

(株)横河ブリッジ ○正会員 大濱浩二
 長岡技術科学大学 正会員 鳥居邦夫
 同上 正会員 宮木康幸
 (社)建設機械化研究所 正会員 谷倉 泉

1. はじめに

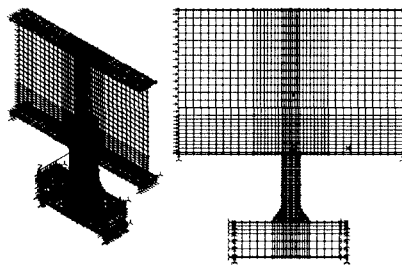
近年、交通量の増加や通過車両の大型化に伴い、多くの道路橋で疲労損傷が確認されており、疲労損傷が発生する原因の究明と損傷の補修・補強対策が重要な課題となっている。本報は、上路式ランガー桁橋の垂直材取付部に発生する疲労損傷に着目し、実際にこの種の損傷が確認されている橋梁について構造モデルを作成・解析することで、この種の損傷の原因究明と補強方法について検討した結果について述べる。

2. 構造モデル

構造モデルは、橋梁全体の変形性状や応力状態を把握するための全体構造モデルと、疲労損傷部の局部応力状態を把握するための部分構造モデルの2種類を作成した。ここで、全体構造モデルでは、実際の部材結合条件を考慮して垂直材上下端は全て剛結とし、垂直材要素の内、実際の構造では補剛桁およびアーチリブ内に存在する部分は、垂直材上下端の応力状態を実際の状態に近いものにするため、極めて剛な部材としてモデル化した。



全体構造モデル



部分構造モデル

図-1: 構造モデル

モデルの妥当性を照査するため、実橋で行われた応力変位測定結果と両モデルによる解析結果を比較したところ、両モデルは実橋の変形性状・応力状態をほぼ的確に再現していることが確認された。

3. 疲労損傷の発生原因

解析結果によると、荷重の偏載荷により垂直材上下端には水平変位差が生じる。実際の垂直材は上下端で剛結されているため、垂直材には曲げ変形が生じ、上下端には高い二次応力が作用すると考えられる。

図-2は、部分構造モデルで垂直材上下端に水平変位差を生じさせた時の応力状態を示す。このように、水平変位差による二次応力が垂直材に作用することによって、実橋で疲労亀裂が確認されている垂直材フランジ溶接部や添接部といった断面急変部に応力集中が発生することが確認された。従って、疲労損傷の主要因は、垂直材上下端の水平変位差による二次応力であると考えられる。

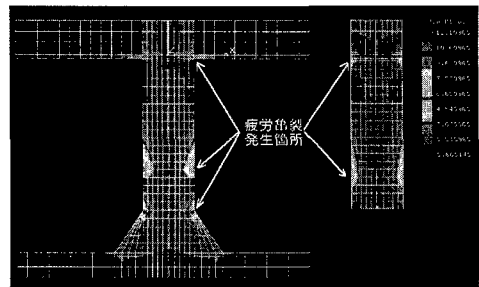


図-2: 垂直材取付部の局部応力状態

4. 補強方法の検討

疲労損傷の主要因である二次応力は、その大きさに差違はあるが全垂直材に作用しており、現在疲労損傷が確認されている垂直材以外においても、今後疲労損傷が発生する可能性がある。そこで、本研究では補剛桁とアーチリブの水平変位差を軽減することによって二次応力を低減することを目的とした、構造全体としての補強方法について検討した。

