

## VI-161

## 実橋の局部応力解析に対するファジィ推論メッシュ分割の適用

日本建設技術社 正会員 ○安宅 秀一 八戸工業高等専門学校 正会員 杉田 尚男  
岩手大学 学生員 伊賀 隆幸 長岡技術科学大学 正会員 鳥居 邦夫

## 1. 研究目的

近年、道路橋における疲労損傷は、橋梁形式を問わず、トラス、プレートガーダー、アーチなど様々な形式の橋梁で発生している。そこで本研究は、他の橋梁形式より損傷事例の少ないアーチ橋に注目し、応力集中部の要素に対してファジィ理論に基づくメッシュ分割法を用いて要素再分割し、局部応力解析を行うことを主として、補強方法を考案する。

## 2. 解析対象としたアーチ橋の現況

本研究において、解析対象とした橋梁は東名高速道路のK橋である。その概略図を図1に示す。

## 2.1. K橋の構造概要

この橋梁は、スパン120m、アーチライズ16mの上路式ランガー桁橋であり、中央径間90m、側径間15m、垂直材取り付け間隔は7.5mとなっている。また、東京から名古屋へ向かって約2.9%の登り勾配がつけられている。

## 2.2. 疲労亀裂の現況

この橋梁には、補剛桁フランジを貫通する亀裂、垂直材フランジを貫通する亀裂、垂直材添接板の亀裂といった、主に3種類の疲労亀裂が発生している。

## 3. 全体解析

K橋の2次元及び3次元全体モデルを作成し、解析を行う。また、モデルの作成及び解析には、COSMOS/Mを用いた。

## 3.1. 実測データ

解析結果は、K橋に総重量20tの載荷車を走行させ、その時の橋体の変位を用いて比較する。

## 3.2. 作成モデル

- ① すべての節点をピン結合とした2次元モデル
- ② 境界条件により、節点を剛結とした2次元モデル
- ③ ガセットプレートによる剛結とした2次元モデル
- ④ クラウンを削除した2次元モデル
- ⑤ 四面体要素を用いて作成した3次元モデル

