

継続時間の長い地震動を受ける鋼製橋脚のハイブリッド実験

関東学院大学 学生員 ○平口 未帆 関東学院大学 正会員 北原 武嗣
 関東学院大学 正会員 田中賢太郎 関東学院大学 学生員 吉田 隆信
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

2003年十勝沖地震では長周期地震動が原因と考えられる石油タンクのスロッシング現象が¹⁾、2004年中越地震においては、関東平野で長周期成分の卓越する地震波が観測された。また、南海・東南海・東海地震のような海溝型巨大地震の際にも長周期、長継続時間の地震波が生じると考えられている。しかしながら、長周期・長継続時間地震を受ける鋼製橋脚の耐荷性状に関して十分な検討は行われていない現状である。

そこで本研究では、都市高速に多用されている既設鋼製橋脚を検討対象とし、長継続時間地震動を受けた際の耐荷性状をハイブリッド実験により検討することを目的とした。

2. 実験概要

(1) 引張試験

供試体に使用した鋼材の機械的性質を得るため、引張試験を実施した。試験片は供試体に用いた鋼板(SS400)から3体製作し、その平均値として求めた。表-1に求めた鋼材の機械的性質を示す。

表-1 引張試験結果

	3体の平均値
降伏強度 (N/mm ²)	307.3
引張強度 (N/mm ²)	439.6
ヤング率 (N/mm ²)	201900
ポアソン比	0.29
伸び率 (%)	36

(2) 実験供試体

都市高速に一般的に用いられることの多い橋脚高さ10mの鋼製橋脚を想定し、約1/8に縮小した実験供試体を製作した。耐荷力・変形性能に影響を及ぼすパラメータとして、補剛板パネル全体、縦補剛材間の板パネル、縦補剛材の自由突出板それぞれの幅厚比パラメータと、縦補剛材剛比 r の弾性座屈理論から求まる縦補剛材の必要最小剛比 r^* に対する比 r/r^* 、および細長比パラメータに着目し、これらが実物橋脚と一致するように供試体寸法を決定した。

設定した座屈パラメータを表-2に示す。表-2に示すパラメータ値となるように供試体断面を決定した結果、供試体の断面高さ262mm、幅372mmとなった。また補

剛材寸法は、補剛材高さ21.5mm、板厚は6mmとした。橋脚としての構造諸元を表-3に示す。

表-2 実験供試体の座屈パラメータ

R_f	R_R	R_s	r/r^*	$\bar{\lambda}$
0.615	0.539	0.198	0.676	0.36

表-3 構造諸元

断面積 (mm ²)	7464
断面2次モーメント (mm ⁴)	8678×10 ⁴
降伏強度 (N/mm ²)	307.3
軸力 (N)	2256×10 ²
載荷点までの距離 (mm)	1572
ヤング率 (N/mm)	2019×10 ²
降伏曲げモーメント (N・mm)	1835×10 ⁵
降伏水平荷重 (N)	1168×10 ²
降伏変位 (mm)	8.6

(3) 載荷装置および方法

鉛直方向に最大荷重1000kN、ストローク150mmの定圧油圧ジャッキを用いて、実験供試体に上部構造死荷重相当の軸力（降伏軸力の10%）を与えた。水平方向には、最大荷重500kN、ストローク±150mmのアクチュエーターを用いて変位制御で強制変位を与えた。また、変位測定において基部の回転を取り除くため、基部にアングル治具を取り付け測定した。図-1に実験装置を、写真-1に実験状況を示す。

図-1に示す実験装置を用い、1自由度系振動モデルによるハイブリッド実験を行った。入力地震波は文献²⁾を参考に作成した模擬地震波を用いた。卓越周期が2.5秒付近、継続時間は150秒である。応答計算において減衰は3%とした。

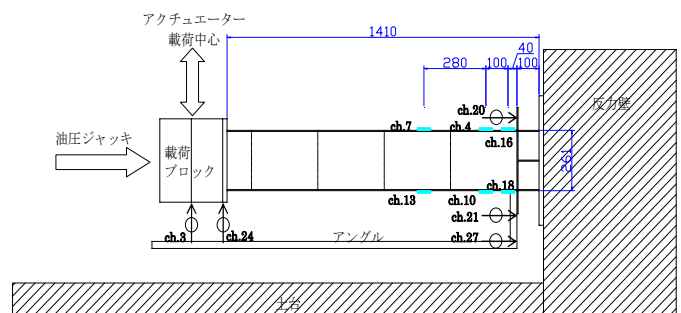


図-1 実験装置

キーワード 鋼製橋脚、長継続時間地震、耐荷性能、ハイブリッド実験

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東1-50-1 関東学院大学工学部社会環境システム学科

TEL045-786-7857 E-mail: kitahara@kanto-gakuin.ac.jp



写真-1 実験状況

3. 実験結果

ハイブリッド実験から得られた時刻歴応答変位および荷重—変位曲線を図-2と図-3に示す。図-2より50秒付近以降、負側にドリフトし $2\delta_y$ 程度の大きな残留変位が生じていることがわかる。また、図-3から $2\delta_y$ 程度で最大荷重を示し、その後、徐々に耐力低下していることがわかる。

