

岐阜大学 正員 森 本 博 昭
岐阜大学 正員 小 柳 治

1. まえがき

現在、温度ひびわれの発生予測を行なう場合、温度応力と強度に着目して、ひびわれの発生の有無を推定するのが一般的である。しかし、これがひびわれの発生条件として確立されたものとは言い難く、まだかなりの議論の余地が残されている。本研究では温度ひびわれの発生条件として、従来から一般的に採用されている、応力と強度に着目するものの他に、温度歪とコンクリートの引張歪能力 (Tensile strain capacity) に着目し、主歪が歪能力を上回った時にひびわれが発生するとしひびわれ条件を考え、これら二つのひびわれ条件を用いて単柱式T形橋脚のはり部分の温度ひびわれ予測を行ない、二つの予測結果を比較、検討し、今後における温度ひびわれ発生についての判断標準の確立に対する手がかりを得ることを目的とする。

2. コンクリートの引張歪能力

コンクリートの引張歪能力について Houghton⁽¹⁾らは、これを弾性歪能力とクリープ歪能力の二成分に分けて評価することを提案している。本研究では Houghtonらの歪能力算定式に改良を加えた次式により、コンクリートの歪能力を評価した。

$$\epsilon_{Tt} = \sigma_{Tt} / E_{Tt} + \sum_{i=1}^n \Delta \sigma_{Ti} / E_{28} \cdot \varphi(T_t, T_{i-1}) \quad (1)$$

ここで、 ϵ_{Tt} : 有効材令 T_t におけるコンクリート引張歪能力、 E_{Tt} : 有効材令 T_t における弾性係数

σ_{Tt} : 有効材令 T_t における引張強度、 $\Delta \sigma_{Ti}$: 有効材令 $T_{i-1} \sim T_t$ の間における引張強度の増分

$\varphi(T_t, T_{i-1})$: 載荷時有効材令 T_{i-1} に対する、有効材令 T_t におけるクリープ係数

上式はクリープの線形則を引張強度近くの高応力にまで適用できるとして導いたものであり、右辺の第1項は弾性歪能力、第2項はクリープ歪能力を表す。なお、クリープ係数 $\varphi(T_t, T_{i-1})$ は CEB-FIPコード (1978年) の提案式を用いた。

3. 解析方法

本研究で解析を行なった橋脚はり図1に示すものである。解析にあたり施工時期を夏とし、コンクリートの打設温度は30℃、外気温は兵庫県神戸地方の実測データを使用した。コンクリートの配合は表1に示すものと考えた。熱伝導解析および温度応力解析は三次元有限要素法にて実施した。また、クリープ解析は初期歪法を適用した。有限要素法適用のための要素分割を図2に示す。この場合の要素数は430、節点数は648である。

温度応力解析におけるコンクリートの力学性質は村本、岡田らの研究およびCEB-FIPコード(1978)を参考として、全有効材令の関数として評価した。

たとえば弾性係数については

$$E_t / E_{28} = 1.15 \log t + 0.48 \quad (2) \quad (0.7 \leq t \leq 1.4)$$

$$E_t / E_{28} = 0.21 \log t + 0.68 \quad (3) \quad (1.4 \leq t)$$

また、クリープ係数については

$$\varphi(t, t_0) = \rho_a(t_0) + 0.4 \beta_d(t - t_0) + 1.12 \{ \beta_s(t) - \beta_s(t_0) \} \quad (4)$$

ここで、 t, t_0 : 有効材令(日)

一方、熱伝導解析における、コンクリートの熱的性質は、平均的な値を採用した。

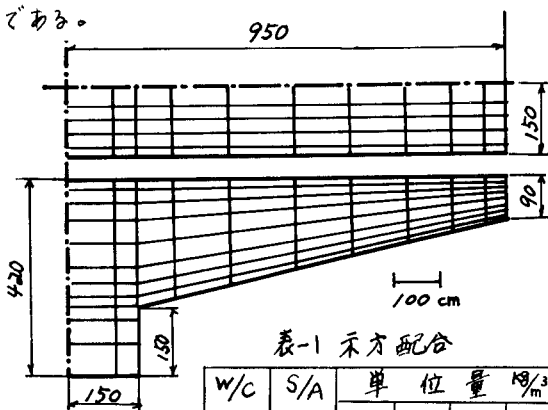
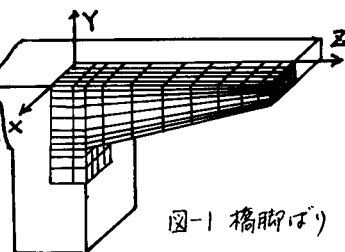


