

大阪市立大学工学部 正会員 北田俊行
阪神高速道路公団 正会員 加賀山泰一

大阪市立大学工学部 正会員 中井 博
大阪市立大学工学部 学生員 〇竹内信弘

1. まえがき：阪神・淡路大震災によって、六甲アイランド橋の支承が崩壊し、それが原因となり、図-1、および図-2 に示すように、上横繋ぎ材6本が座屈損傷を起こした。これら6本の損傷のうちの5本については、すでにアーチ橋全体を3次元骨組鋼構造物とみなして弾塑性有限変位解析、および上横繋ぎ材をブーム・アップした補剛板構造とみなして弾塑性有限変位解析が行われている。それらの結果、柱部材として座屈を起こしたことが、明らかにされた¹⁾²⁾。しかしながら、アーチクラウンのところの残る1本の座屈損傷は、それらの解析で明らかにすることができなかった。この研究では、残る1本の支材 L_{12} の損傷原因を明らかにするとともに、これまでの検討結果にもとづいて、長大アーチ橋の合理的な耐震設計法についての検討を行った。

2. 解析モデルと解析方法

本研究においては、2つの解析モデル Model-1、および Model-2 を対象とした。そのうち、Model-1 は、文献 1) の解析モデルと同じものである。一方、Model-2 は、Model-1 から、座屈損傷の原因が明らかにされた5本の上横繋ぎ材(斜材 D_{11} 、ならびに支材 L_5 、 L_7 、 L_9 、および L_{11})を取り除いた解析モデルである。なお、5本の上横繋ぎ材は、支承が崩壊した時点で取り除くのが合理的である。しかし、用いた解析プログラムでは、その取扱いが繁雑となるため、最初から5本の上横繋ぎ材を取り除いたモデルとした。

まず、支承が崩壊し3点支持となる場合(Model-1、および Model-2)、水平震度 k_h を漸増して、その値が、南西側の支承の設計水平震度 0.3 に安全率 1.13(=1.7/1.5) を乗じた $k_h=0.34$ に至ると、この支承が崩壊し、南東側の支承が崩壊するものと仮定する。そして、支承が海中に落下した後は、 $k_h=0.34$ に固定し、南東側の支承が支持していた鉛直反力 R を漸減させて、弾塑性有限変位解析を行った。

つぎに、Model-1 のみを対象に、支承が崩壊しないと仮定して、水平震度 k_h を漸増して、終局限界状態に至るまでの弾塑性有限変位解析を行った。そして、その解析結果と、支承が崩壊し3点支持となる場合(後述の図-6 参照)の結果とを比較し、アーチ橋の上横繋ぎ材の耐震設計法について考察した。

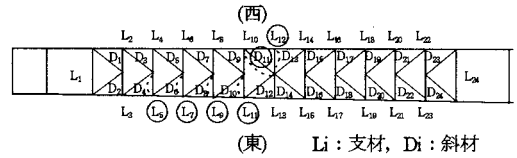


図-1 座屈を起こした上横繋ぎ材

(点線—で表示し、部材番号を〇で囲む。)

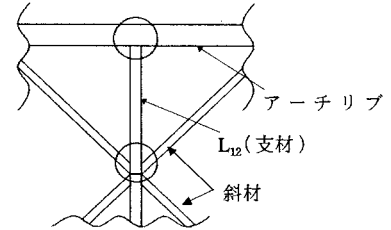


図-2 支材 L_{12} の局部座屈が発生した部分

(〇で囲んだ部分)

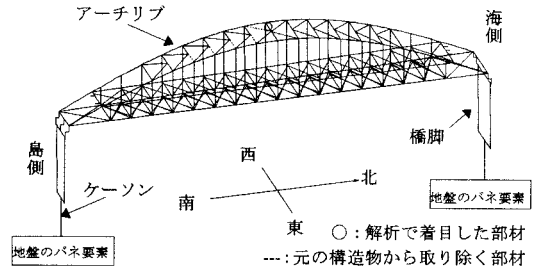


図-3 骨組構造の解析モデル

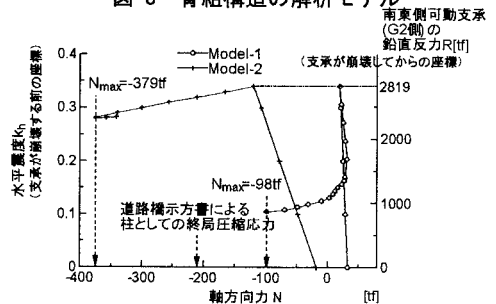


図-4 水平震度と支材 L_{12} の軸方向力との関係
(支承が崩壊し3点支持となった場合)

