

板厚の異なる矩形断面を有する逆L形鋼製橋脚の耐震性能実験

愛知工業大学 学生員 ○窪田康範

愛知工業大学 正会員 青木徹彦

愛知工業大学 正会員 鈴木森晶

1. 序論

1995年の兵庫県南部地震は、各種の構造物に大きな被害を引き起こした。高架高速道路のような最重要構造物は大地震でも耐える強度が求められる。現在までに、多くの研究機関で鋼製橋脚の耐震性能に関する研究が行われてきた¹⁾²⁾。都市高速など市街地における高架橋は、立地条件から逆L型の橋脚が使用されている。なかでも逆L形鋼製橋脚のような上部工重量が偏心载荷される橋脚はT形鋼製橋脚に比べ、偏心による付加曲げが作用するため、地震後の残留変位が偏心方向へ大きく変位が生じることが想定される¹⁾²⁾。このため橋脚が地震時に繰り返し外力を受けたときの強度および変形性能を検討することが重要である。本研究では、偏心側の強度を高めるため、偏心側の板厚を大きくした供試体を用意し、繰り返し载荷実験を行い、その耐震性能を検証する。

2. 実験計画および概要

実験供試体の材質はSM490である。断面を構成する板厚は図-1(a), (b), (c)に示すように、3種とも450×450mmのリブ付き補剛断面とする。これらの供試体名はILREC6の次に偏心側板厚6T, 9T及び12Tを付けて区別する。以下に3体の供試体の特徴を述べる。表-1に供試体寸法および各パラメータを示す。

(a) ILREC 6-6T [図-1(a)]: フランジとウェブの板厚は、四辺に同じ $t=6\text{mm}$ を使用する。

(b) ILREC 6-9T [図-1(b)]: フランジ板厚は、偏心側に $t=9\text{mm}$ 、他を $t=6\text{mm}$ 、ウェブ板厚は $t=6\text{mm}$ とする。

(c) ILREC 6-12T [図-1(c)]: フランジ板厚は、偏心側に $t=12\text{mm}$ 、他を $t=6\text{mm}$ 、ウェブ板厚は $t=9\text{mm}$ を用いる。

実験载荷装置を図-1に示す。上部構造重量を想定した鉛直荷重は、4400kN アクチュエータ2基により、また水平方向载荷用に2200kN アクチュエータ1基を取り付け载荷する。

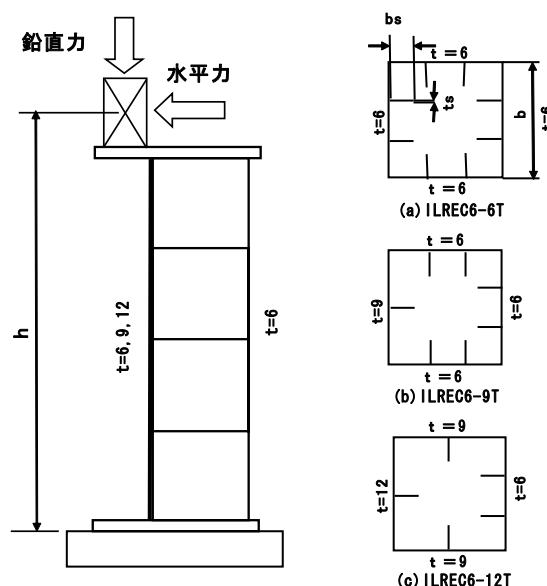


図-1 供試体概要図

表-1 供試体寸法および各パラメータ

供試体名	ILREC 6-6T	ILREC 6-9T	ILREC 6-12T
鋼種	SM490		
フランジ幅	b (mm)		
フランジ板厚	t (mm)		
補剛材幅	bs (mm)	bs (mm)	bs (mm)
補剛材板厚	ts (mm)	ts (mm)	ts (mm)
試体有効高さ	h (mm)	h (mm)	h (mm)
断面2次半径	r (mm)	r (mm)	r (mm)
補剛材剛比	r/r^*	r/r^*	r/r^*
補剛材幅厚比パラメータ	R_s	R_s	R_s
補剛材細長比パラメータ	λ_s	λ_s	λ_s
フランジ幅厚比パラメータ	R_f	R_f	R_f
フランジ細長比パラメータ	λ	λ	λ
偏心パラメータ	e	3r	3r
軸力比	P/Py	0.1026	0.1049

