

## 鋼構造における 補剛・補強法の数値シミュレーションシステム

岡山大学 大学院 学生員 ○ 太田 親  
 岡山大学 工学部 正会員 谷口 健男  
 (株)西日本旅客鉄道 正会員 本郷 英樹

## 1. はじめに

近年、鋼橋の損傷に関する発表が数多くなされるようになってきた。そこで、このような構造物には適切な補剛・補強を施す必要がある。鋼構造の補剛・補強法の検討に数値シミュレーションを用いる場合、詳細なプロセスの検討や複数個の対策を容易に行える等の利点があるが、そのためには正確な力学的挙動を再現する必要があり、解析モデルを3次元として設定しなければならない。そのため、シミュレーション全体としては、解析前後の作業に時間と労力が費やされがちとなる。この問題点の解決策として、パーソナルコンピュータを使ったコンピュータグラフィックスの活用が挙げられる。そこで、本研究ではパーソナルコンピュータと大型計算機を併用した数値シミュレーションシステムの開発を行う。また、その適用例としてトラフガーダー橋を取り上げて、補剛・補強法の検討を行う。

## 2. システムのハードウェアについて

本システムのハードウェアの構成を図1に示す。利用する汎用大型計算機はNEC ACOS 2010とSX-1Eであり、パーソナルコンピュータは、大型計算機の端末となりうるNEC PC-9801 vmである。PC-9801 vmには、40 MBのハードディスクと2 MBのメモリーボードを実装する。

3. ソフトウェアの開発<sup>1)</sup>

本システムでは、有限要素法をベースとしているため、プレ・プロセッシング、アナリシス、ポスト・プロセッシングの3つのプロセスから構成される。(図2参照)

## 3-1 プレ・プロセッシング部

## (1) 3次元有限要素分割

(Auto Mesh Generation)

解析の前処理として必要な要素分割を、プロッキング法を用いて行う。また、プログラム実行中にグラフィックスを活用して要素分割の確認を行う。

## (2) 要素分割データの接合(Connect Mesh)

数値シミュレーションによる補剛・補強では、(1)で作成した入力データを変更することになる。

しかしながら、解析モデルが3次元であるためその作業はかなり複雑なものとなる。そこで、互いに情報を持たない2つの要素分割データを接続するプログラムを開発する。また、接続ミスを防止するためにコンピュータグラフィックスを活用して接続する節点番号を確認する。

## (3) 節点番号付け(G.P.S Method)

作成された要素分割データの、プロファイル値は非常に大きくなるため、Gibbs - Poole - Stockmeyerのアルゴリズムを用いてプロファイル値が最小となる、節点番号の付け替えを行う。

## 3-2 アナリシス部

## (1) スカイライン法の利用(Skyline Method)

ここでは、3-1で作成されたデータを大型計算機に転送して解析を行う。解析の際に作られる連立一次方程式の元数は数千円と考えられるため、スカイライン法を用いて演算時間・記憶容量の節約をはかる。

## 3-3 ポスト・プロセッシング部

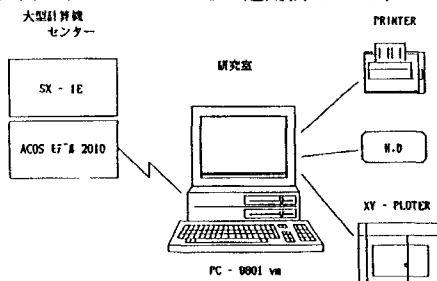


図1 ハードウェアの構成

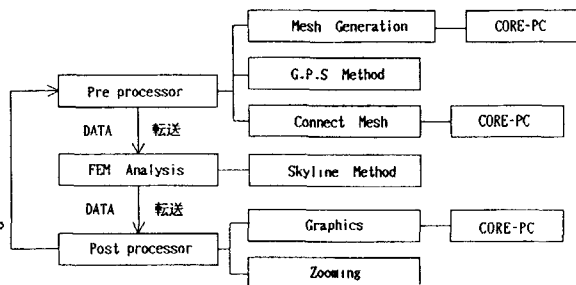


図2 ソフトウェアの構成

### (1) グラフィクスを活用した解析結果の整理( Graphics )

解析より得られた出力データをもとに変位と応力について、コンピュータグラフィクスを用いて表示する。なお、応力に関してはカラーディスプレイを活用した色処理を行った表示を行う。

