

I - B 221

ピン支承の水平荷重下での挙動

東京大学大学院 学生会員 宇佐美哲 東京大学大学院 フェロー 藤野陽三
 東京大学大学院 正会員 阿部雅人 (社)日本支承協会 正会員 森重行雄
 (社)日本支承協会 正会員 鶴野禎史

1. はじめに 新設橋, 既設橋を問わず, 橋梁の耐震性能を評価する場合には橋梁の各部材の特性を十分に把握していなければならない。しかし, 支承部, 特に金属支承については実験例も少なく, 地震時終局挙動が十分に明らかにされていないのが現状である。本研究では, 実験および解析例のほとんどみられないピン支承について水平方向載荷実験と解析を行い, 支承本体の耐力と変形性能さらに水平力作用時の挙動を明確にすることを目的とした。

2. 実験概要 載荷機は鉛直 2000tf, 水平 600tf の二軸試験機を使用し, 供試体は死荷重反力 120tf 用の実大のピン支承を用いた。図-1 に示すように上部構造を模した上部構造模型をピン支承に取り付けた状態で実験を行った。載荷方法は参考文献 1)を参照されたい。兵庫県南部地震のピン支承の橋軸方向の被害としてセットボルトの破断が多かったが, ここでの橋軸方向載荷実験ではセットボルトを十分に補強した状態で取り付け, 支承本体の特性を明確にすることを目的として行った。橋軸直角方向は鉛直荷重一定の場合と上部構造に働く回転モーメントにより引張力が働く支承の場合, 圧縮力が働く支承の場合の計 3 種類の載荷実験を行った。設計条件を表-1 に, また構成部材の材料仕様を表-2 に示す。表-3 に載荷方法を示す。

3. 実験結果 図-2, 図-3 に実験結果を示し, さらに, 実験で得られた支承の耐力と設計計算に基づく耐力との比較を行っている。支承の設計計算に基づく耐力の算出では, 橋軸直角方向実験において得られたピンと上下査の査受け部との摩擦係数(0.21)を計算耐力に上乘せして評価している。橋軸方向における上査の回転摩擦は, 橋軸直角方向載荷実験で得られた摩擦係数から導いている。

橋軸方向載荷実験 図-2 に実験で得られた荷重-変位曲線を示す。設計計算に基づく耐力評価からは, 上査の支承本体の曲げ変形によるピンの抜け出しが予想された挙動であったが, 実験では水平方向荷重が 200tf に達しても供試体の外見上の変化はみられなかった。供試体に取り付けたひずみゲージからも上査本体が降伏していないのを確認している。図-2 において, 水平力 100tf を越えてから傾きが小さくなっているが, 鉛直方向の変位のデータなどから, この現象はピンが上下査の査受け部を乗り上げる現象に起因するものであると判断できる。

橋軸直角方向載荷実験 図-3(a)に鉛直荷重 120tf 一定の場合の荷重-変位曲線を示す。支承の弾性域内における繰り返し載荷では, 水平力 25tf 程度の摩擦力(摩擦係数 0.21)が生じているのが分かる。その後一方方向載荷を行ったが, 水平荷重 76tf でピンくびれ部が降伏し, 最大荷重点 117tf を示してから荷重は低下に転じ, 115tf でピンくびれ部が破断した。破断面から, 破壊は脆性破壊が支配的であると判断できた。ピンくびれ部の引張耐力の計算値(約 50tf)に実験で得られたこの摩擦力を上乘せた耐力は, 降伏耐力・破断耐力供に実験値とほぼ等しい。図-3(b)(c)に圧縮側, 引張側支承の荷重-変位曲線をそれぞれ示す。鉛直荷重 120tf 一定の場合と同様に, 実験値と計算耐力値は良い一致を示していることが見て取れる。引張側支承の実験では, 弾性域内試験においてピンと上下査間の滑りが発生していないが, これはピンくびれ部と査受け部突起との隙間を詰めた状態でセッティングしたためと考えられる。

4. 解析 解析プログラムは MARC Ver.7 を使用し, 有限要素法による数値解析を行った。ここでは, 解析の一例として橋軸方向載荷実験のケースを示す。図-4 のメッシュ分割図に示すように 2 次元の平面ひずみモデルを仮定し, 接触解析を行った。応力ひずみ曲線は材料試験に準じている。上査に鉛直荷重を加えた状態で, セットボルト取り付け位置の水平方向を拘束し, 下査を強制変位させている。このように実験に近い境界条件を仮定することで, 図-5 に示す水平力作用時の挙動を良く再現することができている。図-6 に下査査受け部のピン接触面上の応力分布図を示す。

キーワード: ピン支承, 載荷実験, 橋軸方向・橋軸直角方向, 有限要素解析

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL.03-3812-2111(内線 6099) FAX.03-5689-7292

