

(株) 神戸製鋼所 正員 葛西 俊一郎
(建) 土木研究所 正員 金井 道夫
(株) 神戸製鋼所 正員 波田 凱夫

1. まえがき 昭和50, 51年度には, 曲げと軸力を受ける箱形式および円形断面部材の耐荷力について実験的研究を行い, 前者では幅厚比 $b/t = 40$, また後者では径厚比 $D/t = 68$ を越えると部材柱脚部に局部変形などの不安定現象を生じ, これが耐荷力や荷重-変形曲線に著しい影響を与えることが明らかになった。

本報では, 箱形および円形断面部材が一定の軸力と静的な繰返し水平荷重を受ける場合の実験を行い, 断面性能の変化が部材の挙動にどのような影響を与えるかを実験的に調べ, さらに若干の理論的考察を付け加えた。

2. 試験体および設計水平荷重

表-1 鋼材の機械的性質, 試験体諸元および設計水平荷重

試験体 種別	試験体 No.	降伏応力 σ_y (kg/cm ²)	破壊応力 σ_b (kg/cm ²)	幅 b (mm)	外径 D (mm)	板厚 t (mm)	b/t	D/t	長さ l (mm)	設計軸荷重 Q_y (t)
箱形 断面材	BBC-1	3093	4585	225	450	7.9	29	57	1648	6.30
	BBC-2			450		57	3357		13.05	
円形 断面材	PBC-1	44.85	55.85	406.4		6.54	49	88	1532	10.04
	PBC-2	37.84	49.66	609.6		6.93			2964	17.47

質, 試験体諸元および設計水平荷重 Q_y を示す。試験体は表-1に示すように箱形および円形断面部材のそれぞれについて2種類とした。これらに載荷する軸力は全て降伏荷重の0.3倍とする。これらの断面の部材の b/t および D/t の上限値として, 日本建築学会の鋼構造設計基準では $b/t = 40$ および $D/t = 100$ と定めている。これによると, 上記の試験体のうちBBC-2のみがこの規格外のものとなっている。また, Q_y は, 一定の軸力のもとで, 試験体の柱頭に水平荷重を作用させたとき, 部材断面の最縁端の圧縮応力度が表-1に示した降伏応力度 σ_y に達するときの水平荷重とした。

3. 実験方法

図-1に載荷装置を示す。載荷方法は荷重制御の両振り繰返しとした。まず, ジャッキ(A)によって試験体に一定の軸力を与え, 次にジャッキ(B)および(C)によって試験体を交互に引張ることによって繰返し荷重を作用させる。各サイクルにおける荷重の極大値として最初 $Q_c = 0.8Q_y$ とし, 以下段階的に $Q_c = 1.6Q_y$ まで増加させた。各 Q_c に対して上記の繰返し実験を3サイクルづつ行い各サイクルごとの耐荷力ならびに荷重-変形曲線(変形は柱頭変位による)を求め, それらが各サイクルごとに変化していなければ Q_c を増して同様の実験を行う。なお, 耐荷力が最大に達したときは Q_c を最大水平荷重として5サイクル以上行う。

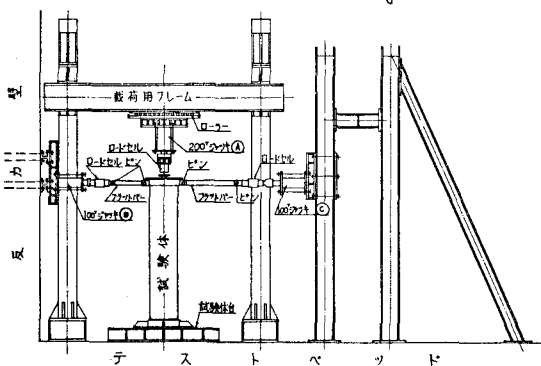


図-1 載荷装置

表-2 最大水平荷重

試験体 種別	試験体 No.	実験による 最大水平荷重 Q_m (t)	計算による 最大水平荷重 Q'_m (t)	Q_y/Q'_m	Q_c/Q'_m	破壊状況
箱形断面 部材	BBC-1	8.90	8.50	1.41	1.10	材脚部の局部座屈(片側のフランジのみ)
	BBC-2	12.12	16.91	0.93	0.72	・ (両側のフランジ)
円形断面 部材	PBC-1	15.88	15.60	1.58	1.02	・ (片側のフランジ部のみ)
	PBC-2	21.00	27.21	1.20	0.77	・ (両側のフランジ部)

4. 実験結果

(a) 終局耐荷力 表-2に実験および計算によって得られた耐荷力の最大値 Q_m および Q'_m を示す。表-2の計算値は単純塑性理論に基づく Beam-Column の数値積分によつて得られた解である。各試験体の最大耐荷力 Q_m は次のとおりである。

箱形断面部材では, Q_m と設計水平荷重 Q_y および計算値 Q'_m とを比較すると, BBC-1の Q_m は Q_y および Q'_m より大きくなるが, BBC-2の Q_m は Q_y より小さく, さらに Q'_m より20%以上小さくなる。

円形断面部材では, 両試験体の Q_m はともに Q_y より大きくなるが, Q'_m と比較するとPBC-1の Q_m は Q'_m とほぼ一致しているのに対し, PBC-2の Q_m は Q'_m より20%以上小さくなる。さらに, 実験結果によると, 箱形お

