

複合繰り返し応力下での鋼製箱型橋脚の弾塑性挙動に関する実験的研究

京都大学工学部 正員 山田善一 京都大学工学部 正員 家村浩和
 京都大学工学部 正員 安田 学 京都大学工学部〇正員 岡 重洋

1. はじめに 本研究では、鋼製箱型橋脚の複合繰り返し応力下における極限耐力や変形性能を実験的に解明することを目的とした。そのため、箱型断面を構成する供試体の材料特性や、補剛材の剛比を変えたとともに部材端における軸力、モーメント、せん断力の組み合わせ応力下での繰り返し載荷実験を行った。

2. 実験概要と供試体 実験における載荷形式を図1に、供試体の断面図を図2に示す。供試体の使用鋼材は、フランジ、ウェブには板厚3.2mmで降伏応力が 3200 kg/cm^2 のもの(A、Bタイプ)と 2000 kg/cm^2 のものを用い、補剛材は4.5mmで降伏応力が 2000 kg/cm^2 のもの(Cタイプ)を用いた。ケース1では、軸力による応力が降伏応力の16%に相当する一定軸力をかけ、部材軸直角方向に繰り返し載荷した。ケース2では、一定軸力に加え、材端に全塑性モーメントの35%に相当する一定モーメント(Mc)をかけた状態で、水平方向に繰り返し載荷した。各ケースでの載荷状況および極大、極小振幅時のM図を図3に示す。また、補剛材は縦補剛材の必要剛比を変化させた。これらを表1にまとめて示す。

3. 実験結果

1) 耐力 図4に水平反力の各サイクルごとの反力の包絡線を示す。これよりAタイプとBタイプを比較した場合、同じ材料特性では補剛材の剛比 γ/γ^* の値の大きいもののほうが強度の低下

の割合は小さい。また、図5にA、Cタイプの供試体上端より10cmにおける断面での曲率-モーメント図を示す。これより、正側の変位領域において同一のモーメント(500 ton-cm)がかかった時の曲率の値の伸びがA1は非常に大きいことから、非常に大きな変形を起こし耐力力を急激に低下させているものと考えられる。

これに対し、C1は、曲率の値の伸

びが小さく耐力力の低下の割合は小さいと考えられ、このため最大強度を示した以後のサイクルでA1とC1の包絡線が逆転しており、これよりAタイプとCタイプではCタイプのほうがじん性が大きいといえる。

2) 包絡線 正側の変位領域ではケース2よりもケース1のほうが大きい。これは、加える水平力によって生じるモーメントが、あらかじめ載荷してある一定モーメントと同じ向きであるため極めて大きい曲げ応力が圧縮側フランジに生じてこの方向の水平力に対する耐力力を下げていると考えられる。負側の変位領域では、ケース2の方が大きい。これは、この方向の水平力の載荷によって、M_cを解放するため、仮に正側の

Specimen	縦補剛材	横補剛材	γ/γ^*	σ_s	一定軸力P, (tonf)	一定1/4Mc (tonf/ft)
A 1	1	2	1	3000	17	0
A 2	1	2	1	3000	17	300
B 1	1	2	3	3000	18	0
B 2	1	2	3	3000	18	300
C 1	1	2	1	2000	11	0
C 2	1	2	1	2000	11	300

表 1

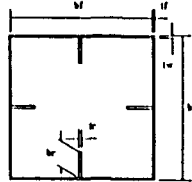


図 2 供試体の断面図

Specimen	Region	Size (mm)
	Length	1680
A/B	Flange Size b _f × t _f	230 × 3.2
	Web Size b _w × t _w	230 × 3.2
A and C	Rib Size b _r × t _r	27 × 4.5
B	Rib Size b _r × t _r	41 × 4.5

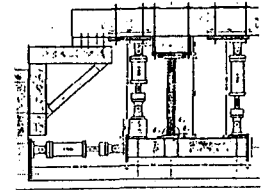


図 1 載荷形式

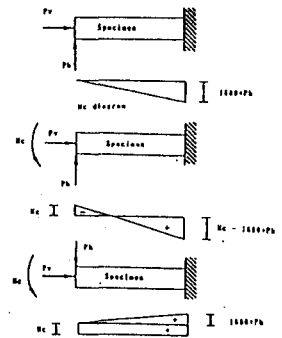


図 3 載荷形式とM図

変位領域で座屈したとしても、その変形を回復するためと考えられる。

3) 等価粘性減衰定数 履歴復元力特性の1サイクルごとの等価粘性減衰定数を図6に示す。A1、B1はともに供試体の最大強度となるサイクルまでは等価粘性減衰定数の増加の割合は小さいが、最大強度以後のサイクルでは増加の割合は急激に大きくなる。また、材料強度が高く、従って最大強度の大きいもののほうが等価粘性減衰定数の値が小さいという結果が得られた。

