

舗装体の二次元の熱応力に関する研究(第2報)

北大工学部 学生員 ○ 齋藤 慎  
 北大工学部 正員 深井 一郎  
 北大工学部 正員 森吉 昭博  
 北大工学部 正員 菅原 照雄

1. まえがき

従来、構造物の設計は材料の安全性の面から進められてきたが、近年、これらの構造物を部分的に、あるいは全体的に、速やかに、かつ安全に破壊する必要が生じてきた。過去の例では、コンクリートの部材をビックを用いて破壊させたり、鋼球のエネルギーで破壊する方法等があるが、最近、これらの工法では騒音かひのためその対策に苦慮している。本研究は、一部実用に供されている、橋梁の端部の目地を内蔵のヒーターで、熱応力を利用して破壊する方法について、力学的な考察を試みたものである。現象は非定常でかつ、経過時間と共に破壊が進行していくため、これに3次元な解析を行うのは極めて困難である。本研究は目地部に鉄筋とヒーターが挿入されている場合について、この構造を2次元モデルで近似し、これに有限要素法を用いて、破壊の進行のシミュレーションを行った。

2. 計算方法

計算は通常有限要素法によるが、まず非定常状態における温度分布を求める。次に、力学的に2次元の平面ひずみの問題として温度分布より応力を求める。このとき各要素において主応力を計算し、そこから引張り限界を越えているならば、その要素のヤング率を零として計算を繰り返す。限界値を越える要素が現われなくなるまで行う。

3. 計算結果

図1に解析の対象となった構造を示す。目地の部分で、塗りつぶした部分にヒーターが配されている。この3次元モデルに対する近似2次元モデルは、L字、U字の鉄筋を取り去り、Eもαも、それらが正面図横方向に連続しているものである。その要素分割を図2に示す。採用した熱的、力学的境界条件等は図中に示すとおりである。また各材料の物理定数は表1に示す。

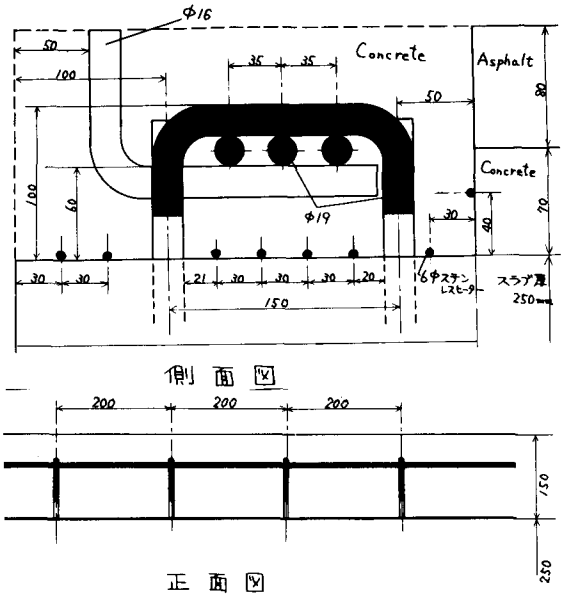


図1 橋梁端部の目地の構造

表1 各材料の物理定数

	熱伝導率 $k$ (kcal/m·hr·°C)	比熱 $c$ (kcal/kg·°C)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	ヤング率 $E$ ( $\times 10^3$ kg/cm <sup>2</sup> )	線膨張率 $\alpha$ ( $\times 10^{-5}/°C$ )	ポアソン比 $\nu$
Steel	38.	0.11	7.85	2100	1.1	0.3
ステンレス	14.	0.12	7.82	2000	0.533	0.3
コンクリート	1.1	0.25	2.4	300	1.0	0.2
アスファルト	1.25	0.17	2.3	3	2.0	0.2

