供試体のひずみを平行移動させた曲線は、引張弾性ひずみを補正した曲線と等しくはならず、図 - 2 にハッチで示す領域は生じた引張クリープ量を示すものとする。なお、本供試体は 25.2% の応力で引張破断した。これは割裂試験による引張強度の 77 % であった。

3-2 温度とひずみの関係 図 - 3 は拘束、無拘束供試体の温度とひずみの関係を示したものである。無拘束供試体の曲線の傾きから熱膨張係数を求めることができる。温度上昇の初期には熱膨張係数が大きい、これは一般に若材令で認められる傾向である。温度降下時のひずみ変化は直線的で、熱膨張係数は $8.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であった。拘束供試体も温度降下時の温度とひずみの関係は直線的で、この間弾性係数が実質的に変化しなかったことを示している。これらの直線の傾きの相違から本実験の冷却時の拘束率は 39% と求まった。

3-3 温度と応力度の関係 図 - 4 に温度と応力度の関係を示す。曲線は、打込み直後の若材令時を除き、圧縮応力増加区間、引張応力減少区間、引張応力増加区間で各々直線と見なすことができる。これらの直線の傾きと図 - 3 で求めた拘束熱収縮ひずみおよびコンクリートの弾性係数から平均的なクリープ係数を求めることができる。こうして求めたクリープ係数は、圧縮応力増加時が 4.9，圧縮応力減少時が 0.2，引張応力増加時が 1.1 であった。

4. まとめ

打込み時から拘束を受けて、温度上昇をしながら硬化するコンクリートには圧縮応力が生ずる。しかし、この間のクリープは大きく、また冷却を開始すると圧縮応力は温度低下分だけほぼ弾的に減少するので、打込み温度まで低下する前にコンクリートには引張応力が作用する。その後の温度降下による引張応力の増加時にも比較的大きなクリープを生ずるが、ひびわれ発生時の引張応力は割裂試験による引張強度よりも小さいことが判明した。

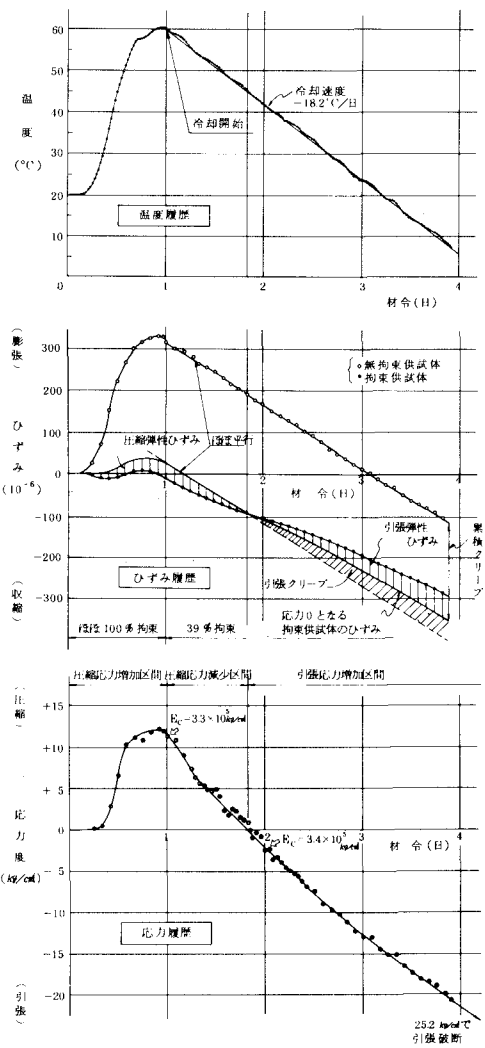


図 - 2 温度・ひずみ・応力の経時変化

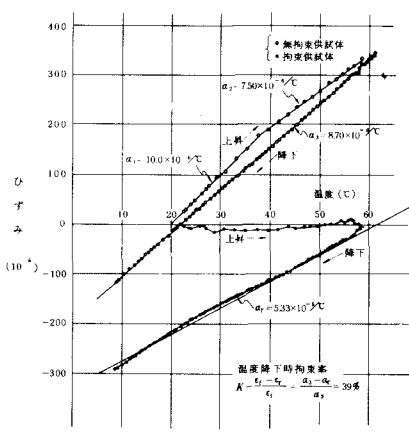


図 - 3 供試体の温度とひずみ

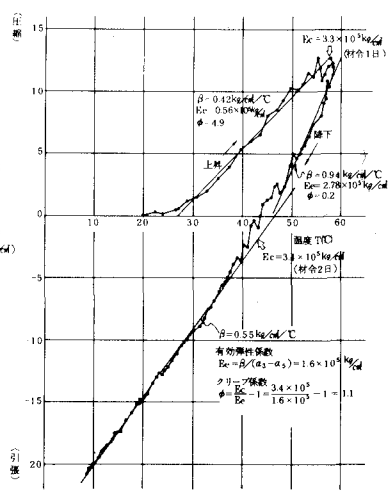


図 - 4 拘束供試体の温度と応力