

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
 大阪市立大学工学部 学生員 〇興地正浩
 川崎重工業(株) 正員 江上武史

大阪市立大学工学部 正員 北田俊行
 阪神高速道路公団 正員 石崎 浩

1. まえがき 兵庫県南部地震によって、図-1に示す長大なアーチ橋においては、南側の2つの可動沓が崩壊した。その結果アーチ橋は、3点支持に近い状態となった。それによって、橋梁全体に大きなねじりモーメントが作用し、6本の上横繋ぎ材が座屈損傷した¹⁾。本研究では、

橋脚も含めたアーチ橋を3次元骨組構造物にモデル化し、弾塑性有限変位解析²⁾を行うことによって、上横繋ぎ材に起こった座屈の原因の検討を試みた。

2.1 解析モデル 図-1の上横繋ぎ材、およびアーチリブは弾塑性有限変位挙動が考慮できる有限要素でモデル化し、また支承は剛体要素でモデル化した。崩壊した南西側の支承位置は、ジャッキ架台で支持されている。そのため、

この位置における支承条件は、崩壊後も不変とした。また、南東側の支承位置は、ジャッキ架台による若干の支持作用が期待できる。そこで、その貫入部分における端横桁腹板は、弾塑性要素によって支持された系にモデル化した。なお、その他の部材は、すべて弾塑性有限変位挙動のみが考慮できる有限要素でモデル化した。

2.2 載荷荷重 死荷重Dは、各有限要素の両節点に振り分け、鉛直荷重として作用させた。また、地震荷重は、死荷重Dに水平震度 k_h を乗じた水平横荷重 $k_h D$ として作用させた。そして、 k_h を漸増させる解析を行った。

2.3 解析ケース ①まず、設計水平震度0.3に安全率1.13を乗じた $k_h=0.34$ に至ると、南側の2つの支承が崩壊するものと仮定した。これらの支承の崩壊の後は、 $k_h=0.34$ に固定し、アーチ橋が3点で支持されるものとして、解析を行った。②つぎに、南東側支承の崩壊後、南東側のジャッキ架台の若干の支持能力を評価し、3つの剛支点と1つのばね支点とで支持された図-1に示す解析系を再現し、 k_h を漸増する解析を実施した。③さらに、支承が崩壊しないと仮定した場合の解析も、実施した。

3.1 水平震度と支承反力との関係 3点支持の状態となり、 $k_h > 0.34$ となったときの解析結果を、図-2に示す。ここで、縦軸には、南東側可動支承の鉛直反力をとっている。この図によると、鉛直反力は、863tf近傍で解析不可能となった。このことから、南東側のジャッキ

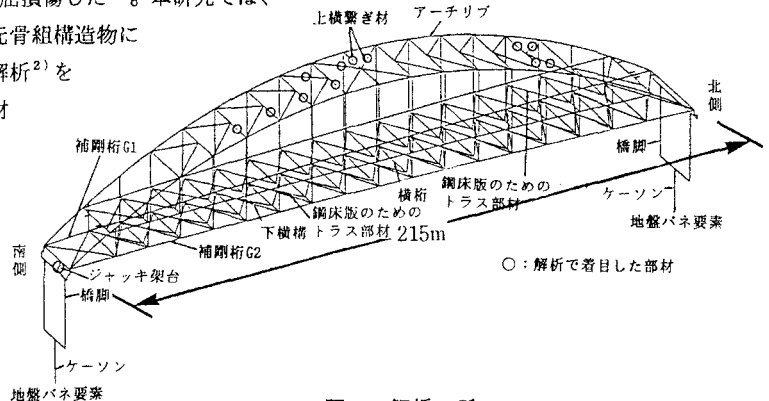


図-1 解析モデル

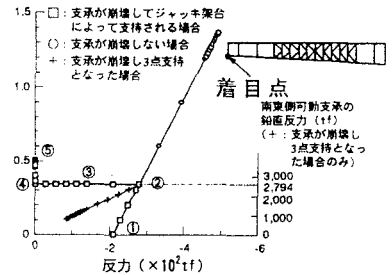


図-2 南東側可動支承における鉛直反力

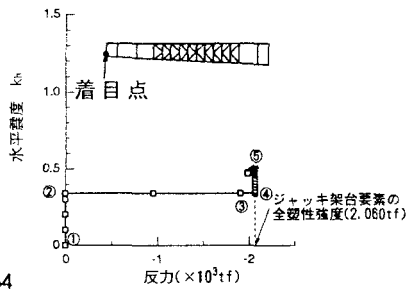


図-3 ジャッキ架台における鉛直反力

架台は、ある程度の鉛直荷重と水平地震力とを分担していたことがわかる。ところで、ジャッキ架台によってアーチ橋が支持されると、南東側の支承反力は0となる。しかし、図-3に示すように、ジャッキ架台の鉛直反力は、水平地震力が増加しても一定となっている。これは、ジャッキ架台をモデル化したばね部材が、全断面降伏状態に達したためである。また、終局の水平震度は、支承が崩壊しないとした場合で1.36、また支承の崩壊後も、ジャッキ架台の支持機能を評価した場合で0.50となった。

