

榊大林組 土木技術部 正会員 岩崎良一
 榊大林組 技術研究所 正会員 芳賀孝成
 榊大林組 技術研究所 正会員 十河茂幸

1. まえがき

マスコンクリートの温度ひびわれ防止対策としてのパイプクーリングの効果は古くから認められている。しかし、パイプクーリングを行なったマッシブな鉄筋コンクリート構造物の温度応力の実測例は少ない。本報告は、温度応力の低減対策としてパイプクーリングを行なったマッシブな鉄筋コンクリート構造物の温度および内部ひずみを実測した結果とパイプクーリングの効果について若干の考察をしたものである。

2. 施工概要と測定方法

構造物の寸法、形状および測定位置を図-1、図-2に示す。

測定内容は温度およびコンクリートひずみで温度の測定にはCn-O_o熱電対を使用し、コンクリートのひずみ測定には埋込み型

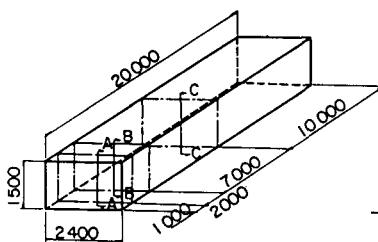


図-1 構造概要と測定位置

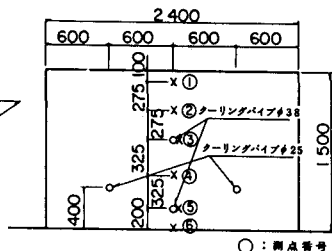


図-2 断面図と測点番号

ひずみ計 (KM-100 F) を用いた。測定位置は構造物長手方向の端部から1, 3, 10mの位置の断面中心とした。クーリングパイプは図-2のごとく断面内に4本配置し、コンクリート打設直後から15~18℃の水を30~70ℓ/minで通水し、冷却を行なった。セメントはフライアッシュB種 (M社製) を使用し、コンクリートの配合は表-1に示すとおりである。なお、コンクリートの強度および静弾性係数の試験結果を図-3に示す。

表-1 示方配合表

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 ポリス No.8
40	12 ± 2.5	4 ± 1	62	38.9	162	260	718	1141	0.65

3. 測定結果および考察

(1) コンクリート温度の経時変化 中央断面 (O) の温度上昇と外気温および冷却水温の経時変化を図-4に示す。なおA, B断面における温度上昇の測定結果もC断面とほぼ同程度であった。クーリングパイプ中間位置の温度は打設後約20時間で最高となり41℃であった。コンクリート打設温度が19℃であるため最高温度上昇量は22℃である。なお、FEMによる計算ではクーリングを行なわない場合材料約40時間で最大温度約47℃に達することになる。また、クーリングパイプ周囲の温度は、クーリングを終了すると急激に上昇したが、クーリングパイプ中間の温度の上昇量は1~2℃程度と小さかった。クーリング終了後の温度降下はかなり緩やかとなり、部材全体の温度がほぼ一様に低下した。

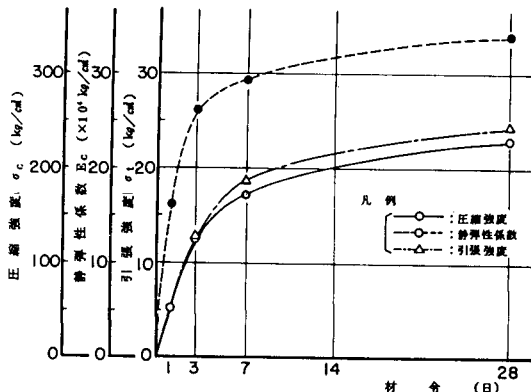


図-3 コンクリートの性質

(2) 断面内の温度分布 C断面の鉛直方向温度分布を図-6に示す。温度上昇時は冷却水や外気などの影響のためパイプ周辺や打継目あるいは表面部分で谷型の不均等な温度分布を生じるが、クーリング終了後はほ

とんど一様となり境界面で熱放散により若干温度勾配がみられる程度であった。なお、図-5は計算による断面内温度分布図で、パイプクーリングを行なうことによって断面中央付近の温度がかなり抑制されていることがわかる。

(3) 温度応力について 各測点に生じる温度応力をひずみの測定結果から求めた結果を図-4, 6, 7に示す。図-4, 6よりクーリングパイプの周囲は、クーリング終了後温度が急激に上昇することによって圧縮応力が増大する。その影響により、クーリングパイプの間では、若干引張応力が増加する。部材内の温度分布がほぼ均等となった後は、部材全体の温度が一様に低下し、旧コンクリートの拘束により温度応力も比例的に引張側に变化する。旧コンクリートによる拘束度を実測結果の温度と応力との関係より算出すると約0.7となり、ACI式で算定した拘束度とほぼ一致する。部材表面付近においては、表面温度と表面と内部の温度差が小さくなるに従って引張応力は減少する。図-6は長手方向の応力分布を示したもので、部材端部より約3 mの位置に生ずる温度応力は中央断面とほぼ同程度である。従って、躯体の長さが約6 m以上の場合は躯体の長さに対する温度応力の影響は小さいと思われる。