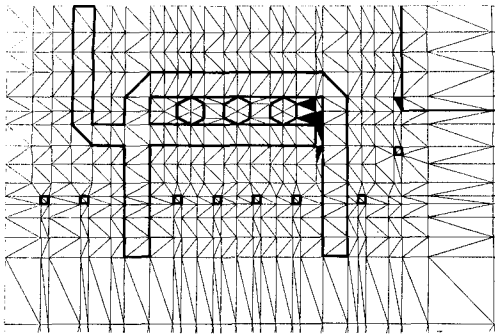
ヒーター投入カロリーは  $2.1 \text{ kcal/m}$  で、図2の塗りつぶした部分は熱源とする。ただし、本研究では、ステンレスヒーターには通電していないものとしている。まず、L字およびU字の鉄筋がある場合の破壊の進行状況は図3に示す。母地はコンクリートであるから、主応力が  $50 \text{ kg/cm}^2$  を越えた要素を破壊したものとし、黒く塗りつぶした。ヒーター投入後  $10 \sim 20 \text{ sec.}$  で鉄筋周辺の多数の要素が破壊し、 $50 \text{ sec.}$  では床板の深部まで破壊がおよんでいる。次にL字およびU字の鉄筋がない場合の結果は、図4に

示す。この場合は、前のものに対して、総投入カロリーも小さく破壊の進行が遅いため、 $40 \text{ sec.} \sim 100 \text{ sec.}$  の結果を示した。両者を比較すると、経過時間は別として、3本厚さの鉄筋に

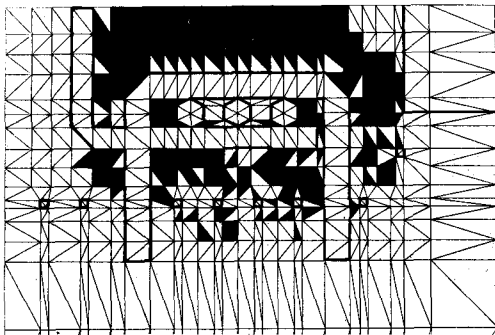
図2 要素分割

$x=0, y=0, 40$ ; ニュートンク・リンク  
 $x=55$ ; 断熱, 変位零  
 熱伝達率  $5 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$   
 外気温  $10^\circ \text{C}$  - 定

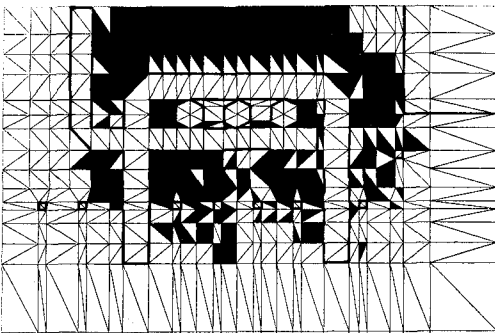
図3 破壊の進行



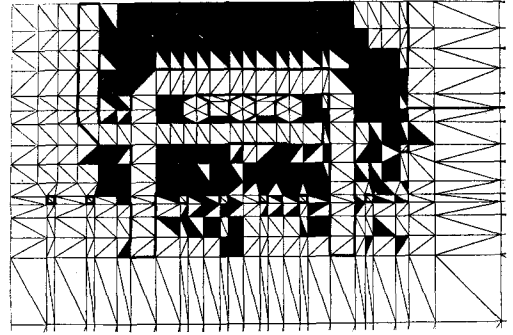
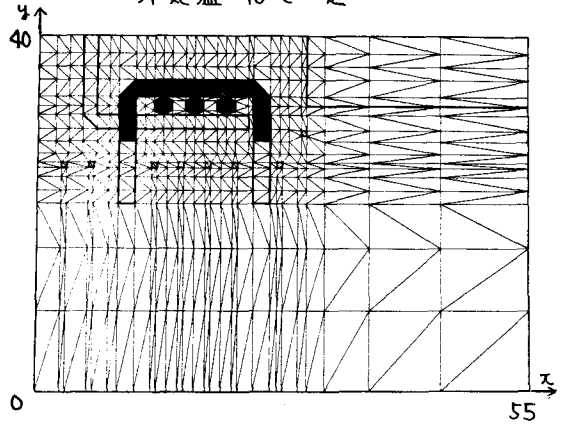
(a) time = 10 sec.



