

I-PS 7 鋼変断面片持ち柱の弾塑性履歴性状に関する実験的研究

大同工業大学 正会員 酒造 敏廣
 大同工業大学 正会員 事口 壽男
 大同工業大学 学生会員 西 幸二

【1】まえがき

土木分野における鋼製ラーメン構造物では、断面寸法や材料強度を部材軸方向に変化させた変断面構造の柱(以下、変断面柱という)が採用される機会が多い¹⁾。ところが、地震時に弾塑性領域にまで及ぶ繰返し水平力を受けるとき、部材格点部と複数の断面変化点とで塑性変形が進行する変断面柱が、どのような弾塑性履歴性状を呈するかは、ほとんど検討されていない。これまで、変断面片持ち柱の弾塑性履歴解析を行い、部材軸方向に累積する残留曲率とP-Δ効果とに起因して、この種の柱には相異なる塑性崩壊モードが交番して現れ、履歴ループの拡大・縮小・移動等を含む現象が生じることを示した²⁾。

本研究は、これまでの数値解析の結果²⁾を踏まえて、定鉛直荷重下で繰返し水平力を受ける変断面片持ち柱の崩壊実験を行い、変断面性に起因した柱の履歴崩壊挙動を実験的に明らかにしようとしたものである。

【2】実験概要

(1)実験供試体

Fig.1 に示すように、柱高さ h で、2種類の箱形断面 Sec.1およびSec.2からなり、断面変化点を柱基部から $0.2h \sim 0.5h$ の位置で変化させた鋼製片持ち柱を4種類、計8体製作した。Sec.1 および Sec.2の寸法諸元・諸定数は Table 1 に示すとおりであり、供試体の機械的性質も同表の Notesにまとめる。また、本文における各供試体の各種パラメーターを含めた表記方法を Table 2に示す。

(2)実験装置と実験方法

実験には、鉛直・水平荷重載荷用の500KN および250KNの油圧サーボ・アクチュエーターを組み込んだ反力フレームを用いた。この装置では、供試体の境界条件を、柱頭部では鉛直方向にのみ可動できるピン支持、柱基部では水平方向にのみ可動できる固定支持とした(Fig.1(b)参照)。したがって、鉛直荷重 P は柱頭部に、水平荷重 H は柱基部に作用させるようにし、柱頭部で鉛直荷重と水平荷重を同時に受ける片持ち柱の崩壊挙動を再現できるようにした。

実験では、まず鉛直荷重 $P=0.4N_{y2}$ を持続荷重として作用させた状態で、以下の3つの載荷パターンを用いて、水平荷重を変位制御により載荷した。

①パターンL1: 単調増分載荷(供試体C1のみ)。

②パターンL2: 最大水平振幅 $|\delta_m|$ の初期値を δ_v に設定し、1サイクルごとに δ_v ずつ増加させる漸増振幅載荷(供試体C2~C4)。

Table 1 Dimension and properties of cross-section (SS41)

Items	B_i (mm)	A_i (cm^2)	I_i (cm^4)	N_{yi} (KN)	M_{pi} (KN·m)
Sec.1	130.6	47.496	1349.9	1137.9	47.282
Sec.2	110.6	40.221	824.9	1343.7	65.764

Notes: Plate thickness $t=9.09mm$, A_i : Cross-sectional area, I_i : moment of inertia, N_{yi} : Squash force, M_{pi} : Fully-plastic moment, Young's modulus: $E=2.11 \times 10^5 MPa$, Poisson's ratio: $\mu=0.28$, Yield point: $\sigma_y=279MPa$ and Tensile strength: $\sigma_B=422MPa$.

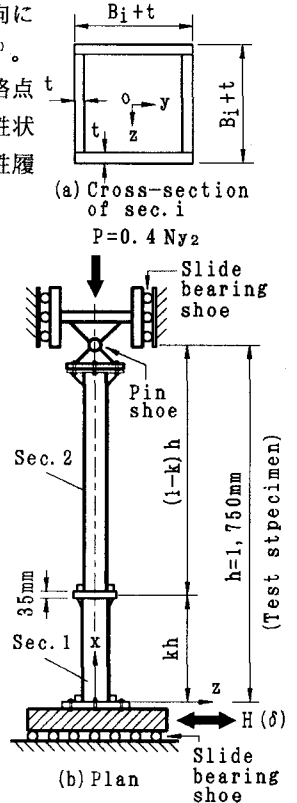


Fig.1 Testing device

Table 2 List of test columns

1	C1-0.2-0.80-L1
2	C2-0.3-0.75-L2
3	C3-0.4-0.70-L2
4	C4-0.5-0.64-L2
5	C5-0.2-0.80-L3
6	C6-0.3-0.75-L3
7	C7-0.4-0.70-L3
8	C8-0.5-0.64-L3

k (See Fig.1) Loading pattern
 No. of specimens Column slenderness λ_{y2}

③パターンL3: 最大水平振幅 $|\delta_m|$ の初期値を $2\delta_y$ に設定し、5サイクルごとに δ_m を δ_y づつ増加させる漸増定振幅荷重(供試体C5~C8)。ここに、 δ_y : 定鉛直荷重下で水平荷重が作用したときの供試体の初期降伏に相当する柱頭部の水平変位。