補強方法には、橋梁全体の変形性状や既存の研究成果を参考にして、以下に示す2種類の方法を選定した。

A: 格点間に斜材を追加する方法

斜材追加数による補強効果への影響を検討するため、モデルはA-1～A-6の6ケースを作成した。

B: アーチリブの水平変位を直接拘束する方法

拘束部材の剛性による補強効果への影響を検討するため、モデルはB-1、B-2の2ケースを作成した。

キーワード: 疲労損傷 水平変位差 二次応力

連絡 先: 〒592-8331 大阪府堺市築港新町 2-3 Tel 0722-41-1142 Fax 0722-44-4114

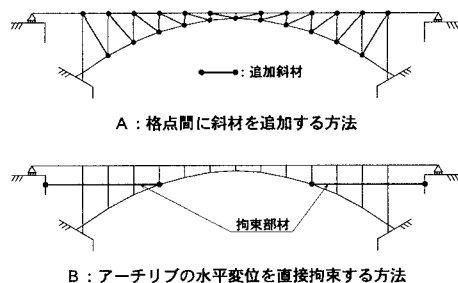


図-3：補強方法の概略図

各補強方法によるアーチの 1/4 点（格点⑥）および疲労損傷部（格点⑧）の垂直材上下端に作用する曲げモーメント減少率を図-4 に示す。

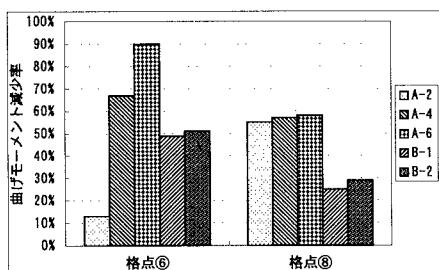


図-4：垂直材上端部の曲げモーメント減少率

上図に示すように、各補強方法とも二次応力に対する低減効果を有することが確認された。しかし、その度合は様々である。

次に、A、B 両方法について個別に検討した結果を示す。

A：格点間に斜材を追加する方法

斜材を部分的に追加した場合、斜材が追加された区間では補強効果が得られるが、斜材が追加されていない区間ではほとんど補強効果が得られないことが判った。つまり、斜材を 1 組追加した程度では、橋梁全体の剛性はほとんど変化せず、部分的な補強効果しか期待できない。しかし、図-5 に示すように、斜材の追加数が増えるに従って、補剛桁とアーチリブの一体化が進むため、橋梁全体として補剛桁とアーチリブの水平変位差が減少し、全垂直材で非常に高い低減効果得られることが判明した。従って、この方法は補強対象が多く、高い補強効果が求められる場合に非常に有効である。但し、基本的に斜材は軸圧縮部材であるため、斜材断面は部材の細長比で決まることが多いことから、斜材の追加位置がアーチクラウン部より外側に行くに従い、斜材断面が大きくなるため施工は煩雑になると考えられる。よって、基本的に二次応力による疲労損傷は、垂直材部材長が短いものから順次発生することが予想されるので、斜材はアーチクラウン部から順次追加することが適当であると考えられる。

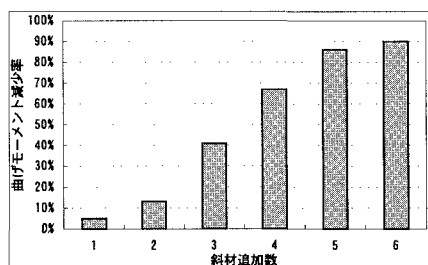
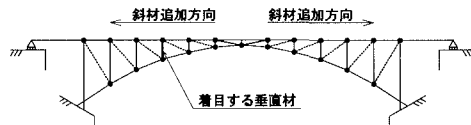


図-5：斜材追加数と曲げモーメント減少率の関係（格点⑥垂直材）

B：アーチリブの水平変位を直接拘束する方法

この方法は、アーチの 1/4 点のみを拘束することで全垂直材に対して一定の補強効果が得られる利点があり、補強対象が多い場合は有効な方法である。しかし、A の方法に比べて補強効果は低く、図-6 に示すように、拘束部材の剛性を強化することによる補強効果への影響は小さいことから、この方法で高い低減効果を得ることは難しいと考えられる。よって、拘束部材にはケーブル等を用いることとして、補助的な補強方法として活用することが望ましい。

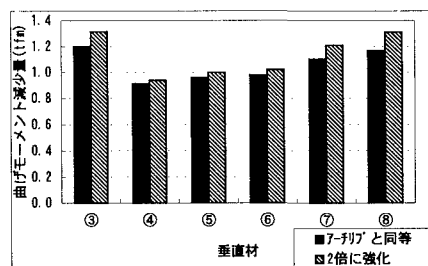


図-6：拘束部材の剛性強化による補強効果の比較

5. まとめ

格点間に斜材を追加する方法は、斜材の追加位置や追加数を変更することで、補強を必要とする垂直材の位置やその数、二次応力の低減率などに併せて高い補強効果を得ることが可能であり、構造的に優れた補強方法である。また、斜材の追加数が増えるに従い、橋梁全体としての剛性が高くなるので、耐荷力が不足している橋梁に対しても非常に有効な補強方法である。

アーチリブの水平変位を直接拘束する方法は、アーチの 1/4 点のみを拘束することで、全垂直材の二次応力に対して一定の低減効果が得られる。しかし、この方法では高い補強効果が期待できないため、部分的な補強方法と併用することで経済的な補強施工が可能となる。