

アーチ橋剛性改善のための部材追加とその効果

東北大学工学部

東北大学大学院工学研究科

東北大学大学院工学研究科

○学生員 浅野 智大

正 員 岩熊 哲夫

正 員 後藤 文彦

1. まえがき

車両走行数の増加や車両の大型化により、道路橋においても疲労損傷が見られるようになった。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。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、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がある。結果としては、1組の斜材のみを配置する場合は支点より支間の1/8点付近に、複数の斜材を配置する場合は支点より連続して支間の1/5付近まで配置するときに最大曲げモーメントを最も小さくすることが報告されている。

そこで、本研究では昭和30年代に架設され、縦桁・垂直材・床版等に様々な腐食や亀裂が生じている鋼上路2ヒンジアーチ橋を対象とし、部材を追加したときにアーチ橋の剛性がどのように改善されるかを検討する。疲労損傷は部材結合部に作用する設計時には考慮されない2次応力が原因と考えられているので、今回は垂直材結合部に生じる応力に着目して検討する。

2. 解析方法

対象橋梁の一般図を図1、2に示す。モデルは対象橋梁の中央径間のアーチ橋部分を対象とした。幅員が狭く、直線橋であることから2次元にモデル化をし、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た。垂直材と桁、アーチリブの結合条件は剛結とした。モデルを図3に示す。

荷重は死荷重とB活荷重を載荷した。死荷重は、鋼の単位重量を 7850kgf/m^3 として各要素ごとに算出し、節点に集中荷重として載荷した。B活荷重は、床版そのものの剛性は桁の剛性に加えていないため、T荷重は用いず、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、活荷重載荷位置としてクラウン部隣の垂直材（垂直材6）に生じる曲げモーメントが最も大きくなるように影響線を用いて決めた。活荷重載荷位置を図4に示す。ここで $p_1 = 1000\text{kgf/m}^2$ 、 $p_2 = 350\text{kgf/m}^2$ である。

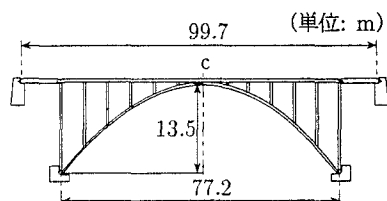


図-1 側面図

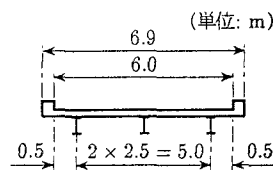


図-2 断面図

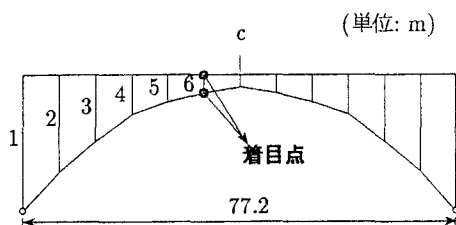


図-3 モデル

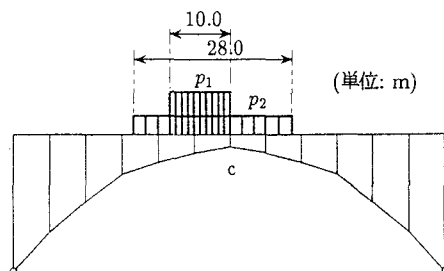


図-4 活荷重載荷位置

3. 部材効果の検討

垂直材に作用する応力は引張応力と曲げ応力の和で次式のようにして求める。

$$\sigma(\text{kgf/cm}^2) = \frac{N}{EA} + \frac{cM}{EI}$$

ここで、 N は要素に働く軸力、 E (ヤング率) は 2.1×10^6 kgf/cm^2 、 c は要素の断面 2 次半径 $\sqrt{I/A}$ である。斜材が効果的であるかどうかは垂直材端部の応力 (桁側、アーチ側) の 2 乗平均の大きさによって判断する。部材追加例として斜材を追加した場合とクラウン部を剛にした場合について検討する。

(1) 斜材を追加した場合

アーチ支座位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。斜材は座屈の影響を考えて、断面積 35.0cm^2 、断面 2 次モーメント 2500cm^4 とした。斜材を 1 組追加した場合、4 パネルに追加したときに応力の 2 乗平均が最も小さい値を示した。4 パネルに追加した場合、垂直材全ての節点で応力は低減したが、クラウン部だけは追加前に比べ応力が増加した。斜材追加前と 4 パネルに追加した時の応力の結果を表 1 と図 5、6 に示す。なお、6 パネルに追加した時は斜材の効果が最も小さく、斜材の本数を増やすと、斜材 1 本あたりの応力の低減率が小さくなることがわかった。また、斜材の剛性を大きくしても応力はほとんど変わらないことがわかった。

(2) クラウン部を剛にした場合

斜材をどのパネルに追加してもクラウン部の応力は増加してしまうことからクラウン部を剛に固めることを考えた。垂直材 6 とクラウン部の間に剛性の高い垂直材をたくさん追加することによりクラウン部を剛に固めたモデルに近づけた。垂直材はクラウン部からアーチの支座位に向かって 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た。また垂直材を追加する前のクラウン部の両隣の垂直材もクラウン部と同じものとした。その結果を表 1、図 5、6 に示す。これを見ると垂直材 6 とクラウン部の応力が大きく減少し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。結果を表 1、図 5、6 に示す。

4. まとめ

斜材は 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、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。支間の 1/4 地点はたわみが最も大きくなる地点である。ここに斜材を追加することにより、たわみ量が小さくなり、部材端部に生じる曲げ応力が減少したものと考えられる。しかし、橋梁に新たに部材を追加することは構造形式を変えるものであるため採用には十分検討する必要がある。

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.

表-1 垂直材 6 の応力と 2 乗平均 (単位 kgf/cm^2)

	σ_6		$\sqrt{\Sigma \sigma^2}$
	桁側	アーチ側	
追加前	1371	-2410	3893
斜 4	770	-1778	2510
剛	-76	-543	2202
斜 4+ 剛	-88	-429	1402

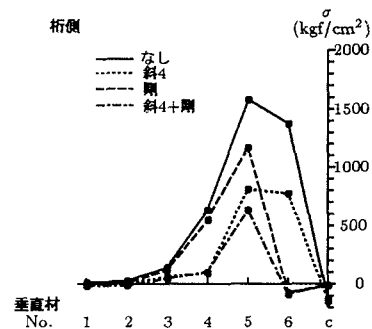


図-5 垂直材節点の応力 (桁側)

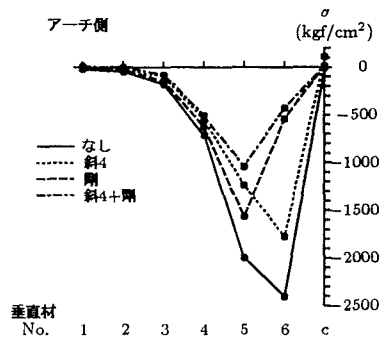


図-6 垂直材節点の応力 (アーチ側)