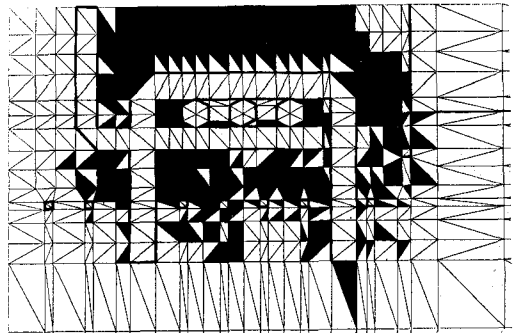
(b) time = 20 sec.



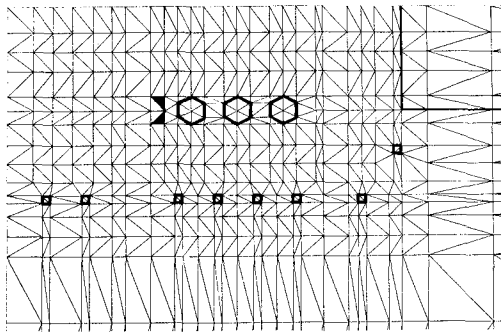
(c) time = 30 sec.



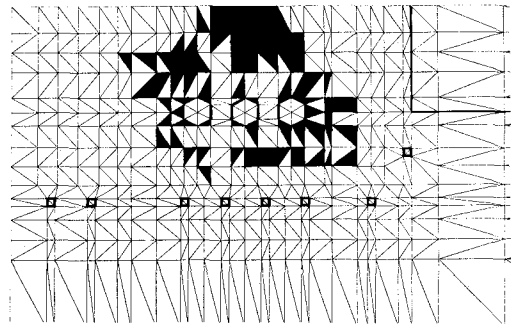
(d) time = 40 sec.



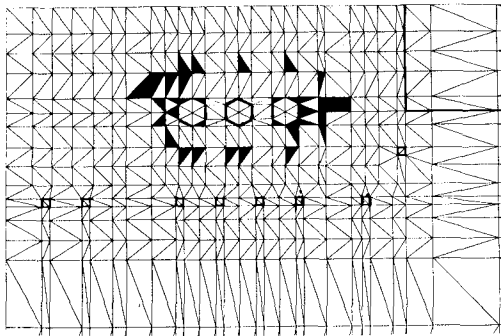
(e) time = 50 sec.



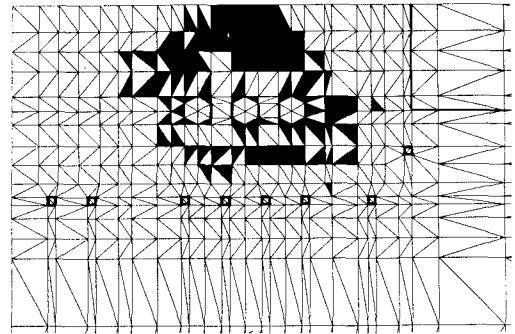
(a) time = 40 sec.



(c) time = 80 sec.



(b) time = 60 sec.



(d) time = 100 sec.

図.4 破壊の進行 (L字・U字の鉄筋がない場合)

一方向の反対側から破壊が始まっている。また、いずれの場合も、外気によって冷却される表面部分の破壊が著しい。

#### 4. おまじ

今回、極めて特別な場合について解析を行ったが、このような手法は破壊に対して極めて有効なことがわかった。3次元を2次元で近似した等々、問題も残っているが、実験等と比較検討を行えば、他の構造の場合に対しても有力な指針を与え得るものと考えられる。

なお、本研究の計算は北大大型計算機センター-FACOM 230-75を使用した。

#### 参考文献

1) 鷲巢, 森吉, 深井, 菅原; 舗装体の二次元の熱応力, 土木学会北海道支部論文報告集, 第33号, pp 311~314, 1977年.