

I - B 220

BP-B 支承の水平荷重下での挙動

(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
 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
 東京大学大学院 学生会員 宇佐美哲 東京大学大学院 学生会員 柳野和也

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 BP-B 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 本研究では支承本体の耐力を明らかにするのを主な目的としたので、セットボルトは補強して実験を行った。鉛直 2000tf、水平 600tf の二軸試験機を使用し、試体は死荷重反力 120tf 用の実尺の BP-B 支承を用いた。実験では図-1 に示すように上部構造を模した上部構造模型を BP-B 支承に取り付けて、死荷重 120tf を想定した鉛直荷重を作用させ、水平方向は橋軸方向と橋軸直角方向の 2 方向に対して行った。供試体の各部材間およびボルトの取り付け部のガタを取り除くためと摩擦及び弾性域の剛性を明らかにするために弾性域内において繰り返し載荷を行う。さらに橋軸方向は上査ストッパーが、橋軸直角方向は下査突起が破壊するまで載荷を行った。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。なお、橋軸直角方向載荷実験においては、実橋において橋軸直角方向に水平力が作用した場合、図-2 に示すように主桁の転倒モーメントが発生する。そのことを考慮し、水平方向荷重の増加に伴い鉛直荷重を変動させる実験も行った。ただしこの場合は、水平方向載荷は荷重制御で行った。表-3 に載荷方法をまとめる。

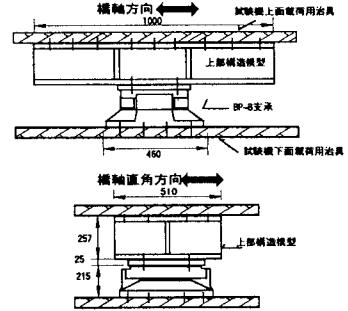
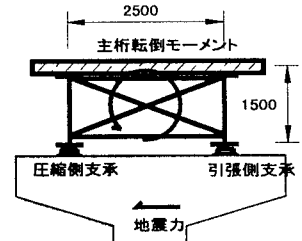


図-1 BP-B 支承二軸静的載荷実験図

図-2 主桁転倒モーメントによる
支承部の影響

3. 実験結果 図-3、図-4 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た。支承の設計計算に基づく耐力の算出では、実験において得られた摩擦係数(0.08)を計算耐力に上乘せして評価している。さらに曲げモーメントによる終局耐力は全塑性モーメントにより算出している。

橋軸方向載荷実験 水平方向載荷は変位制御で行った。図-3 に設計計算に基づく耐力値と実験で得られた荷重-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 10tf 程度の摩擦(摩擦係数 0.08)が生じている。その後上査ストッパーが破壊するまで載荷したが、最大荷重点 220tf を示してから反力は低下に転じ、上査ストッパーは大規模な塑性変形を起こしながら破壊した。上査ストッパーはせん断強度に近い値で破壊しているが、これは、上査ストッパーが変形するに従い荷重作用位置が上査ストッパーの付け根部に移動することにより、曲げモーメントが減少したためにせん断強度に近くなったものと思われる。

橋軸直角方向実験 図-4(a)に鉛直方向荷重 120tf 一定の場合の荷重-変位曲線を示す。水平方向荷重 245tf で最大荷重点を示してから反力は低下に転じ、166tf で下査突起部が破断した。亀裂は下査突起基部から水平方向に進行していた。さらに図-4(b)(c)に圧縮側支承、引張側支承の荷重-変位曲線をそれぞれ示す。引張側支承の場合、水平方向荷重 220tf で下査突起が破壊したが、亀裂は下査突起基部から斜め下方向に進行していた。これは鉛直方向荷重 120tf 一定の場合と異なる。その原因として、引張側支承の実験では、水平方向荷重 200tf 前後で上査と中間プレート間に隙間が生じ、鉛直荷重一定の実験と比べ、荷重作用位置が上がったために曲げに近い破壊になったものと考えられる。なお、圧縮側支承の実験では下査突起が破壊には至らずに水平力 240tf で載荷を中止している。図-4 に示すように、いずれの載荷法の実験でも設計計算に基づく終局耐力、この場合は下査突起の曲げ破壊の強度であるが、実際にはそれを大きく上回る耐力を有していることが見て取れる。

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のケースを示す。図-5 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。下査突起はせん断バネ支持を仮定し、上査を強制変位させている。図-6 に上査ストッパー一部の下査突起との接触面におけるキーワード: BP-B 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 TEL03-3812-2111(内線 6099) FAX 03-5689-7292

る応力分布を示す。下沓突起に接触した上沓ストッパーが塑性変形を伴い破壊する現象を再現することが困難であるため、図-7 に示すように水平方向荷重 140tf を越えてからの挙動が再現できていない。今後は数値解析において、破壊基準を設けてより精度の良い解析を試みる必要がある。