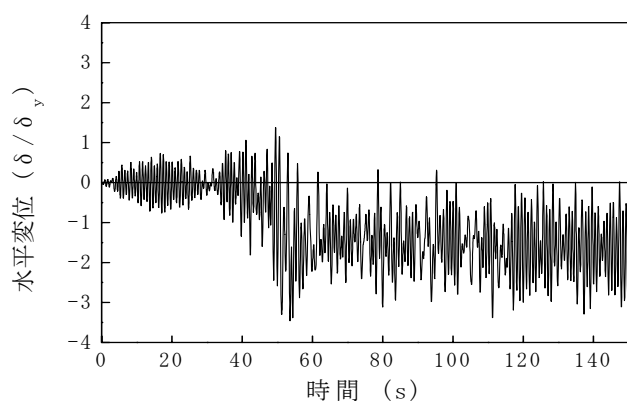


図-2 時刻歴応答変位

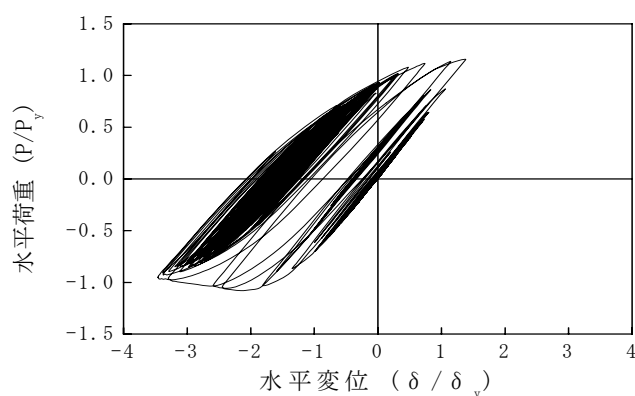


図-3 荷重変位曲線

時刻歴の最終20秒間である130秒から150秒の間で、10回および20回の繰り返し変位による耐力低下を調べた。その結果10回の繰り返しによる耐力の低下率は10%、20回では17%となった。これらの繰り返し振幅時の変位振幅は $0.99\delta_y \sim 3.02\delta_y$ であり、振幅範囲は約 $2.0\delta_y$ とほぼ弾性振幅と考えられる範囲であった。

つぎに、ハイブリッド実験により得られた図-2の時刻歴応答変位から、変位振幅範囲ごとに何回の繰り返し回数を受けたかをカウントした。その結果を表-4に示す。表-4より、弾性範囲を超えたところでは $1.5\delta_y \sim$

$2.0\delta_y$ の変位振幅が28回と最も多くなった。次いで $2.0\delta_y \sim 2.5\delta_y$ の振幅範囲が25回であった。これらのように、長継続時間の地震波入力を受けると合計では100回を超えるオーダーの変位振幅となることがわかる。

なお、ここでは図-4に示すような方法で変位振幅の繰り返し数をカウントした。すなわち、パターン1は変位が引張側に伸び、0を超えている場合（圧縮側も同じ）の回数をカウント、パターン2は変位が引張側に変位している途中で再び引張側に反転した場合（圧縮側も同じ）の回数をカウントするものとした。

表-4 変位振幅幅ごとの繰り返し数

変位	片振幅		両振幅
	圧縮 (－)	引張 (+)	
0～	0	8	33
$0.5\delta_y \sim$	23	0	21
$1.0\delta_y \sim$	19	0	3
$1.5\delta_y \sim$	28	0	0
$2.0\delta_y \sim$	25	0	0
$2.5\delta_y \sim$	12	0	0
$3.0\delta_y \sim$	2	0	0

※変位は δ_y で無次元化 (単位: 回数)

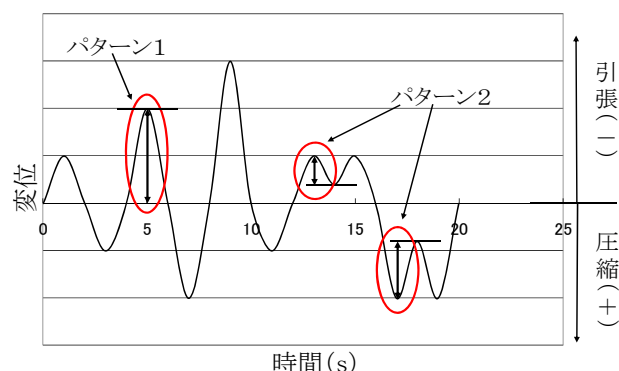


図-4 繰り返し数のカウント方法

4. まとめ

今回実施したハイブリッド実験から、終了直前の20秒間において $0.99\delta_y \sim 3.02\delta_y$ 程度のほぼ弾性領域と考えられる数十回オーダーの繰り返し変位を受けることにより、10回の繰り返し振幅では10%、20回では17%程度の耐力低下が生じる可能性があることがわかった。また、全継続時間では100回を超えるオーダーの繰り返し振幅をうけることも確認できた。

謝辞：平成 20 年度科学研究費補助金（課題番号：20560451）の助成、および大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 北田俊行教授のご支援、同後期博士課程学生 金仁浩氏の協力を得た。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 座間信作：2003 年十勝沖地震時による石油タンク被害と設計用スペクトル，長周期地震動講演会資料，2006。
- 2) 日本建築学会，東海地震等巨大災害への対応特別調査委員会地震動小委員会：各種波形予測手法に基づいた海溝型巨大地震の予測強震動波形収集資料，2007。