### (2) ズーミング技法( Zooming )

大規模な系の局所的な応力状況を正確に再現するためには、非常に細かいメッシュ分割が必要となる。これを、一括解析で求めることは膨大な自由度の増加につながり、現在の大型計算機をもってしても困難である。そこで、ズーミング技法を用いた解析を行う。

## 4. 数値シミュレーションシステムと適用例<sup>2)</sup>

### 4-1 トラフガーダー橋の構造解析

本システムの適用例として、支間長 6.0 m の 4 本主桁をもつトラフガーダー橋を取り上げた。この橋梁の横桁型式はスティフナとの兼用による一体化により、特殊な構造型式を有している。また、支承はゴム板を用いているため、これをバネを使ってモデル化する。さらに、図3のように2回のズーミング技法を用いて最終的に横桁下部の詳細な解析を行う。その結果、横桁のウェブと下フランジの連結部において応力が急変し、引っ張りの最大主応力  $1620.0 \text{ kg/cm}^2$  が発生した。

### 4-2 補剛・補強法の検討

#### (1) 補剛法について

横桁下部の高応力の原因としては、支承のゴム板が柔らかく、端部の変形に影響を与えていると思われる。そこで、ゴム板の剛性を  $2000.0 \text{ kg/cm}^2$ 、 $5000.0 \text{ kg/cm}^2$  として解析を行った。その結果、ゴム板の剛性を高くすることによって問題箇所の応力値はかなり下がり、応力の分布も均一となった。

#### (2) 補強法について

補強策としては横桁の構造型式の変更が考えられる。そこで、ここではスティフナと別体とする構造型式に変更して解析を行った。その結果、問題箇所の応力値は約  $1200 \text{ kg/cm}^2$  と低下しが、圧縮の主応力が発生したため、横桁下フランジを主桁ウェブまで延長して解析した結果、応力の均一化が達成された。

## 5. 終わりに

本研究では、有限要素法をベースとした鋼構造の補剛・補強法の数値シミュレーションシステムを提案した。また、この適用例としてトラフガーダー橋を取り上げ解析を行い、横桁下部に応力集中が発生しているとの結論を得た。さらに、補剛・補強法の検討を行った結果、次のようなことが言える。

- ① 補剛策としては端部の局部変形を抑えるためにゴム板を硬くする
- ② 補強策としては、横桁の構造型式をスティフナと別体とする型式に変える

今後の課題としては、記憶容量の面から、ワークステーションを採用したシステムの開発が望まれる。

### 《参考文献》

- 1) 鷲津 久一郎他 共編：有限要素ハンドブック I (基礎編)、培風館、1981。
- 2) 岡田 清 監訳：橋梁その他構造物の損傷事例集、月刊土木施工6月臨時増刊号、山海堂、vol 27, No.9, 1986。

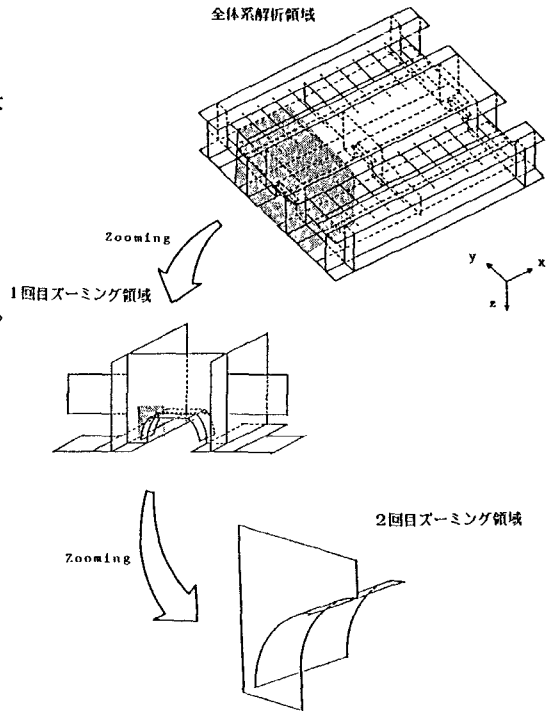


図3 ズーミング技法による解析