5. 結論 橋軸方向実験における設計計算に基づく照査では、曲げ強度よりもせん断強度の方が良い一致を示している。橋軸直角方向実験において、下沓突起の終局耐力は過度に安全側である。

表-1 供試体設計条件

反 力		
全反力	R	153.4tf
死荷重反力	R_d	120tf
橋軸方向水平力 (地震時)	R_{ho}	59.8tf
橋軸直角方向水平力 (地震時)	R_{ho2}	47.9tf
上揚力 (地震時)	V	12.9tf

表-2 供試体主要部材料仕様

	設計仕様	材料試験
上沓	SS400 $\sigma_y = 2193\text{kgf/cm}^2$ $\sigma_{max} = 4079\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_y = 2610\text{kgf/cm}^2$ $\sigma_{max} = 4370\text{kgf/cm}^2$
下沓	SC450 $\sigma_y = 2294\text{kgf/cm}^2$ $\sigma_{max} = 4589\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_y = 2920\text{kgf/cm}^2$ $\sigma_{max} = 5210\text{kgf/cm}^2$

表-3 載荷方法

橋軸方向載荷		鉛直方向	水平方向
		120tf一定	弾性域内繰り返し載荷+破壊まで一方向載荷
水平方向 載荷	圧縮側支承	120tf一定	弾性域内繰り返し載荷+破壊まで一方向載荷
		$R_d = \frac{V + h \cdot R_h}{2}$	
	引張側支承	$R_d = \frac{V - h \cdot R_h}{2}$	

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

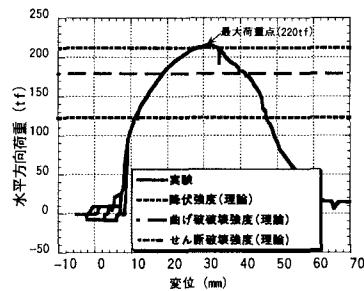
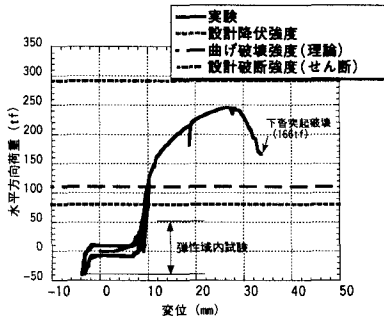
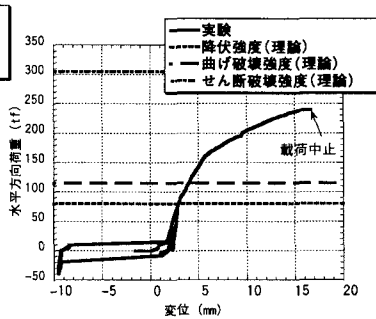


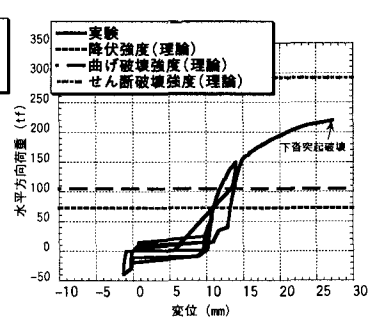
図-3 橋軸方向載荷実験結果



(a) 鉛直力 120tf 一定



(b) 圧縮側支承



(c) 引張側支承

図-4 橋軸直角方向載荷実験結果

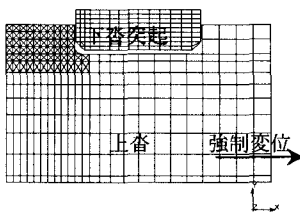


図-5 メッシュ分割図

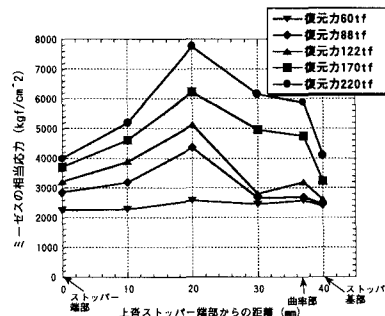


図-6 上沓ストッパー部の応力分布図

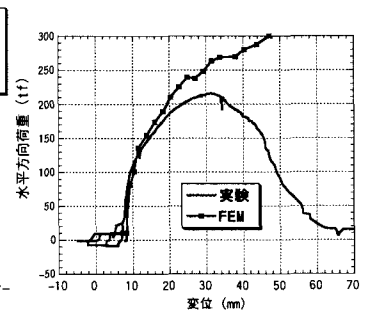


図-7 解析結果

6. 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。