【3】実験結果とその考察

本文では、変断面柱特有の弾塑性挙動が顕著に現れた供試体C6の代表的な結果について考察する。

(1)水平荷重H-水平変位 δ 曲線

まず、柱C6の水平荷重H-水平変位 δ 曲線を Fig.2に示す。同図には、文献2)で示した塑性崩壊曲線も示す。すなわち、 $V(V_u)$ および $Y(Y_u)$ は、それぞれ柱基部および断面変化点に塑性ヒンジを仮定した塑性崩壊モードに相当する。

この図からわかるように、最大振幅 $\delta_m=4\delta_y$ までの履歴ループ群は、それぞれほぼ一つのループを描いている。しかし、 $5\delta_y$ のループ群では、正負の最大耐力が大きく変動し、履歴ループがHの正方向に移動している。とくに、最大耐力点~除荷開始点間の曲線の勾配が、Hの正・負側で、それぞれモード $V(V_u)$ および $Y(Y_u)$ のそれに漸近し、半サイクルごとに崩壊モードが交番し始めているものと考え²⁾。

(2)エネルギー吸収特性

荷重-変位の実験曲線をもとに、鉛直荷重および水平荷重が半サイクルごとに増分仕事、それぞれ W_p および W_h の変動を調べた。その結果を Fig.3に示す。ここで、Nは水平変位 δ のある反転点から次の反転点までを0.5サイクルと数えた。

この図から、上述した $\delta_m=5\delta_y$ の履歴ループ群に相当する $N \geq 15$ の範囲では、 W_p 値の変動が大きいことがわかる。これは、2つの崩壊モードの部材軸方向の変位量に大きな差異があるためと考えられる。

(3)柱の崩壊モード

$N=18$ のときの変形状態を Photo.1に示す。これより、文献2)で述べたように、S字形のたわみモードが顕著に現れていることがわかる。なお、実験終了後には、柱基部と断面変化点付近では、相異なる側のフランジ・プレートに大きな局部座屈が観察された。

【4】まとめ

変断面片持ち柱の履歴崩壊実験から、崩壊モードが半サイクルごとに交番する変断面柱特有の弾塑性挙動を確認することができた。

謝辞 実験用反力フレームの設計・製作に際して、瀧上工業(株)に多大なご配慮を賜わり、同設計部の安藤浩吉部長および高木録郎課長には大変お世話になりました。ここに記して、深甚の謝意を表します。

参考文献 1)酒造敏廣、池田範行: 鋼製ラーメン部材の変断面性に関する設計パラメータの調査研究、研究発表会講演概要集 I -11、土木学会中部支部、1992年3月。 2)酒造敏廣: 繰り返し水平力を受ける鋼変断面片持ち柱の弾塑性挙動に関する研究、土木学会論文集、No.440/I -18、1992年4月。

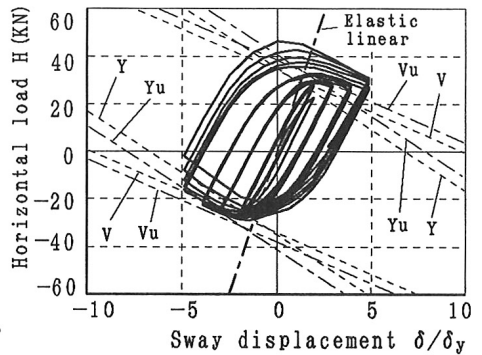


Fig.2 Load H - displacement δ curve (C6-0.3-0.75-L3)

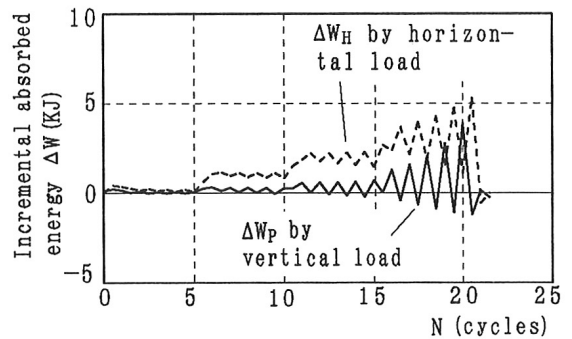


Fig.2 Variation of incremental absorbed energy with cyclic times (C6-0.3-0.75-L3)

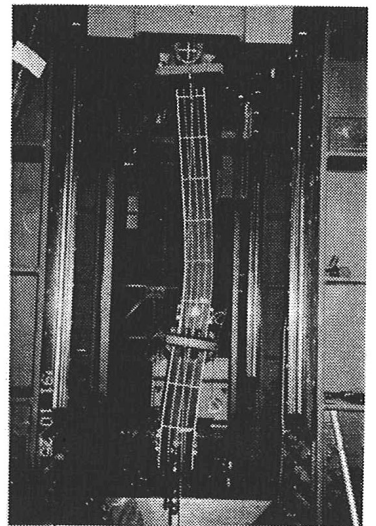


Photo.1 Collapse mode of test column (C6-0.3-0.75-L3)