

# アーチ橋剛性改善のための部材追加とその効果

Addition of diagonal members to enhance stiffness of arch bridges and its effect

浅野智大\*

Tomohiro ASANO

\*構造強度研究室 (指導教官: 岩熊哲夫 教授)

車両走行数の増加や車両の大型化によって、道路橋においても疲労損傷が見られるようになった。様々な補強対策がとられてきたが、設計時には考慮されない 2 次応力が原因で起こるため、まだまだ不明な点が多く、今後も新たな疲労損傷が生じ続ける可能性がある。そこで本研究では、種々の原因により数多くの損傷が生じている鋼上路アーチ橋を例にとり、部材を追加することによりどのように全体剛性が改善されるかについて検討する。解析には微小変位理論に基づく平面骨組の有限要素法プログラムを用いる。

**Key Words :** fatigue, secondary stress, influence line, stress concentration, stress range, endurance limit, rigidity, live load, repeated frequency

## 1. まえがき

活荷重の増加に伴って、道路橋にも疲労損傷が数多く発見されるようになった。特に鋼上路アーチ橋は剛性が低く活荷重の影響を受けやすいため、疲労亀裂が生じやすいことが知られている。特にクラウン近傍部の短い垂直材は部材自体の変形により曲げを吸収できないため、その傾向が顕著である。補強例として部材を追加することが考えられるが、部材追加により他の部位に新たな疲労を引き起こす可能性もある。部材追加例としては、設計という観点から斜材を追加した時に生じる最大曲げモーメントの変化に着目したもの<sup>1)</sup>があるが、本研究では補修・補強という観点から部材接合部に生じる応力の大きさに着目して部材追加による改善度を考察する。

## 2. 解析方法

対象橋梁の一般図を図-1 に示すが、この解析対象は中央径間のアーチ橋部分とした。幅員が狭く、直線橋であることから 2 主構のうちの片方を有限要素法による骨組構造解析プログラムを用いて平面解析を行った。各部材の断面諸元は対象橋梁のデータから算出し、垂直材と桁・アーチリブの結合条件は剛結とした。

荷重は死荷重と B 活荷重を載荷するが、床版そのものの剛性は桁の剛性に加えていないため、L 荷重のみを載荷した。実橋梁の疲労損傷としてクラウン部隣の垂直材に亀裂が発生する例が多いことから、クラウン部隣の垂直材 (垂直材 6) の上端の曲げモーメントの影響線を用いて、載荷位置を決定した。斜材を加える前の活荷重載荷位置を図-2 に示す。

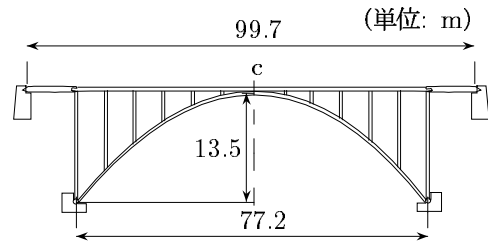


図-1 対象橋梁

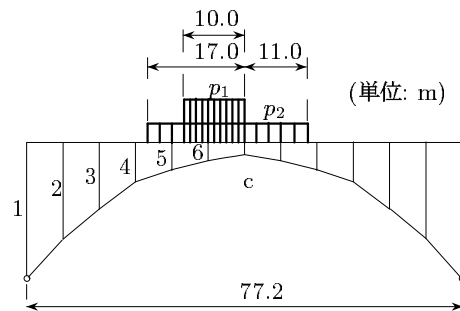


図-2 モデルと活荷重載荷位置

## 3. 部材の追加効果の検討

垂直材の上下端に生じる応力の増減によって部材を追加する効果を定量化する。

1. 全体の剛性改善度を評価する場合  
垂直材の各節点  $i$  に生じる応力 2 乗平均  $\sqrt{\sum \sigma_i^2}$  をとり、斜材追加前の値と比較する。
2. 各節点の剛性改善度

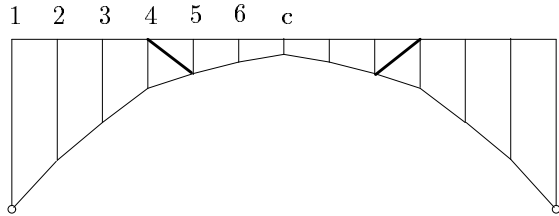


図-3 斜材追加モデル (4 パネル)