(4) パイプクーリングの効果 図-4に示すように、パイプクーリングを行わない場合の計算による最高温度上昇量は、28℃となり、クーリングによる最高温度低減効果は約6℃程度と推定される。したがって推定拘束度を用いて温度応力の低減効果を算出すると約6～8 kg/cm²となり、パイプクーリングの効果が十分に認められる。

4. あとがき マスコンクリートに発生する温度応力の低減のために、パイプクーリングは十分に効果的であることが実測により確認された。構造物の大型化に伴い、温度ひびわれ防止のための設計施工を行なう必要があり、さらに予測精度を高めることが課題と思われる。

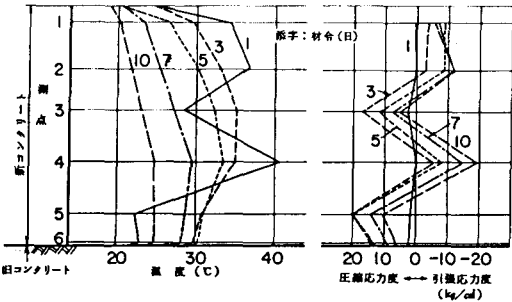


図-6 鉛直方向の温度および応力分布

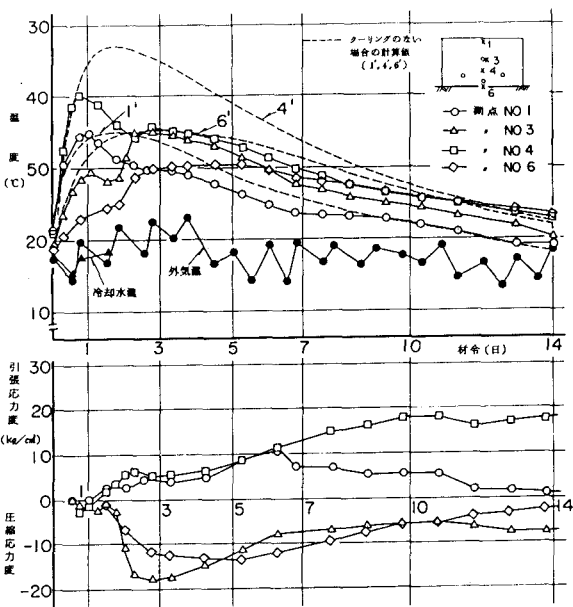


図-4 温度上昇および温度応力 (C断面)

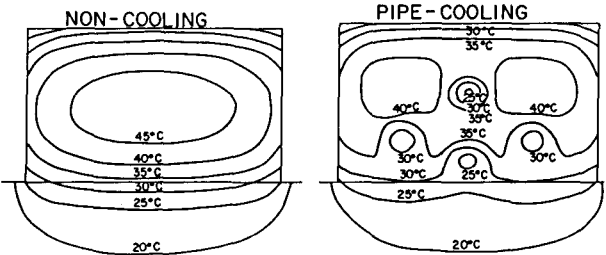


図-5 断面内温度分布 (材令 1.5 日 計算値)

すように、パイプクーリングを行わない場合の計算による最高温度上昇量は、28℃となり、クーリングによる最高温度低減効果は約6℃程度と推定される。したがって推定拘束度を用いて温度応力の低減効果を算出すると約6～8 kg/cm²となり、パイプクーリングの効果が十分に認められる。

4. あとがき マスコンクリートに発生する温度応力の低減のために、パイプクーリングは十分に効果的であることが実測により確認された。構造物の大型化に伴い、温度ひびわれ防止のための設計施工を行なう必要があり、さらに予測精度を高めることが課題と思われる。

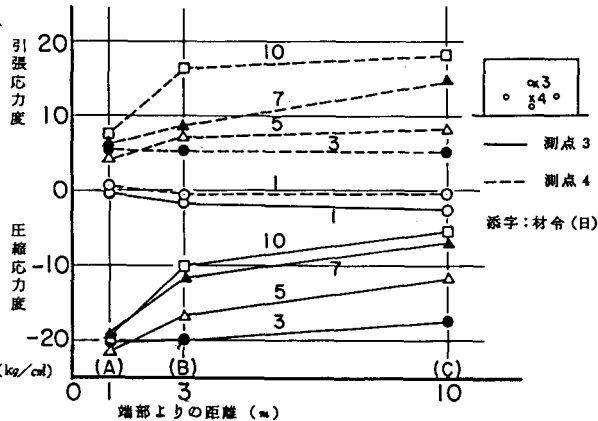


図-7 長手方向応力分布