

二軸載荷による金属ピン支承の破壊実験

九州大学工学部 学生会員 ○寺岐和久
(株)住友重機械工業 正会員 山平喜一郎
(株)オイレス工業 正会員 川原壮一郎

九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
九州大学工学部 学生会員 栗木茂幸
(株)オイレス工業 正会員 伊関治郎

1. はじめに

兵庫県南部地震によって大きな被害を受けた都市高架橋では、支承部付近で損傷を受けた例が数多く確認されている。支承部に致命的な損傷が生じた場合、上部工と下部工の衝突によって大きな2次損傷を生むことがこれまでの研究でわかっている¹⁾。しかし、橋梁の重要な要素であるにもかかわらず金属支承の耐震性に関する研究はこれまで十分に行われておらず、支承部の適切なモデル化は現段階では困難な状況である。そのため、既設橋脚の耐震補強や耐震設計を合理的に行うためには、大規模地震時に支承が破壊に至るプロセスを明らかにする必要がある。そこで本研究では、兵庫県南部地震で実際に被害を受けた鋼製ピン支承を例にとり、橋梁全体系の地震応答解析²⁾で得られた支承に作用する外力を参考に実験により破壊過程を実証検討した。

2. 実験方法

実験は支承実験を3ケース、セットボルトの引張試験を3ケース行った。実験で採用した載荷ケースは、実橋梁の地震応答解析で得られた最大荷重²⁾をもとに決定した。支承実験の載荷ケースと供試体の設置方法および供試体の図面を表-1および図-1,2に示す。載荷は水平300tfアクチュエータ、鉛直100tf油圧ジャッキを用いた二軸試験機で行い、下沓ソールプレート位置に水平変位計、上沓ソールプレート位置に鉛直変位計を設置し沓全体の変位を計測した。支承実験では、破壊に至るプロセスを確認することが主たる目的であるため、ボルト等に補強は行っていない。セットボルトの引張試験は、実験に使用したボルトと同材質、同径のものを用いて100tf万能試験機によって行った。その結果を表-2に示す。

3. 実験結果および考察

ピン支承実験の荷重-変位関係(図-3,4,5)とボルトの破壊状況(図-6,7)を次頁に示す。支承の耐力の算定にあたり、セットボルト(JIS B 1051 強度区分4.6)には引張試験で得られた結果を用いた。他の部材に関しては、JISに規定されている支承用鋼材の保証降伏点応力度を用いた。

(1) 鉛直方向載荷試験

図-3に荷重-変位関係を示す。破壊箇所はセットボルトであった。鉛直荷重が入る以前に水平力によって荷重方向の後列側ボルト(以下、後列側ボルト)が降伏点に達し、変位が大きくなっている。鉛直力10tf付近で荷重方向の前列側ボルト(以下、前列側ボルト)も引張降伏した。最後はボルト4本の引張強度の合計12.1tfを超えて、15.7tfで破断した。この主な原因は、水平力により前列側のボルト周辺のソールプレートには圧縮力が作用しており、それがキャンセルされて前

表-1 支承実験載荷ケース

ケース番号	鉛直方向 載荷条件	水平方向 載荷条件	非線形動的解析計算値	
case-1 鉛直方向 載荷実験	一方向 単調増加 (破壊まで)	橋軸直角方向 水平力一定 (14.0tf)	最大引張力 26.9tf	橋軸直角 方向水平力 14.0tf
case-2 橋軸方向 載荷実験	軸力一定 (圧縮26.7tf)	橋軸方向 一方向単調増加 (破壊まで)	橋軸方向 最大水平力 107.5tf	圧縮力 26.7tf
case-3 橋軸直角方向 載荷実験	軸力一定 (引張3.2tf)	橋軸直角方向 一方向単調増加 (破壊まで)	橋軸直角 方向最大水平力 75.0tf	引張力 3.2tf

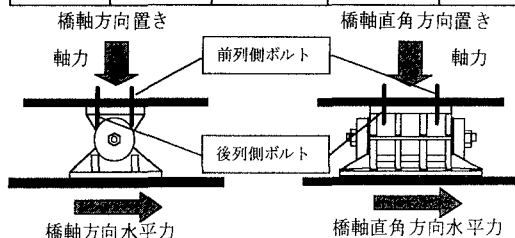


図-1 供試体設置方法

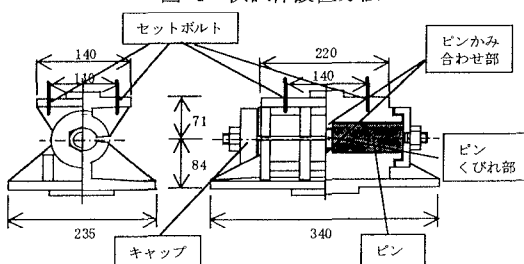


図-2 ピン支承供試体(単位mm)

表-2 ボルト引張試験結果

	No.1	No.2	No.3	平均値
降伏荷重 (tf)	1.633	1.649	1.652	1.645
最大荷重 (tf)	2.978	3.043	3.058	3.026
破断荷重 (tf)	1.930	1.995	2.060	1.995
最大伸び (mm)	9.400	10.980	11.350	10.577
降伏応力 (kgf/cm ²)	2964	2993	2998	2985
引張強度 (kgf/cm ²)	5405	5523	5550	5492