表-1 示方配合

w/c	s/a	単 位 量 kg/m^3			
		W	C	S	G
45	43	170	380	760	1000

4. 解析結果および考察

解析結果の一例として、材令1.5日におけるはり中央横断面とはり側面における応力分布を図3・4に、また図5に、はり中央横断面水平中心軸におけるひびの経時変化を示す。図6は、はり側面の主応力線図である。各主応力の方向は側面へ投影したものであり、一応大ききについては計算値そのものを示した。各主応力が面と垂直な軸（主軸）となす角度は計算によれば 90° に近い値（側面にほぼ平行）である。これらの図から、材令初期においては表面部には引張、中心部には圧縮応力が発生し、材令の進行とともに表面の引張は圧縮へと変化し、中心の圧縮応力も次第に減少してゆく。側面の引張応力は材令1.5日で最大となり、その値は 4 kg/cm^2 程度である。図6より、側面の最大主応力はほぼ橋軸方向に発生しており、その値は $4 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ である。図7は側面中央付近のコンクリート引張強度と最大主応力の経時変化を、また図8はコンクリートの歪能力と最大主歪の経時変化をそれぞれ示したものであるが、図7より解析を行なった全期間を通じて、最大主応力は引張強度より下まわっており、これを規準にすれば温度ひびわれの危険性は低いと判断される。一方、図8に着目すれば、全期間を通じて最大主歪が歪能力を上まわることはないものの、材令1.5日において両者はかなり接近している。従って、これを規準にすれば、温度ひびわれの危険性は大きいと判断される。以上のように、本研究における解析例においては、二つのひびわれ条件による予測結果は、かなり異なったものとなり、歪と歪能力に着目した方が、応力と強度に着目したもののより温度ひびわれ発生の危険性を下しく予測する結果となった。今後さらに多くのひびわれ予測を行ない、観測結果との適合性などに関するデータを蓄積してゆく必要があるものと考えられる。

- (1) D.L. Houghton; ACI Journal, Vol. 73, No. 12, 1976, PP 691-700
 (2) 村本 国田 官川; 第35回土木学会年次講演会報告集, 1980, PP 161-162

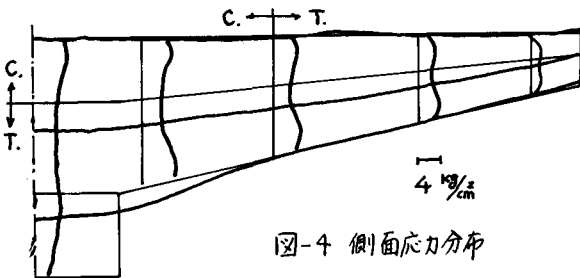


図-4 側面応力分布

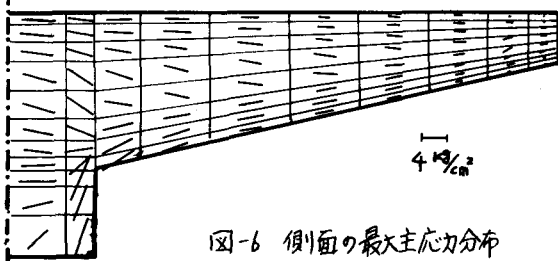


図-6 側面の最大主応力分布

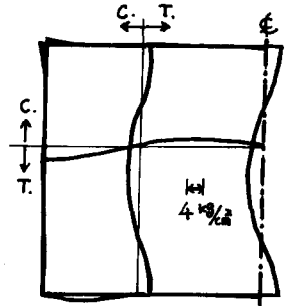


図-3 断面応力分布

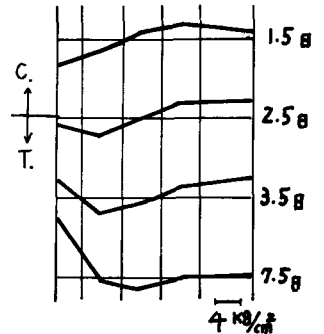


図-5 応力経時変化

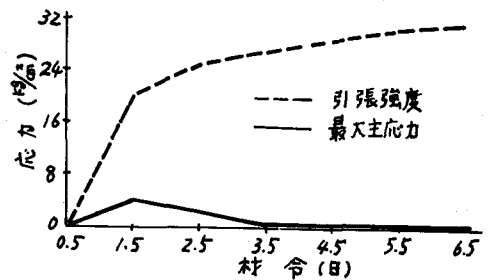


図-7 強度と主応力の経時変化

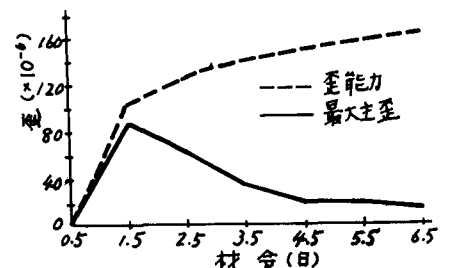


図-8 歪能力と主歪の経時変化