## 3.2.1. 載荷荷重

全モデル、支承直上及び垂直材直上に載荷する。更に、3次元モデルは図4のように4点に5tの集中荷重を載荷する。

## 3.3. 解析結果

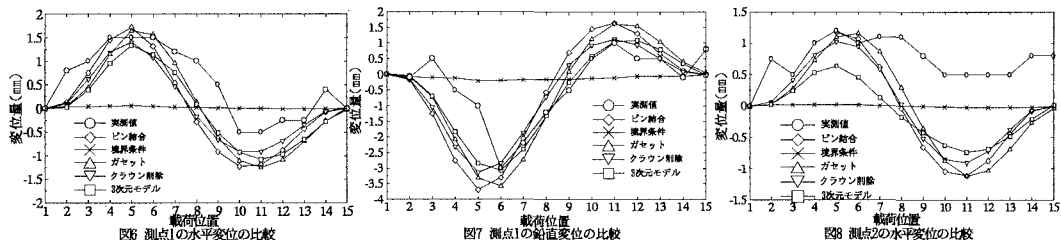


図8 測点1の水平変位の比較

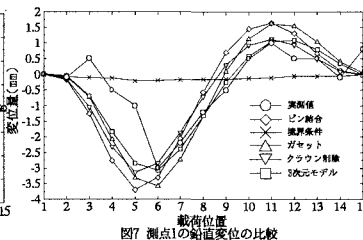


図7 測点1の鉛直変位の比較

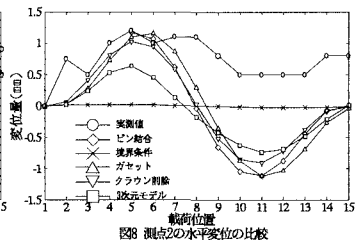


図8 測点2の水平変位の比較

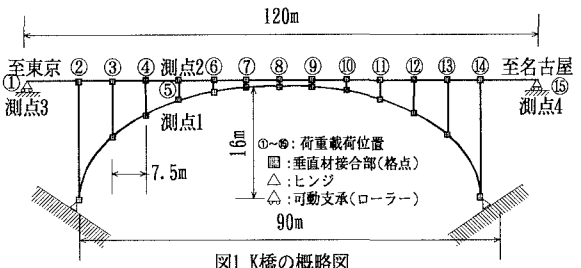


図1 K橋の概略図

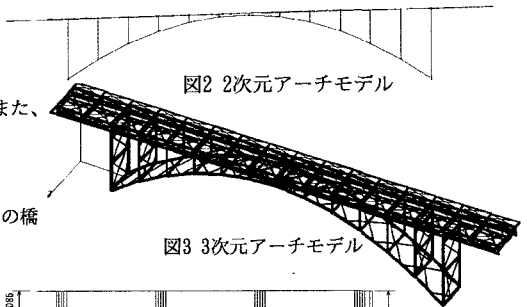


図2 2次元アーチモデル

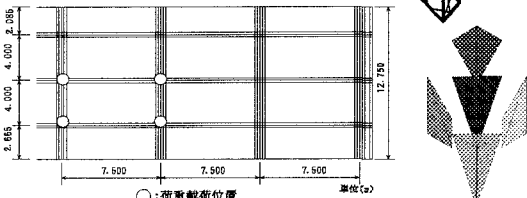


図3 3次元アーチモデル

図4 3次元モデルにおける荷重載荷位置 図5 要素配置図

キーワード：上路式ランガー桁橋、有限要素法、局部応力、ファジィ推論

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平16-1 TEL&FAX 0178-27-7313

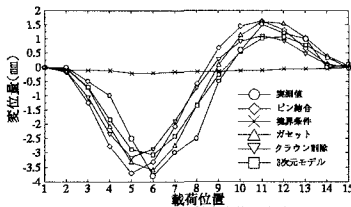


図9 測点2の鉛直変位の比較

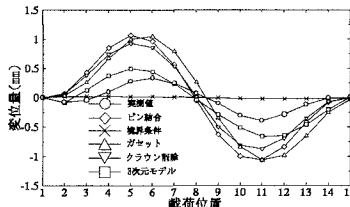


図10 測点3の水平変位の比較

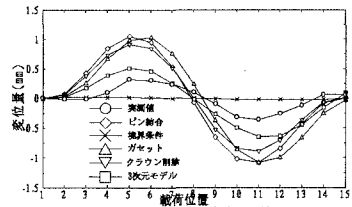


図11 測点4の水平変位の比較

#### 4. 局部応力解析

図5~10の結果から総合的に判断すると3次元全体モデルが最も実測値に近似した、精度の高い結果となった。よって、局部応力解析には3次元モデルを用いることとした。

##### 4.1. 補強方法の考案

「強度を高める」、「応力を下げる」ことを前提に、

- ① 一方の支承を固定とした構造
  - ② 垂直材間に斜材を追加した構造
  - ③ アーチリブの水平変位を拘束した構造
- の3つの構造を選定し、モデル化を行った。

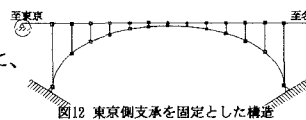


図12 東京側支承を固定とした構造

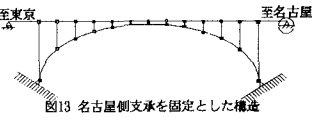


図13 名古屋側支承を固定とした構造

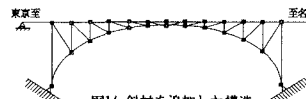


図14 斜材を追加した構造



図15 側タイを追加した構造

##### 4.2. 局部応力解析の方法

橋梁において、疲労亀裂の発生している部分に、応力が集中していると推定できる。よって、K橋においては、図1の荷重載荷位置⑦の垂直材に140mmの亀裂が発生していることから、この部材に応力が集中していると推定し、解析対象として用い、その部分の要素に対して再分割を行う。本研究では要素の再分割手法として、ファジィ理論に基づくメッシュ分割法を用いた。この手法はVoronoi理論を応用した格子状のメッシュ分割(図16)を用いて、一度FEM解析を行う。解析結果の応力勾配からファジィ推論による応力集中部の特定を行い、そして特定された応力集中部に対して、メンバーシップ関数を用いた要素の再分割(図17)を行うものであり、実際の解析者が大まかなメッシュ分割を行った後、その応力分布状態から応力集中部の特定をし、経験などから持っているメッシュ分割のイメージを応力集中部に対して当てはめる作業を論理的に示したものである。

##### 4.3. 局部解析結果

図18における局部応力解析の結果から、K橋に対して斜材を用いた構造が局部的応力を最も減少させることができた。また、斜材の追加案について、側タイを用いて補強する構造が、局部的応力を減少させたといえる。

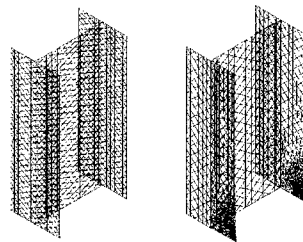


図16 格子状要素配置図

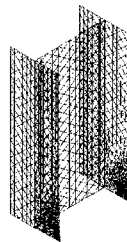


図17 再分割後の要素配置図

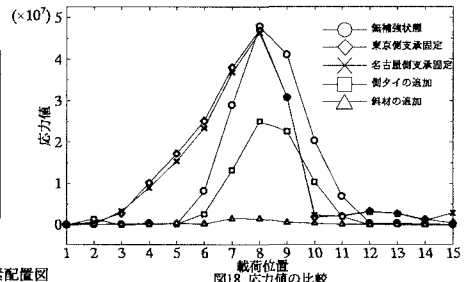


図18 応力値の比較

#### 5. まとめ

4.4の局部応力解析の結果から、本研究の解析対象であったK橋のように、アーチクラウン両脇の垂直材に生じる疲労亀裂に対する補強方法として、コスト面、工期、景観などを考慮しないならば、高い補強効果が望め、過去に他の橋梁で補強工事が行われたことなどから、斜材を全垂直材間に追加する方法が最も適切な方法であるといえる。さらに、ブレーキ荷重、振動などを考慮することで、より厳密で精度の高い結果が得られると考えられる。

#### 6. 参考文献

- 1) 松本、大川、谷倉、七崎：実橋におけるアーチ橋垂直材取合い部の疲労対策とその効果

土木学会第51年次学術講演会概要集 I-A410 pp.820-821

- 2) 佐藤、倉西：アーチ橋支柱端部の局部応力に関する一考察

土木学会第51年次学術講演会概要集 I-A410 pp.838-839