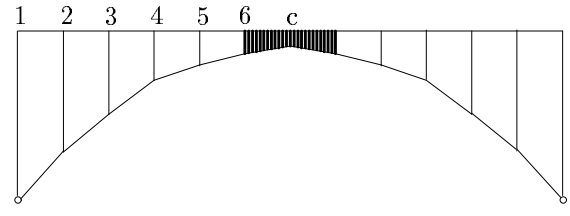


図-4 剛にしたモデル

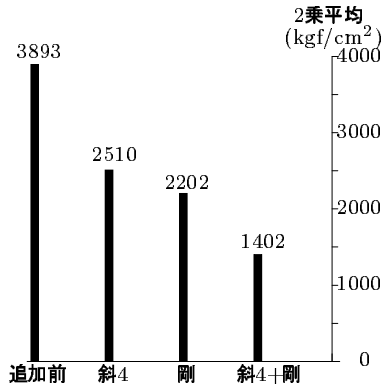


図-5 各モデルの2乗平均値

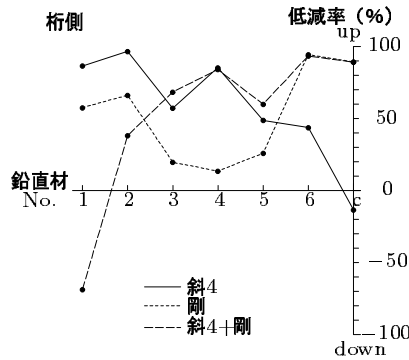


図-6 節点の応力低減率 (桁側)

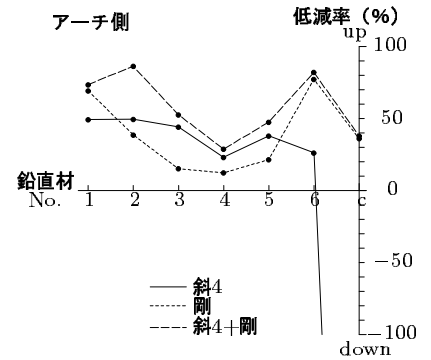


図-7 節点の応力低減率 (アーチ側)

次式で各節点の応力低減率を求める。

$$\text{節点 } i \text{ の応力低減率 (\%)} = \frac{|\bar{\sigma}_i| - |\sigma_i|}{|\bar{\sigma}_i|} \times 100$$

ここで  $\bar{\sigma}_i$  は斜材を追加する前の節点  $i$  の応力,  $\sigma_i$  は部材を加えたモデルの節点  $i$  での応力を表す。応力の発生する方向は考慮せず大きさを考えたため、絶対値を用いる。

部材追加例としては、斜材を追加した場合とクラウン部を剛にした場合とについて検討する。

#### (1) 斜材を追加した場合

スパンドレル部の垂直材にはさまれた斜材追加位置をパネルと呼び、アーチの支点部より左右対称にパネルの1から6 (クラウン部の両隣が6パネル) まで順番をつけた。斜材を4パネルに追加したモデルを図-3に示す。斜材は座屈の影響を考えて、断面積を35.0cm<sup>2</sup>、断面2次モーメントを2500cm<sup>4</sup>とした。

斜材を1組追加する場合、図-5に示すように第4パネルに追加した場合が最も2乗平均が小さい値を示した。また最も2乗平均が最も大きい値を示したのは第6パネルに斜材を追加した場合であり、斜材追加前とほとんど2乗平均の値が変わらなかった。各節点での剛性の改善については、4パネルに追加した場合に垂直材全ての節点で応力は低減したが、クラウン部の節点だけは斜材追加前に比べ応力はほとんど低減しなかった。その結果を図-6、7に示す。また、斜材の剛性は垂直材の節点に生じる応力にほとんど影響を与えないことがわかった。

#### (2) クラウン部を剛にした場合

クラウン部の橋軸方向水平変位を拘束する効果があるとして、クラウン部を剛に固める補強例がある。モデルとしてクラウン部隣の垂直材とクラウン部の間に剛性の高い垂直材を多数追加して検討した。垂直材はクラウン部からアーチの支点部に向かって50cm間隔で追加した。追加した垂直材はクラウン部の垂直材と同じものとし、追加する以前のクラウン部両隣の垂直材もクラウン部の垂直材と同じものとした。その結果を図-5、6、7に示す。これを見ると全体、各節点の両方において大きく剛性が改善されていることがわかる。斜材を4パネルに追加し、かつクラウン部を剛に固めた場合も検討した。結果を図-5、6、7に示す。

### 4. まとめ

斜材は第4パネル、ほぼ支点から支間の1/4地点に追加した場合が垂直材節点部に作用する応力の2乗平均が小さくなり、全体系としての改善が最も現れた。さらにクラウン部を剛にすれば斜材の本数を増やす以上に応力に対して効果的であることがわかった。また影響線から平均応力の減少が見られたため、T荷重を1組だけ考えた場合の繰返し作用についても改善が見られ、疲労に対する強度が向上したと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 上田・北川・松田・明田：支材間に部分的に斜材を有する上路式補剛アーチ橋の性状、橋梁と基礎、pp.43-49, 1981.1.

(1999年2月22日提出)