3. 降伏水平変位 δ_y 、降伏水平荷重 H_y の定義

本研究では、偏心側の载荷を(+)とする。(+)方向に降伏水平変位 δ_y の整数倍の水平変位を载荷し、その時の水平荷重を記録する。つぎに、逆向きの载荷では実地震応答に近い状態を再現するため、水平変位ではなく水平荷重に注目し、(+)側に生じた最大水平荷重を同じだけ(-)方向にも载荷するといった繰り返し载荷実験を行う²⁾。

各供試体とも偏心側のフランジ中央部に4枚のひずみゲージを貼る。これから得られた相当応力 σ_{eq} が材料の引張試験結果から得られた降伏応力 σ_y に達した時の変位を降伏水平変位 δ_y とする。また、この時の水平荷重を降伏水平荷重 H_y とする。

4. 実験結果

実験によって得られた主要項目の値を表-2に、水平荷重-水平変位履歴曲線を図-2に示す。図-2よりILREC6-6、ILREC6-9の供試体はともに $3\delta_y$ で、またILREC6-12Tでは $4\delta_y$ で最大荷重に達した。

表-2 繰り返し载荷試験結果

供試体名		ILREC6-6T	ILREC6-9T	ILREC6-12T	e/r=0
降伏水平荷重	H_y (kN)	206	206	264	139
降伏水平変位	δ_y (mm)	33.0	33.4	36.4	11.4
最大水平荷重	H_{max} (kN)	262	268	357	304
最大水平荷重時の変位	δ_m (mm)	65.4	59.2	86.6	35.3
塑性率	μ_{90}	4.16	4.45	4.50	3.56
断面積比		1.00	1.06	1.30	1.00

キーワード 鋼製橋脚、偏心、逆L形

連絡先: 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247 TEL: 0565-48-8121, FAX: 0565-48-3749

包絡線を図-3 示す. 最大荷重は偏心側の板厚が大きくなるほど増加し, 最大荷重以降の耐力の低下割合はどの供試体も同じ傾向で低下した.

構造物の変形性能を評価する指標の 1 つである塑性率を $\mu = \delta_{90}/\delta_y$ と定義し, 図-4 に示す. ここに δ_{90} は水平荷重が最大荷重に達した後 90%まで低下したときの水平変位で, δ_y は降伏水平変位である. 塑性率は ILREC6-6T, ILREC6-9T, ILREC6-12T でそれぞれ 4.16, 4.45, 4.50 となり, 多少ばらつきはあるが, 4 よりやや大きい程度の一定値を示している.

断面積が大きくなれば当然最大荷重も増大し, コストも上昇する. したがって, 最大荷重と断面積との関係を調べておく. これを図-5(a)に示す. ILREC6-6T と ILREC6-9T は断面積がほぼ同等のため最大荷重に変化はなかった. ILREC6-6T を基準としたとき ILREC6-12T では, 断面積が 30%大きく, 最大荷重は 36%増加した. 図-5(b) は断面積当たりの最大荷重である. ILREC6-12T では, ILREC6-6T より, 単位断面積あたりの最大強度が 5%増加した.

累積エネルギー吸収量 AE と载荷サイクルの関係を図-6 に示す. 縦軸は累積エネルギー吸収量 AE を, 横軸は载荷サイクルである. 同図より ILREC6-6T, ILREC6-9T とともに同等の値を示し, ILREC6-12T の供試体は 3 ループ目までは 2 体と比べてほぼ同等の値を示していたが, 4 ループ目以降ではそれらの約 1.5 倍の値を示した. 累積エネルギー吸収量を弾性エネルギー $E_0 (=H_y \cdot \delta_y/2)$ で無次元化したものを図-7 に示す. 同図から ILREC6-6T, ILREC6-9T はほぼ同じ直線上にあり, ILREC6-12T これらより約 20%低下している. これは, ILREC6-12T の E_0 が大きいためである.

