

(株) 向組 友原 護

(株) 向組 ○ 加米 誠一

(株) 向組 正会員 大崎 幸雄

1. まえがき

コンクリート構造物を設計、施工する上で、温度応力の解明やそれに基づくひびわれ防止対策は極めて重要な課題である。この種の問題については、古くから数多くの研究が実施されており、解析手法についてはほぼ確立したともいえる。しかし、有限要素法を主体としたその解析手法を多くの構造物に適用していくには、時間的制約等から現実的でない場合も多い。また、解析結果とひびわれのかかわりを多くのデータに基づいて定量的に評価した研究は散見されるにすぎず、個々の構造物それぞれについて、効果的、合理的な対策を具言化する上での困難さを生じさせている。本報告は、これらの問題に対応するために開発した“パーソナルコンピュータによる温度ひびわれの簡易評価手法”を用い、その予測ならびに制御を行った事例について述べるものである。

2. 構造物の概要と施工条件

対象とした構造物は、土砂地盤上に施工される下水処理場のベースマットで、平面寸法は約70m×50m、厚さは1.2mである。工程上等の制約から、これを1回打ちする必要が生じ、温度ひびわれの発生が危惧された。

なお、使用したコンクリートの配合は表1に示すとおりである。

3. ひびわれ発生危険度の予測

上記手法を用い、熱伝導、温度応力、ひびわれ危険度を連続解析した。図1、図2および図5にその結果を示す。

熱伝導解析にはSchmidt法を採用しており、部材厚や養生方法、型わく脱型などに伴うコンクリート温度の変化は、実測データとの検証に基づき、仮想厚を変化させて対応させる。断熱温度上昇は、系統的な研究成果がまとめられている塚山の報告をベースとして採用した。塚山式を採用した場合、解析値は実測温度に対して低い値を与えることがよく経験されるが、この問題に対しては終局温度を割増することによって対応した。図3および図4は、厚さ5m(2.5m×2リフト)のマッドコンクリートについてFEM解析との対比を行った事例である。図3によると、熱伝導解析結果は両者ほとんど一致していることがわかる。

図2は、図1の結果に基づいて解析された温度応力の経時変化を示したものである。温度応力は内部拘束応力と外部拘束応力をそれぞれ定式化し、両者の和として算出されている。なお、弾性係数は温度依存性が考慮されており、クリープは実験値を用いた。また、図2には、温度を考慮した引張強度の経時変化が出力されてお

表1 コンクリートの配合

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プの範 囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメ ント比 W/C (%)	粗骨 材の 割合 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	粗骨材 S	粗骨材 G	緩和剤
20	15±25	4±1	55	47	178	324	827	957	0648

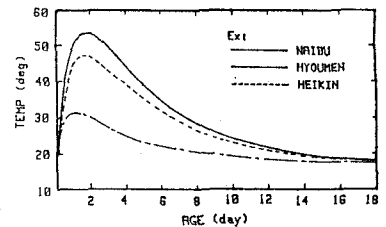


図1. TEMP - AGE RELATION

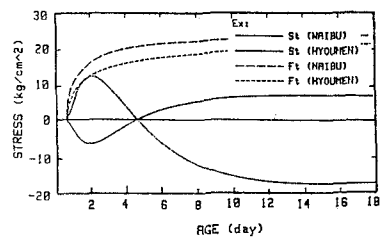


図2. STRESS - AGE RELATION

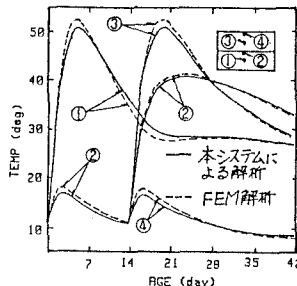


図3 TEMP - AGE RELATION

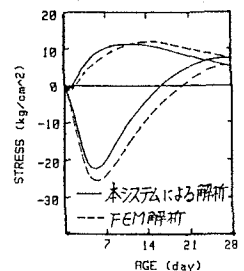


図4 STRESS - AGE RELATION

り、これと応力を対比することにより問題の程度をある程度理解することができる。なお、図4によると、この手法による温度応力解析結果は、FEM解析結果と多少の差が生じているものの、実用的には十分な精度であると思われる。多少の差が生じた原因としては、本手法ではACI 207委員会報告に基づいて拘束度を一義的に与えていること、両解析でスペース・インターバル、タイム・インターバルに多少の差があること等が考えられる。

