

長継続時間入力を受ける鋼製橋脚の繰り返し耐荷性状実験

関東学院大学大学院 学生員 ○吉田 隆信, 関西設計株式会社 正会員 田中賢太郎
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣, 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、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、南海地震、東南海地震および東海地震等の海溝型巨大地震の際にも長周期・長継続時間地震動の発生が懸念されている。しかしながら現状、長周期・長継続時間地震時の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。

そこで本研究では、長周期・長継続時間地震動、特に長継続時間入力を受ける既設高架橋の繰り返し耐荷性状を把握することを目的として、鋼製橋脚を対象に、最大荷重を履歴した後に数十回のオーダーで繰り返し変位を受ける状態を想定した载荷パターンによる、耐荷性状実験を行った。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

本研究では、都市高速に一般的に用いられることので多い橋脚高さ10mの鋼製橋脚を想定し、約1/6に縮小した実験供試体を製作した。

耐荷力および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、および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^* に着目した。これらのパラメータを実物橋脚と一致するように供試体寸法を決定した。

$$R_f = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{k^2 \pi^2}} \quad (1)$$

$$R_R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{4n^2 \pi^2}} \quad (2)$$

$$R_S = 1.663 \frac{h_s}{t_s} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E_s}} \quad (3)$$

ここに、 b : フランジ板幅, t : フランジ板厚,
 σ_y : 鋼材の降伏応力, E : 鋼材の弾性係数,
 μ : 鋼材のポアソン比, $k = 4n^2$: 座屈係数,
 n : 補剛材で囲まれたサブパネル数,
 h : 部材長。

表-1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。供試体の側面図、断面図を図-1に示す。

表-1 実験供試体諸元

	R_f	R_R	R_S	r/r^*
供試体	0.615	0.539	0.198	0.676

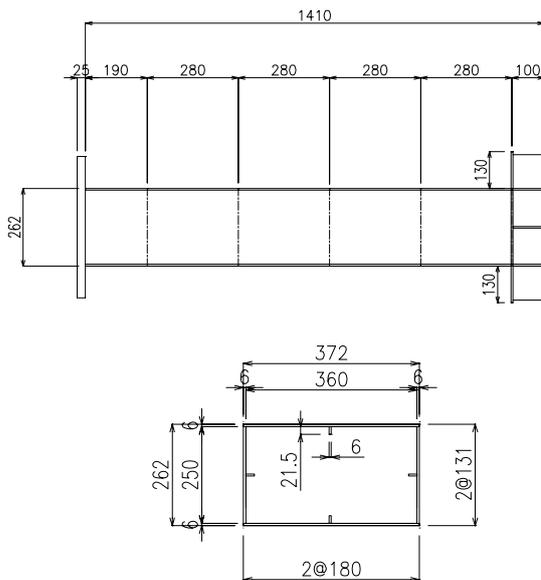


図-1 実験供試体 (単位: mm)

2.2 材料試験 (引張試験)

鋼材の正確な降伏点と応力-ひずみ関係を得るため、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、3体の平均値から降伏点を求めた。鋼材の応力-ひずみ関係の一例を図-2に示す。

表-2には、3体の引張試験結果から求めた鋼材の機械的性質を示す。ここで得られた結果を使用材料の機械的性質として用いた。

2.3 载荷装置および方法

耐荷性状を検討するため、単調载荷実験と漸増繰り返し载荷実験を行った。両実験とも、鉛直方向に最大荷重100kN、ストローク150mmの定圧油圧ジャッキを用いて、実験供試体上部構造死荷重相当の軸力を与え、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-3に実験装置の概要を示す。

