

I-A 283 鋼製支承の強度に関する解析及び実験

横河ブリッジ 正員 谷中 聡久
 阪神高速道路公団 中村 求
 阪神高速道路公団 正員 江川 典聰
 阪神高速管理技術センター 正員 中村 一平

1. はじめに 兵庫県南部地震は、過去に例をみない大規模な被害を道路構造物にもたらした。このような被害は、橋梁の上下部構造の接点に位置する支承回りに特に顕著に現れ、考えられる全形態の損傷が発生したといっても過言ではない。

本報告は、支承回りの損傷実態を踏まえ、死荷重反力作用下において橋軸方向地震動による水平力が作用するときの鋼製支承の変位挙動について、解析及び実験を行い、損傷防止構造について検討を行った結果の概要をまとめたものである。なお、解析及び実験は、ピボット支承（以後PV支承）及び高力黄銅支承板支承（以後BP-A支承）について行ったが、ここではPV支承について報告する。

2. 解析概要 解析は、全体挙動、セットボルト張力及び支承内部の応力分布を調べるため、接触要素を用いた平面モデルの弾性F.E.M.解析とし、表-1に示す諸元により行った。ただし、セットボルトは塑性化を考慮した。荷重は、鉛直方向には死荷重反力を載荷、保持し、水平方向には強制変位を負荷した。

3. 実験概要 実験は、表-2に諸元を示す模型PV支承について、図-1に示すように支承上部に主桁モデル材を取付け静的載荷実験を実施した。解析と同様に、鉛直方向には死荷重反力を載荷、保持し、水平方向には強制変位を下支承側に繰返し両方向に負荷し、主桁モデル材腹板のひずみを目安に増加させ最大33.6mmまで負荷した。

4. 解析及び実験結果

(1) 解析結果：強制変位を負荷すると、せん断キー部とピボット部に反力が生じ、この反力作用位置の偏心により、上支承に回転モーメントが作用する。強制変位の増加に伴い、回転モーメントも増加しセットボルトに大きな張力が発生した。図-2～4に示すように、セットボルトは設計水平力の約2.2倍の1,060tonfで降伏に至り、降伏後

はソールプレートと上支承が離間し、ついには1,240tonfで引張強さに達した。また、せん断キー角部には過大な応力が発生し、セットボルト降伏後1,180tonfで降伏応力に達した。

(2) 実験結果：死荷重反力載荷により、主桁モデル材腹板には一様に圧縮ひずみが発生する。死荷重反力を保持したまま強制変位を負荷すると、上支承が回転し腹板のひずみ分布が不均一になる。水平反力30tonf（強制変位3mm）でソールプレート端部直上の腹板は降伏に至り、水平反力70tonf（強制変位22mm）で座屈した。

表-1 解析支承概要

設計条件	
死荷重反力	629.4 tonf
橋軸方向水平力	474.7 tonf
橋軸直角方向水平力	245.5 tonf
使用材料	
上支承	SCMn1A
下支承	SCW480
セットボルト M36	強度区分10.9
解析条件	
鉛直荷重	629.4tonf
強制変位	0.1mm×50Step+0.5mm×10Step
境界条件	ソールプレート上面水平保持 下支承下面完全固定
モデル厚	等価肉厚

表-2 模型支承概要

設計条件	
死荷重反力	85.0 tonf
橋軸方向水平力	50.0 tonf
橋軸直角方向水平力	50.0 tonf
使用材料	
上支承	SCMn1A
下支承	SCW480
セットボルト M20	SS400