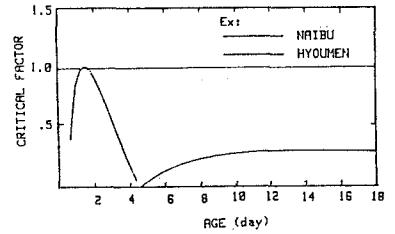


図5 CRITICAL FACTOR - AGE RELATION

図5は、(温度応力)/(引張り強度)をCRITICAL FACTOR (C.F.)として定義し、その経時変化を示したものである。C.F.とひびわれ発生との関連は図6のようである。なお、図6は、ひびわれの有無や施工条件が明確である150件の部材について解析を行い、整理したものである。図6によると、C.F.が1.3を越えたとほとんどの部材にひびわれが発生し、0.7を下廻るとその確率は非常に小さくなるようである。これと比較すると、今回施工されるベースマットは、施工ブロックが非常に大きいこともあり、枚令初期において表面ひびわれの発生する危険性がかなり大きいと判断される。

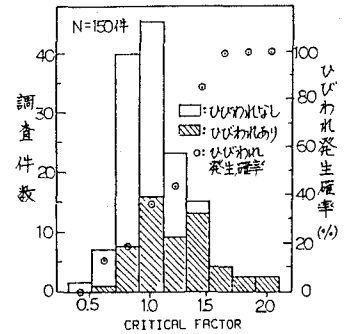


図6 C.F.とひびわれ発生確率

4. ひびわれ防止対策と施工結果

内部拘束応力によって表面ひびわれの発生する可能性が大きいと思われるため、保温養生を採用した。型わく面には木製型わくを採用するとともに、型わくの外側をシートで囲い、上表面にはマット養生と湛水養生を併用した(図7)。また、型わくの脱型や養生の中止に伴ってコンクリートの表面が急冷され、ひびわれの発生することも危惧される。図8は枚令4日で型わくを脱型した場合の応力変化を示したものであるが、これによっても、脱型後に表面応力の増大することがわかる。そこで、図7に示す位置で温度測定を行い、ひびわれに対する安全性をチェックすることとした。図9は温度測定結果を示したものである。これと図1と比較すると、型わく面についてはコンクリート内部と表面の温度差が10℃程度減りしており、かなりの効果がみられる。一方、上表面についてはその効果はやや低い。湛水に使用した水温がコンクリート打込み温度より5℃程度低かったのも原因の1つである。ただし、図8によると、枚令初期でコンクリートが流動域にあるうちに表面温度の低下していることがわかり、これが応力減り効果をもたらししていることも予想される。

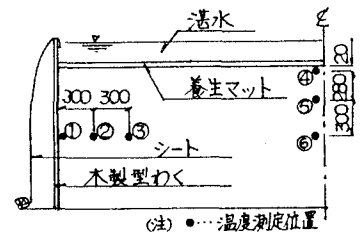


図7 養生方法および温度測定位置

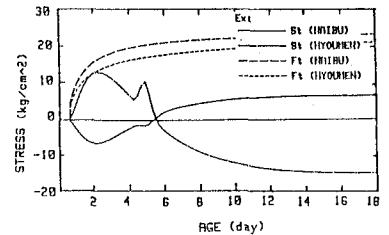


図8 STRESS - AGE RELATION

このような対策と管理により、ひびわれを発生させることなく施工を完了することができた。

5. あとがき

大型構造物の増大やコンクリートへのより高度な機能の要請等に伴い、温度応力への対応はますます重要な課題となりつつある。本文では、多くの構造物へ容易に利用できることを目的に開発した“温度ひびわれの簡易評価手法”の適用例について述べた。細部については改善すべき点も残されているが、同種の工事に何らかの参考になれば幸である。

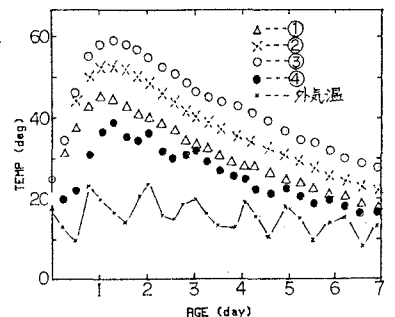


図9 温度測定結果