3.2 水平震度と上横繫ぎ材の軸方向力との関係 図-5に示すように、実際に座屈していた上横繫ぎ材D11は、解析においても、終局状態に至って、崩壊している。

一方、図-6より、上横繫ぎ材L5、L7、L9、およびL11は、道路橋示方書による耐荷力を上回る軸方向力が作用しているにもかかわらず、また終局状態に至っていないことがわかる。すなわち、これらの部材では、柱部材としての部分座屈よりも、薄肉断面として局部座屈が先行したものと考えられる。

さらに、図-7より、実際に、座屈損傷を受けている上横繫ぎ材L12は、支承の崩壊後、それほど大きな圧縮力を受けていないことがわかる。この部材は、部材の腹板面内における曲げ作用により、横倒れ座屈を起こしたものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 実際に座屈損傷していた上横繫ぎ材のうち、支間中央の上横繫ぎ材の斜材1本は、解析によっても座屈し、終局状態に至った。また、他の4本は、道路橋示方書による終局強度を上回る応力状態に達し、終局状態に近い状態であった。しかし、他の1本は、座屈損傷を再現することができなかった。また、解析においては、他の上横繫ぎ材にも、終局状態に近い状態に達していたものが認められた。
- 2) 実際の座屈損傷事故を相当な精度で再現するためには、上横繫ぎ材の横倒れ座屈強度、および薄肉断面としての局部座屈強度を解析したり、また部材としての初期たわみを導入した場合の解析を行い、検討する必要がある。

参考文献

- 1) 米倉 徹・今田康博・森 滝義・恒川昌弘・江上武史：六甲アイランド橋災害復旧工事、土木施工、Vol. 36, No. 8, pp. 9~23, 1995年8月
- 2) 北田俊行・大南亮一・丹生光則・田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐荷力解析用の汎用プログラム開発、構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、Vol. 13, JSSC, pp. 89~94, 1989年7月

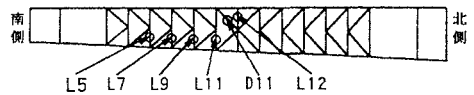


図-4 座屈損傷した上横繫ぎ材の部材番号

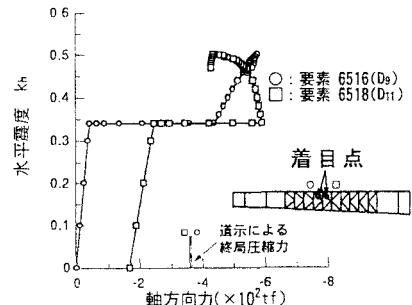


図-5 水平震度と上横繫ぎ材D9、およびD11中の有限要素No.6516、ならびにNo.6518の軸方向力との関係 (支承崩壊後ジャッキ架台によって支持される場合)

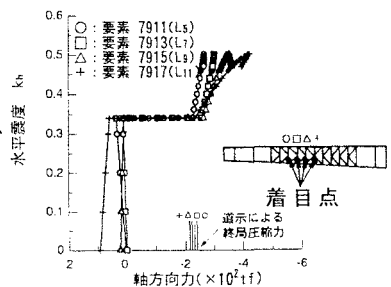


図-6 水平震度と上横繫ぎ材L5、L7、L9、およびL11中の有限要素No.7911、7913、7915、ならびにNo.7917の軸方向力との関係 (支承崩壊後ジャッキ架台によって支持される場合)

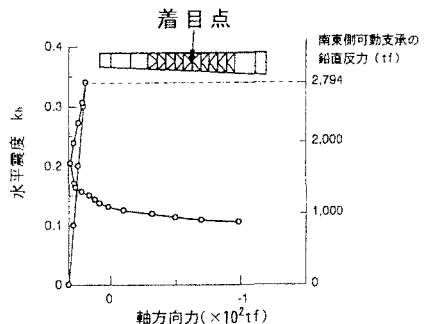


図-7 水平震度と上横構L12中の有限要素No.6019の軸方向力との関係

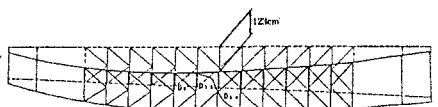


図-8 支承が崩壊してジャッキ架台に支持された場合の終局状態における変形モード ($K_n = 0.50$)