5. 結論

本研究では上部構造重量が偏心载荷される逆 L 形鋼製橋脚の繰り返し载荷実験を行い, 偏心側の板厚を大きくすることによる強度と変形能におよぼす影響を明らかにした. 履歴曲線, 包絡線, 塑性率, エネルギー吸収量の各指標は ILREC6-6T を基準とすると, ILREC6-12T はどれも上回る値を示したのに対して, ILREC6-9T はほぼ同等の値を示した. この理由は偏心側フランジの幅厚比パラメータ R_f の値が ILREC6-6T ($R_f=0.280$), ILREC6-9T ($R_f=0.257$) ではほとんど同じ値で, ILREC6-12T ($R_f=0.202$) が小さいためと思われる.

参考文献

- 1) 青木徹彦, 鈴木真一, 渡辺俊輔, 鈴木森晶, 宇佐美勉, 葛漠彬: 面外繰り返し水平力を受ける逆 L 形鋼製箱型断面橋脚の強度と変形能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 37B, 2002. 3
- 2) 成瀬孝之, 青木徹彦, 鈴木森晶: 繰り返し荷重を受ける逆 L 形鋼管橋脚の強度と変形能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 47A, 2001. 3

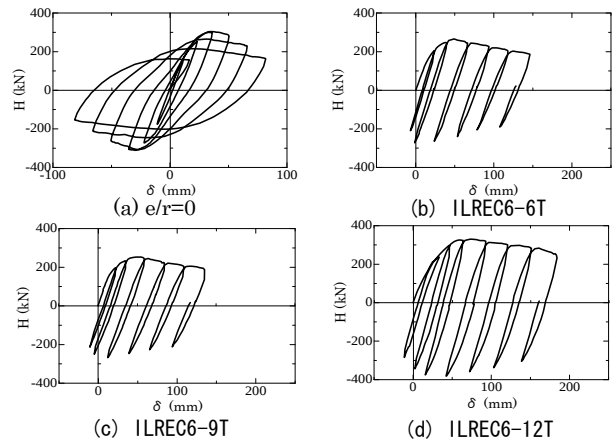


図-2 水平荷重-水平変位履歴曲線

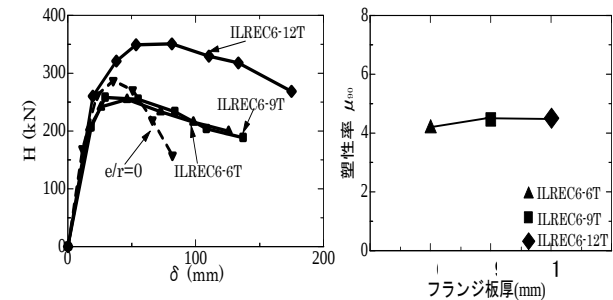


図-3 包絡線

図-4 塑性率

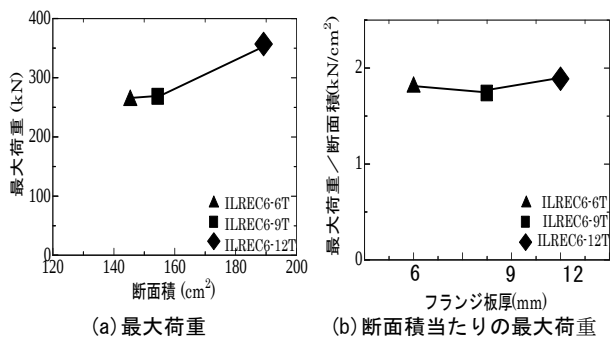


図-5 最大荷重-断面積

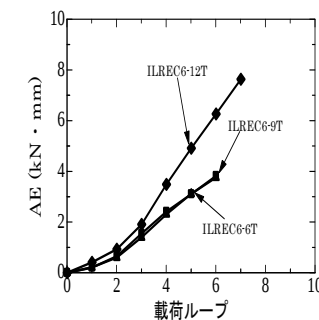


図-6 累積エネルギー吸収量

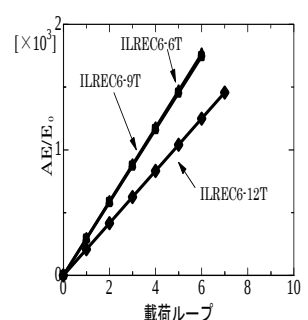


図-7 無次元化累積エネルギー吸収量