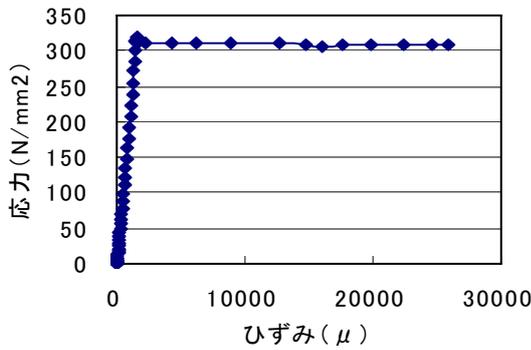


図-2 応力-ひずみ

表-2 引張試験結果

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

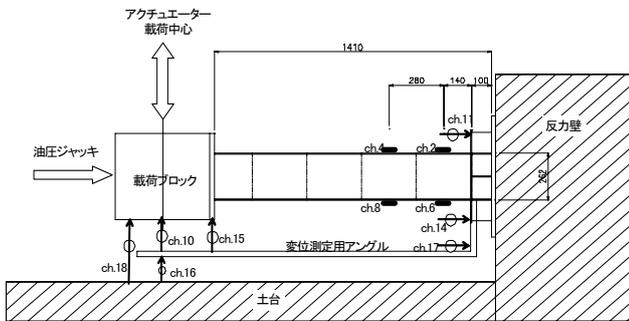


図-3 実験装置

単調荷重実験については、ピーク時荷重から80%程度低下した時点で実験を終了した。

漸増繰り返し荷重実験は、 $\pm 0.5\delta y \sim \pm 3.0\delta y$ の範囲で、6段階(0.5 δy ピッチ)の変位をそれぞれ3回ずつ与えた。3.0 δy で最大荷重の約90%程度に耐力が減少していることを確認し、その後3.0 $\delta y \sim 1.0\delta y$ の弾性変位振幅で20回の繰り返し変位を与えた。荷重パターンの概要を図-4に示す。

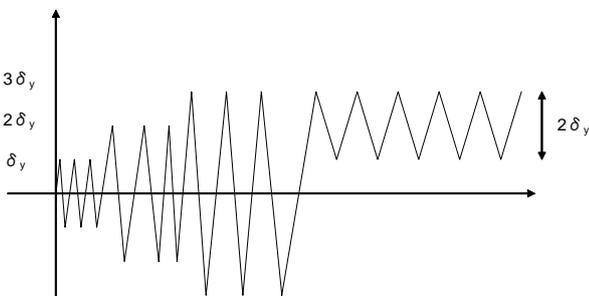


図-4 荷重パターン

3. 実験結果

降伏曲げモーメントと降伏で、無次元化した水平力-水平変位関係を図-5に、繰り返し荷重時の3.0 δy 付近の拡大図を図-6に示す。ここに、降伏曲げモーメントと降伏水平荷重は次式により求めた。

$$My = (\sigma_y - \frac{P}{A}) \frac{I}{y} \tag{4}$$

$$Py = \frac{My}{L} \tag{5}$$

ここに、 y : 図心軸, L : 荷重点までの距離,
 A : 断面積, I : 断面2次モーメント,
 σ_y : 降伏強度, δy : 降伏変位.

破線で示す単調荷重実験では、水平変位2.5 δy のとき水平力が1.1でピークとなり、それ以降強度低下がみられた。一方、実線で示す漸増繰り返し荷重実験での最大荷重は0.77であり、単調荷重実験よりも約31%減少した。また、最大荷重後の20回におよぶ繰り返し変位を受けることにより、耐力が約28%低下していることも見てとれる。

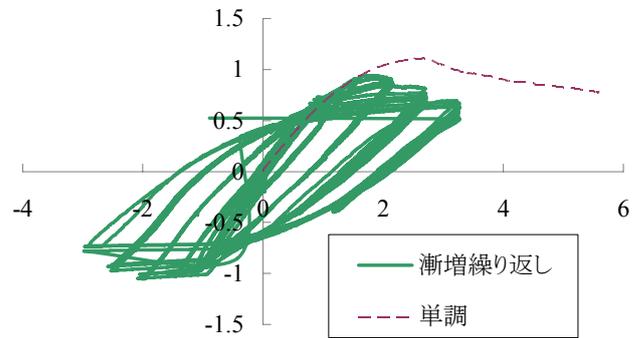


図-5 水平力-水平変位関係

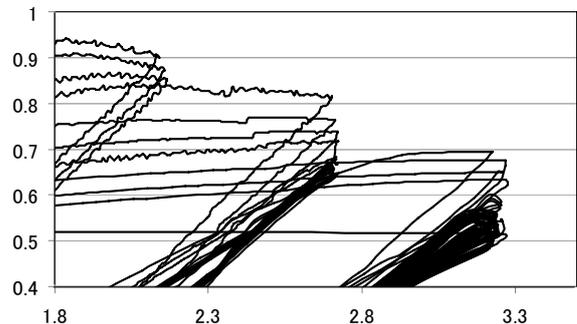


図-6 水平力-水平変位関係 (繰り返し: 拡大)

4. まとめ

長周期地震動では、繰り返し変位を長時間受けることになることが一般的に知られている。

今回実施した漸増繰り返し荷重実験から、最大荷重履歴後に弾性範囲内の繰り返し変位を数十回のオーダーで受けることにより、約28%の耐力低下が生じる可能性があることを確認した。

今後、構造特性の異なる供試体の検討を行い、最大荷重後の繰り返し変位履歴による耐力低下、剛性低下の影響を定量的に評価したい。また、ハイブリッド実験も行っていく予定である。

参考文献

1) 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: 巨大地震による長周期地震動の予測と既存建築物の耐震性と今後の課題, 2006年度日本建築学会大会(関東), 2006.