列側セットボルトが破断ひずみに到達するまで、セットボルトの破壊が遅れたことであるものと考えられる。

(2) 橋軸方向载荷実験

図-4に荷重-変位関係を示す。破壊は予想したとおり、後列側ボルトの引張破断によって生じた。41tfで後列側ボルトが破断し、一旦荷重が低下した後上沓せん断キーが効き始め、再び荷重が上昇した後、せん断キーが破壊し前列側ボルトが31tfで破壊した。最大荷重で実験値が計算値を約5tf上回る結果となったが、原因としては、上沓とピンの摩擦による抵抗モーメントの増大が考えられる。

(3) 橋軸直角方向载荷実験

図-5に荷重-変位関係を示す。ピン部の降伏、せん断キーの破壊に伴ってボルトのせん断破断に至る予想であったが、まず水平荷重10tfで後列側ボルトの非ねじ部が曲げ降伏し、载荷初期に変位が伸びた。さらに荷重を増すと、水平荷重23tfと36tfで曲線の傾きが緩くなっているが、これはピンの降伏とせん断キーの降伏が影響しているものと考えられる。その後、最大荷重41tfを経験し、38tfでボルト4本がほぼ同時に破断した。

4. まとめ

(1) 従来セットボルトには水平反力を受け持たせない設計がなされてきたが、実験の結果より、水平力によってボルトには引張力に加え、せん断力と曲げモーメントが作用していることがわかった。

(2) 3 ケース全てにおいて最大荷重は計算値を上回っており、case1、case2、case3でそれぞれ設計上揚力3tf、設計橋軸方向水平力17tf、設計橋軸直角方向水平力15tfを十分に満たす耐力が確認できた。ただし、橋軸直角方向载荷実験の破壊形態は、ボルト破断直後に急激に耐力を失う脆性破壊の形となっている。

(3) 解析で得られた支承に作用する断面力以前に、3ケースともボルトが破断することが確認できた。

(謝辞) 本実験の計画・実施にあたり、(株)オイレス工業の増田耕一氏、九州大学工学部の中島崇之氏には多大な協力と助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

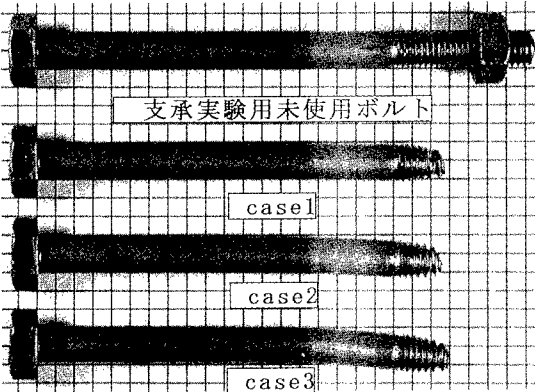


図-6 後列側ボルト破壊状況(1目盛り5mm)

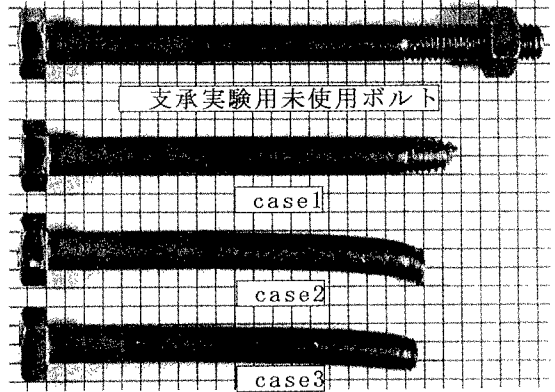


図-7 前列側ボルト破壊状況(1目盛り5mm)

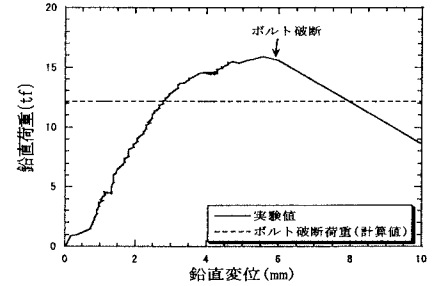


図-3 鉛直方向実験荷重変位関係
(水平14.0tf一定)

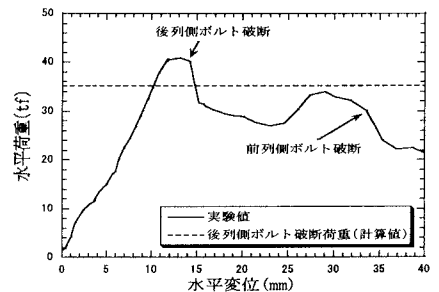


図-4 橋軸方向実験荷重変位関係
(圧縮26.7tf一定)

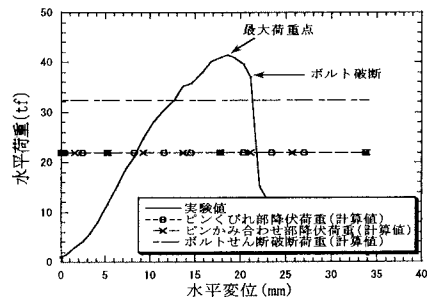


図-5 橋軸直角方向実験荷重変位関係
(引張3.2tf一定)

参考文献 1) 山平喜一郎、他：第25回地震工学研究発表会講演論文集、pp. 897-900、1999. 7、兵庫県南部地震における鋼桁損傷シミュレーション 2) 山平喜一郎、他：土木学会代53回年次学術講演会概要集、pp294-295、1998. 10、3次元非線形地震応答解析による都市高架橋の支承の損傷要因分析