

2 方向繰り返し力を受ける鋼製橋脚の強度と変形能に関する解析的研究

名古屋大学

学生員

○岡崎 靖一郎

名古屋大学大学院

学生員

高原 英彰

名古屋大学大学院

フェロー

宇佐美 勉

名古屋大学大学院

正会員

葛西 昭

1. まえがき

現在の橋梁構造物の耐震設計では、橋軸方向および橋軸直角方向で独立に耐震検討を行っており、2 方向地震動が入力された際の耐震安全性を検討した例は少ない。特に、水平 2 方向繰り返し外力を受ける鋼製橋脚の弾塑性挙動に関する研究は少なく、強度と変形能を把握するに至っていない。よって本研究では、正方形補剛箱型断面を有する鋼製橋脚の水平 2 方向に繰り返し荷重を受ける際の弾塑性挙動を実験的、および解析的に解明し、強度および変形能について検討を行なう。

2. 解析概要

解析対象は図 1 に示すように、柱頂部に一定の鉛直荷重を受け、地震力に相当する水平力を受けるような鋼製橋脚であり、正方形補剛箱型断面を有する。鉛直荷重に関しては $P/P_y=0.2$ とし、 $P=864\text{kN}$ の鉛直荷重をかける。ここで、 P =鉛直荷重、 P_y =全断面降伏荷重である。また、局部座屈が柱基部付近に発生することから、図 1 に示すように、基部から 3 ダイアフラム間隔にシェル要素、その上部は梁要素を用い、シェル要素と梁要素の間には剛体要素を用いて適切に接続する。ただし、梁要素部分の断面は断面積、断面 2 次モーメントが等しくなるような等価な無補剛正方形箱型断面とした。解析モデルの諸元を表 1 に示す。

さらに、鋼材として SM490 を用い、材料試験の結果は $E=206\text{GPa}$ 、 $\nu=0.276$ 、 $\sigma_y=411.5\text{MPa}$ となった。ただし、 h =供試体高さ、 $R_f=R_w$ =幅厚比パラメータ、 α =縦横比、 n =サブパネル数である。

鋼製橋脚の強度や変形能を調べるために、本研究では柱頂部に与える変位として、7 つの载荷パターンを用いた。一方向比例载荷としては、X 方向のみのもの (UNI) と X-Y 方向同時入力で X 方向から 45° 傾けたもの (BI-L45)、 22.5° 傾けたもの (BI-L22)、以上の合計 3 種類の载荷パターンを採用する。一方、各方向成分が非比例となる载荷パターンとしては、らせん状の円 (BI-CI) とらせん状の楕円 (BI-OV)、载荷パターン BI-OV を 45° 傾けたもの (BI-OV45)、らせん状の四角形 (BI-SQ)、以上の合計 4 種類の载荷パターンを用いた。その一部を図 2 に示す。

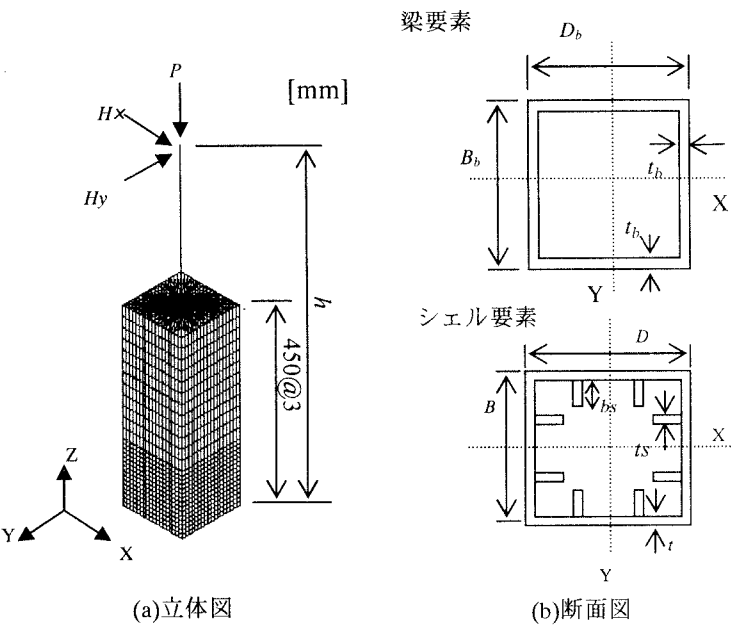


図 1 解析モデル

表 1 解析モデルの諸元

				シェル要素				梁要素	
h (mm)	$R_f=R_w$	α	n	t (mm)	$B=D$ (mm)	t_s (mm)	b_s (mm)	$B_b=D_b$ (mm)	t_b (mm)
2420	0.592	1.0	3	6	450	6	55	435.7	7.77