4) 剛性 各サイクルの等価剛性を第1サイクルの等価剛性で無次元化したものを図7に示す。図より、Aタイプ、Bタイプは最大強度が生じる前のサイクルまでは剛性を保っているが、最大強度が生じた以後のサイクルにおいて急激に低下していることが分かる。また、C1は、第2サイクル以後低下をしているが、これは第2サイクルにおいて既に塑性域に達しているためである。

5) 曲率・モーメント B2供試体の曲率時刻歴における8箇所の極小点での供試体の曲率の分布図とモーメントの分布図を図8に示す。同一部材内で正負の曲げモーメントが発生し、部材の上端と下端で引張、圧縮を受ける面が逆転している。また、塑性域に入った部材上端部の曲率が、極端に大きくなっている。

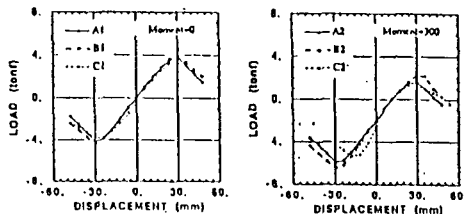


図4 包絡線

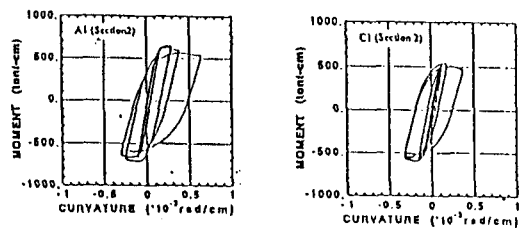


図5 曲率～モーメント

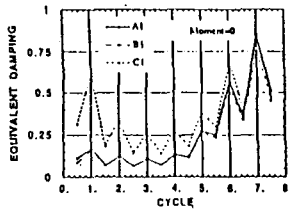


図6 等価粘性減衰定数

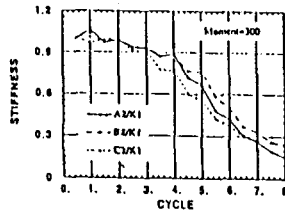


図7 等価剛性

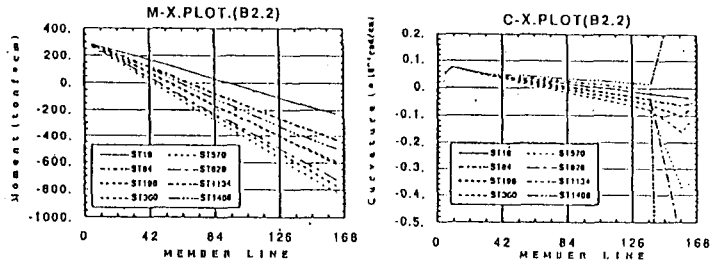
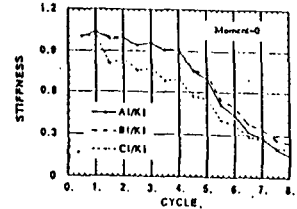


図8 曲率～モーメントの分布図

4. 結論

(1) 供試体の最大強度、および塑性域での耐荷力の低下の割合には補剛材の剛比 γ/γ^* がかわかっており、 γ/γ^* の値を大きくすると最大強度、およびじん性を増加させることができ、より耐震性のある部材となる。

(2) 3自由度実験では一定モーメントを載荷している方向と同方向に、水平力を加えた場合、一定載荷モーメントと同じ向きであるため極めて大きい曲げ応力が生じ耐荷力は低下し、逆方向に水平力を加えると一定載荷モーメントを解放するため耐荷力は増加する。

(3) 最大強度の大きいもののほうが等価粘性減衰定数の値が小さいという結果より、部材の塑性域での耐震性を考える場合、耐荷力だけでなく塑性変形によるエネルギーの消費をも考慮に入れなければならない。