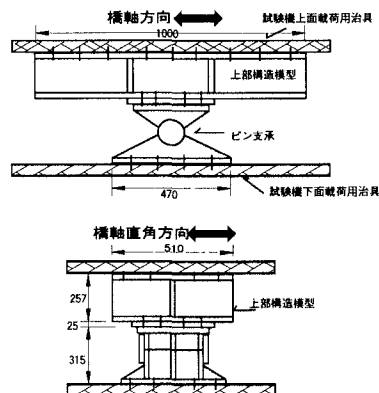


図-1 ピン支承二軸静的載荷実験

5. 結論 ピン支承は橋軸方向載荷においては水平力 200tf までの、橋軸直角方向は破壊時までの耐力と変形性能をそれぞれ実験から得ることができた。橋軸直角方向に関して、圧縮側と引張側の支承の挙動はピンくびれ部の亀裂の進行方向が異なる以外は大きな差はなかった。耐力の違いは杓とピンとの摩擦を考慮することで予測することができることが分かった。さらに有限要素解析により実験との整合を得ることができ、ピンと杓受け部の接触部の応力分布を算定した。

6. 参考文献 1) 森重他「BP-B 支承の水平荷重下での挙動」1999, 土木学会第 54 回年次講演会概要集

7. 謝辞 本研究を行うにあたって日本鑄造株式会社の石井伸氏には多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

表-1 供試体設計条件

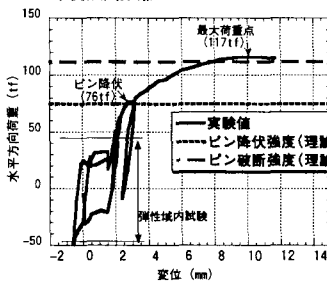
反 力		
全反力	R	153.3tf
死荷重反力	R_d	120tf
橋軸方向水平力	R_{n1a}	70.6tf
橋軸直角方向水平力	R_{n2a}	43tf
上構力	V	24.3tf

表-3 載荷方法

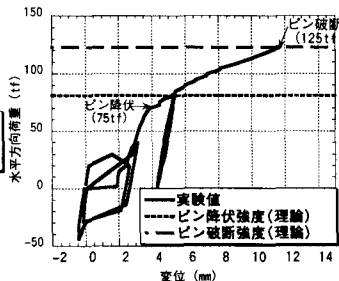
		鉛直方向	水平方向
橋軸方向載荷	セットボルト破壊実験	120tf一定	弾性域内繰返し載荷 + 終局状態まで一方向載荷
	セットボルト補強実験	120tf一定	弾性域内繰返し載荷 + 200tfまで一方向載荷
橋軸直角方向載荷	圧縮側支承	120tf一定 $R_d = \frac{V}{2} + \frac{h \cdot R_h}{b}$	弾性域内繰返し載荷 + 破壊まで一方向載荷
	引張側支承	$R_d = \frac{V}{2} - \frac{h \cdot R_h}{b}$	

ここで R_d : 支承の反力, R_h : 水平力, V : 上部構造の死荷重, h : 支承から上部構造の重心位置までの距離,

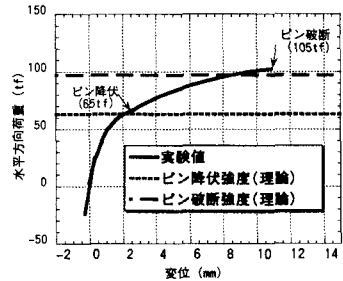
b : 支点間距離



(a) 鉛直力 120tf 一定



(b) 圧縮側支承



(c) 引張側支承

図-3 橋軸直角方向載荷実験結果

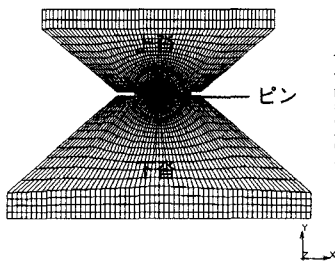


図-4 メッシュ分割図

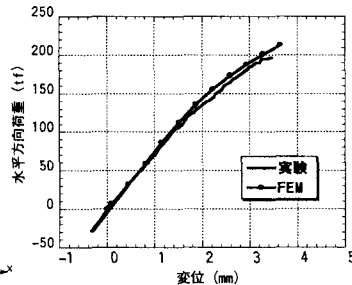


図-5 解析結果

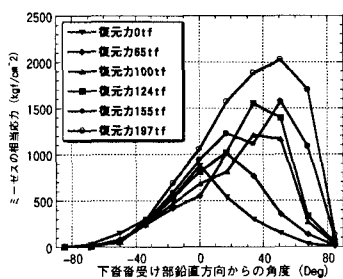


図-6 下杓受け部の応力分布