3. 解析結果と考察

まず、荷重パターン UNI, BI-L45, BI-L22 を比較してみる。表 2 にこれらの荷重プログラムにおける最大水平荷重とその時の水平変位を示す。ここで、これらの値はそれぞれ荷重パターン UNI の降伏水平荷重、降伏水平変位で除して無次元化したものである。この表より、荷重パターン UNI に比べ、荷重パターン BI-L45, BI-L22 の最大水平荷重が小さいのがわかる。

図 3 に荷重パターン BI-L45 の履歴曲線を示す。ただし、本研究では正方形断面を用いており、荷重パターン BI-L45 のときの X 方向, Y 方向の履歴曲線は等しくなるので X 方向のみを示す。図 3 において包絡線を描き、最大荷重の 95%

耐力低下した点を破壊点とする。図 5 に荷重パターン UNI, BI-L45, BI-L22 の破壊点を示す。また荷重パターン UNI と BI-L22 は対称性を利用してプロットしており、図の曲線部分は半径 1 の円弧である。このグラフより、今までの設計法の単なる重ね合わせの原理では過大評価となっており、この過大評価した部分を埋めるような適切な設計案が望まれる。よって、今後は鋼製橋脚の安全基準を明確に判断できるように、水平 2 方向荷重による破壊点の相関関係で更なるデータを蓄積し、耐震性を判断する基準を導いていく考えである。なお、その他の荷重パターンに関しては紙面の都合上、当日発表することとする。

4. まとめ

1 方向のみの荷重時に比べて非 1 方向荷重時には鋼製橋脚の強度劣化が著しく、変形能も小さくなる。よってここで鋼製橋脚に対する多方向の地震動入力に関する設計の有効性を確認することができる。現在、愛知工業大学の耐震実験センターにて実験を平行して行っており、実験結果と解析結果を比較・検討していき、今後はこの他にも多様な荷重パターン・断面形状を解析で試すことで、実際の地震動に対する合理的な耐震設計を確立していく必要がある。

5. 参考文献

・ 杉浦邦征, ウォルター・オヤワ, 渡邊栄一: 繰り返し 2 方向力を受ける角形鋼管柱の弾塑性挙動, 第 3 回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集, pp97-104, 2000

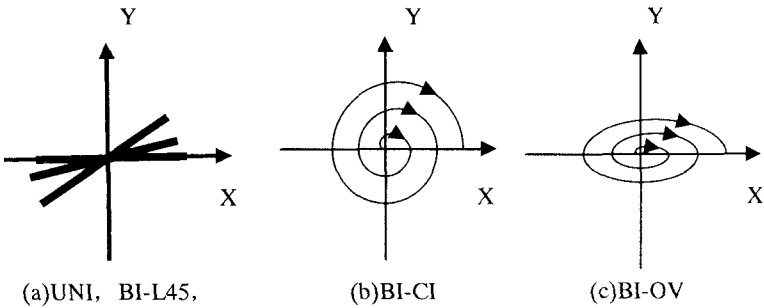


図 2 荷重パターン

表 2 最大水平荷重

荷重プログラム	UNI	BI-L45	BI-L22	
			X 方向	Y 方向
H_{max}/H_y	1.441	1.003	1.109	0.477
δ/δ_y	2.30	1.84	2.68	1.12

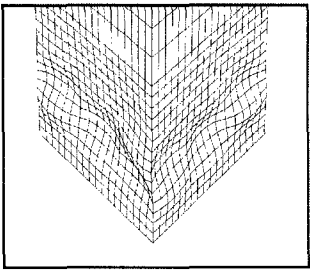


図 4 BI-L45 のときの座屈モード

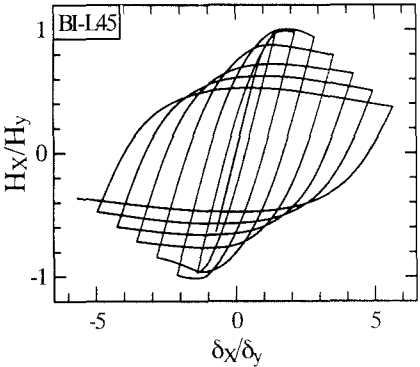


図 3 履歴曲線

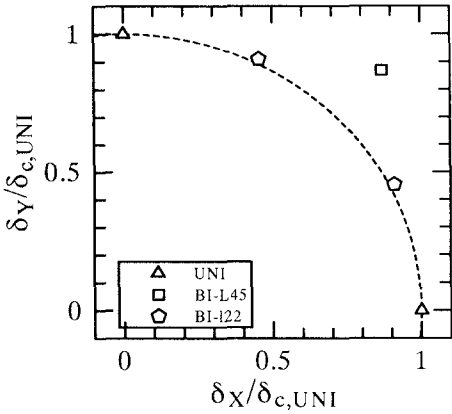


図 5 破壊点の相関関係