3. 解析結果とその考察

支承が崩壊し 3 点支持となった場合の解析結果を、図-4～図-6 に示す。これらの図によると、支材 L_{12} には、道路橋示方書による柱の耐荷力を上回る最大で 379tf の軸方向圧縮力が作用し、崩壊に至ることがわかった。しかし、支材 L_{12} の終局限界状態における水平軸回りの曲げモーメントは、最大で $64.2\text{tf}\cdot\text{m}$ しか発生していない。これは、全塑性曲げモーメント $M_p=218\text{tf}\cdot\text{m}$ に比較して著しく小さかった。したがって、この静的解析結果によると、支材 L_{12} は、軸方向圧縮力が卓越して座屈を起こしたという結果になった。

また、図-7 によると、支承が崩壊しないとした場合、支材 L_{12} は、座屈損傷を起こさないことがわかる。

4. まとめ

1) この静的解析による結果は、文献 3) の動的解析による結果と異なっている。すなわち、動的解析では、支承近傍と比べると、アーチクラウン近傍において、著しく大きい応答水平加速度が発生する。そして、それが起因して、全塑性曲げモーメントに近い水平軸回りの曲げモーメントが繰り返し発生し、支材 L_{12} の上下フランジが局部座屈するという結果を得ている。また、その解析結果は、実橋の座屈モード良好に再現している。これらのことから、対象橋梁全体にわたって一様に分布する水平震度を漸増する静的な弾塑性有限変位解析では、支材 L_{12} の座屈損傷が十分に説明できにくいことがわかった。今後は、水平震度が橋梁の上方に向かって漸増することを考慮した解析を行う必要がある。

2) 支承が崩壊しなければ、対象としたアーチ橋は、兵庫県南部地震によって損傷を受けなかったと考えられる。したがって、長大アーチ橋の支承は、地震によって、他の部材よりも先に崩壊しないように設計するのがよい。

3) また、アーチ橋のように、高さ方向に質量が比較的分散して分布する構造物においては、建築構造物の耐震設計法と同様に、今後、高さ方向の加速度の相違を考慮した設計を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 中井 博・北田俊行・興地正浩・石崎 浩：大地震により損傷を受けたアーチ橋の損傷原因のシミュレーション解析、土木学会関西支部・平成 8 年度年次学術講演会概要集、pp. I-16-1～I-16-2、1996 年 5 月。
- 2) 中井 博・北田俊行・池田仲裕・加賀泰一：巨大地震によるアーチ橋上横繋ぎ材の座屈損傷解析、土木学会関西支部・平成 9 年度年次学術講演会概要集、pp. I-75-1～I-75-2、1997 年 5 月。
- 3) 頭井 洋・北田俊行・中井 博・加賀泰一：兵庫県南部地震によるローゼ橋の被害原因の動的応答解析による検討、鋼構造論文集、日本鋼構造協会(投稿中)。

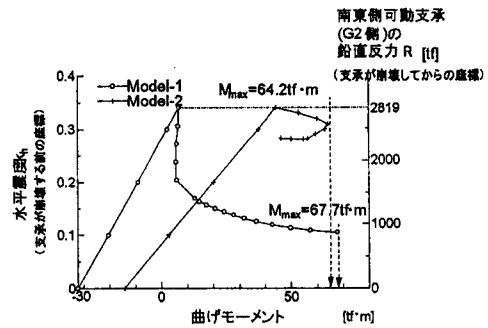
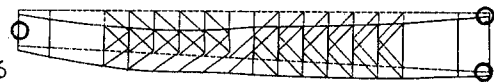


図-5 水平震度と支材 L_{12} の水平軸回りの曲げモーメントとの関係
(支承が崩壊し 3 点支持となった場合)



(○：支承)

図-6 支承が崩壊し 3 点支持となった場合の変形モード (Model-2)

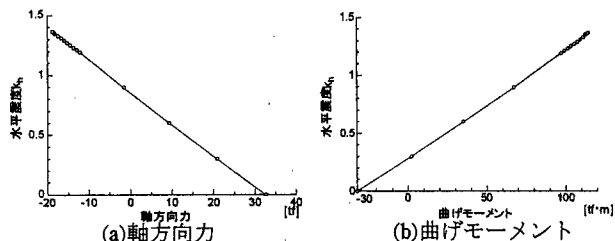


図-7 支承が崩壊しないとした場合の支材 L_{12} の水平震度と断面力の関係 (Model-1)