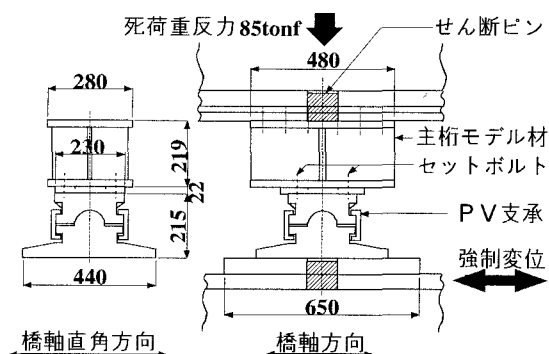


図-1 静的載荷実験概要図

また、セットボルトは腹板が座屈するまでは大きな張力は発生せず、座屈後に張力が急増し降伏に至った。

(3) 考察：一般に支承高の高いPV支承などの場合、水平方向作用力の増加に伴い、設計どおり上支承に回転モーメントが発生する。このため、上部構造の応力分布の不均一さが拡大し、セットボルトに張力が発生する。F.E.M.解析の場合、上部構造(ソールプレート)を水平保持と仮定したため、上部構造強度が高い場合に相当し、相対的に強度の低いセットボルトが降伏し、強制変位の増加により破断に至った。一方、静的載荷実験の場合では、セットボルト強度に比べ上部構造(主桁モデル材)の強度が相対的に低かったため、小変位量では上部構造が変形しセットボルトに大きな張力は生じない。強制変位の増加に伴い、上部構造の座屈が先行しついにはセットボルトが降伏した。

5. 損傷防止構造の検討 以下では構成部位別の損傷防止構造についてまとめる。

(1) セットボルト：セットボルトが降伏・破断すると、上部構造と上支承の離間、せん断キーの抜出しなどの損傷に結びつき、設計条件を満足できなくなると考えられる。セットボルトは、死荷重反力と地震時水平力が同時に作用するとして、あるいは上揚力(死荷重反力の10%)で設計されている。今後、死荷重反力を考慮せず地震時水平力で設計するなど、セットボルトの高強度化対策を行う必要があると考えられる。

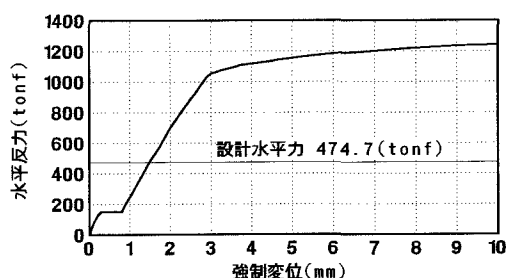
(2) 上部構造：道路橋示方書・第V編では、支承高の高い場合に支承前後端部の補強が示されており、PV支承位置ではこの損傷事例はほとんどなかった。解析の結果は、支承高の低いBP-A支承、あるいはゴム支承などについても同様であるのでソールプレート端部の主桁腹板に補強部材を追加することが有効であると考えられる。

(3) セン断キー：前述のように上部構造と上支承の離間により、せん断キーの抜出しが考えられる。また、解析結果では、過大な水平力及び応力集中により、せん断キーの角部に高応力が発生することが確認された。これは、せん断キーの角部を起点とする上支承の脆性破壊に結びつくと考えられる。今後は、せん断キーの抜出し防止も含め、せん断キーの角部曲率半径と高さを増加する必要があると考えられる。

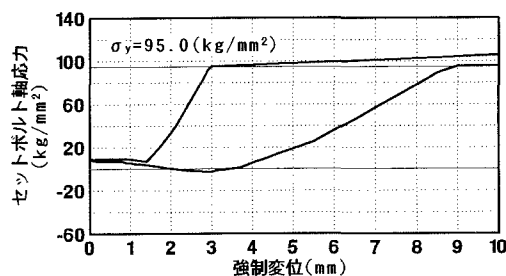
6. まとめ 以上、解析及び実験を実施した結果、死荷重作用下において作用する水平力により、上支承に回転モーメントが発生し、セットボルトや上部構造が損傷し様々な損傷パターンが発生することが明らかになった。また、PV支承について損傷防止構造を提案したが、他の支承についても同様な構造とすることが望ましいと考えられる。今後は、高強度化を図ることにとどまらず、橋梁全体の機能保持、復旧性などを考慮して設計することが必要と考えられる。

参考文献

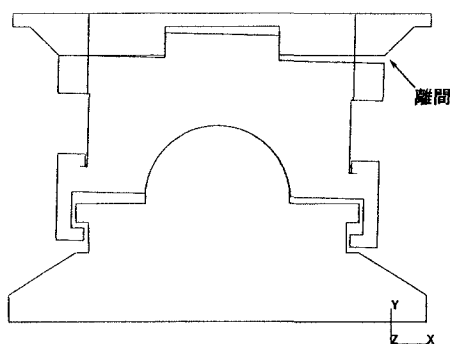
- 1) 石崎浩・澤登善誠：5号湾岸線における長大橋梁部の復旧工事，阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集 1996.1
- 2) 阪神大震災震害調査緊急報告会資料，土木学会



図一 2 強制変位と水平反力の関係



図一 3 強制変位とセットボルト軸応力の関係



図一 4 変形模式図(強制変位10mm)