よび円形断面の両試験体に対し、 Q_m 以下の荷重の極大値 Q_c では各サイクルごとの耐荷力低下は見られなかった。しかし、柱脚部に局部変形が観察されたのち水平荷重が Q_m に達したとき耐荷力は各繰返しごとに低下した。

(b). 荷重-変形曲線 図-2(a), (b)および図-3(a), (b)に部材柱脚モーメント M/M_p と柱頭の変位 δ との関係を示す。ここに、 M_p は部材の全塑性モーメントを表わす。

箱形断面部材では、BBC-1の荷重-変形曲線は一方方向のみ移動し、部材の耐荷力はその方向の載荷に対して次第に低下していった。これは柱脚部の一方のフランジにのみ局部変形が観察され、しかもそのフランジが繰返し圧縮されるたびに局部変形はその箇所に集中的に蓄積されていったためと思われる。しかし、各サイクルの最大耐荷力を結んだ包絡線は二次剛塑性曲線の公配よりは急ではあるが比較的ゆるやかに低下している。BBC-2の荷重-変形曲線は一方方向のみ移動することはなく、水平のいずれの方向に載荷した場合も部材は耐荷力を失なっていた。この場合には柱脚部の両フランジに局部変形が生じ、それが繰返し荷重の作用とともに同時に進行していったためと思われる。さらに、耐荷力は第3サイクルで急激に低下している。

円形断面部材では、PBC-1,2の荷重-変形曲線はいずれも一方方向のみ移動している。これは上記のBBC-1の場合と同様の理由によるものと思われる。また、これらの耐荷力は各サイクルごとに急激な低下を示している。

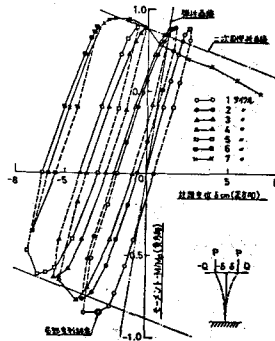


図-2(a) BBC-1の耐荷力と柱脚変位の関係

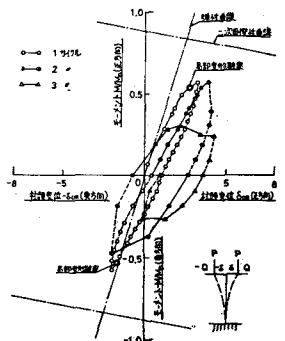


図-2(b) BBC-2の耐荷力と柱脚変位の関係

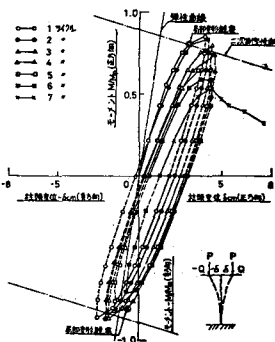


図-3(a) PBC-1の耐荷力と柱脚変位の関係

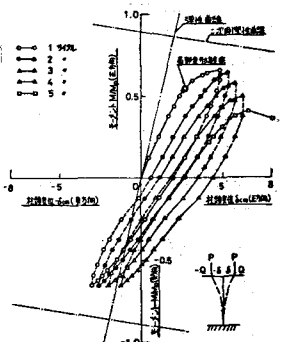


図-3(b) PBC-2の耐荷力と柱脚変位の関係

5. 考察

(1). 箱形断面部材では、BBC-1のような比較的厚肉断面の場合には設計水平荷重 Q_d 以下の繰返し荷重に対して不安定な挙動は認められない。この場合の最大耐荷力は単純塑性理論に基づく計算結果でほぼ推定できる。また荷重-変形関係は部材の壁面の変形が生ずるまで十分に安定しており、さらに壁面の局部変形が進行しても耐荷力の急激な低下はなかった。しかし、BBC-2のような薄肉断面部材は Q_d 以下の繰返し荷重でも耐荷力が急激に低下し、荷重-変形関係も著しく不安定となる。

(2). 円形断面部材では、この実験で用いた D/t の値の範囲内では部材の耐荷力は Q_d 以下の繰返し荷重によって低下しない。ただし、PBC-2のような薄肉断面の場合には耐荷力を単純塑性理論で推定することはできない。また、壁面の変形が進行すると荷重-変形関係は D/t に関係なく、各サイクルごとに耐荷力が急激に低下するといった挙動を示した。

6. 後記 この実験は耐震技術開発研究委員会鋼構造部会における活動の一環として実施したもので、実施にあたっては建設省土木研究所田部部長ならびに同研究所佐伯主任研究員の指導を得たことを付記する。また、種々有益な助言を寄せられた名古屋大学福本助教授、東京大学西野助教授に対し、深甚の謝意を表する次第である。

参考文献 1). 藤原, 大冢, 葛西: 「曲げと軸力を受ける箱形断面部材の終局耐荷力に関する実験的研究」, 土木学会第30回年次学術講演概要集 昭和50年10月

2). 葛西, 大冢, 井上: 「曲げと軸力を受ける円形断面部材の終局耐荷力に関する実験的研究」, 土木学会第31回年次学術講演概要集 昭和51年10月