

仮動的実験手法による鋼製ラーメン柱の動的弾塑性応答

大同工業大学 学生会員 ○西 幸二

大同工業大学 正 会 員 事口 寿男

大同工業大学 正 会 員 酒造 敏廣

【1】まえがき

近年、地震時の構造物あるいは構造部材の動的崩壊性状をより正確に把握するため、計算機と実験加力機とをオン・ラインで結んだ実験手法（以下、仮動的実験という）がよく用いられている^{1)~3)}。この手法は、対象とする解析モデルの復元力特性を直接実験で評価しながら、支配運動方程式の数値積分を行って、応答計算を進めていくものであり、振動台実験を通じてその妥当性も検証されてきている³⁾。

本研究は、変断面柱⁴⁾や隅角部域⁵⁾を含む鋼製ラーメン柱の地震時の動的弾塑性性状を明らかにしていくにあたり、まず1自由度系モデルの仮動的実験手法について検討したものである。

【2】仮動的実験システムの概要

本文で検討した実験システムは、1自由度系にモデル化した片持ち形式の柱 (Model-1)⁴⁾、および、隅角部域⁵⁾を含む門形ラーメン柱 (Model-2) を対象としたものである (Fig.2 参照)。

(1) 計算機システム

DEC社製のPDP11を用い、Fig.1 に示す流れ図のプログラムを Basic言語で作成した。

このプログラムでは、後述のサーボ・アクチュエーター3基を同時に制御できる。

運動方程式の数値積分は、実験開始から数ステップの間は Newmarkの β 法、その後は中央差分法に従った²⁾。時間刻み Δt は、試験体の弾性固有周期を T として、 $T/100 \sim T/50$ とした。

また、柱下端には水平方向に可動となるようにスライド軸受を利用しているため、水平方向に若干の摩擦力が現れた。そこで、まず弾性範囲内の復元力-変位関係がほぼ線形になるように摩擦力を求め、弾塑性領域ではこの摩擦力を用いて、プログラム内で復元力 H を修正しながら実験を進めた。

さらに、Model-2のL形ラーメンの場合、柱頭部の鉛直変位 u_1 によってはり部材に曲げが生じないように、はり端部のピン支持部の鉛直変位 $u_2=u_1$ となる拘束条件をプログラムに考慮した。

(2) 実験システム

実験には、文献⁴⁾で示した反力フレームに油圧サーボ・アクチュエーター3基を組み込んで用いた。アクチュエーターの性能は、①鉛直荷重：圧縮 500kN、引張 250kN、ラム・ストローク： ± 150 mm、②鉛直曲げ荷重および水平荷重：圧縮・引張 250kN、ラム・ストローク： $\pm$

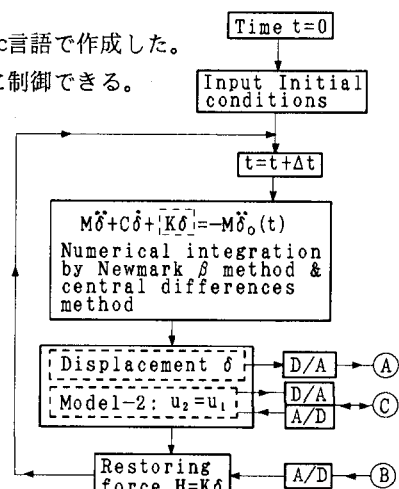


Fig. 1 Control system (DEC. PDP11)

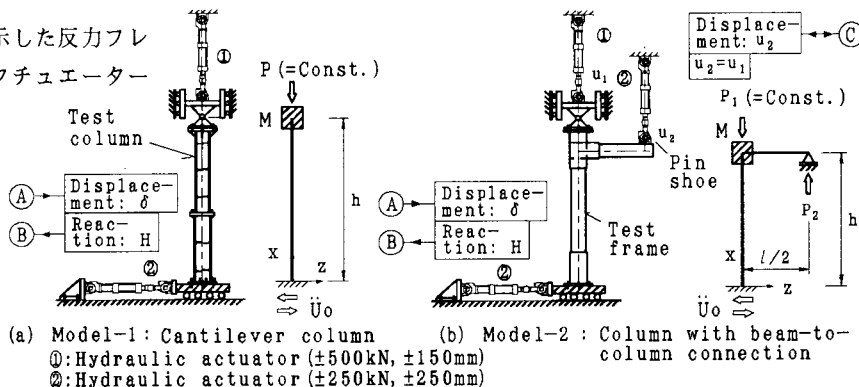


Fig. 2 Boundary condition and actuator system for column with single degree of freedom

250mmである。試験体の境界条件は、Fig.2に示すとおりである。

【3】実験精度に関する結果と考察

まず、実験システムの精度を確かめるため、正方形箱形断面からなる片持ち柱 (Model-1) の実験を実施した。ここに、供試体の諸元として、柱高さ $h=1,725\text{mm}$ 、フランジ・プレートの全幅 B : $x=0\sim 0.5h$ および $0.5h\sim h$ の間で、それぞれ $B=140\text{mm}$ および $B=120\text{mm}$ 、板厚 t : 9.093mm 、降伏点: $\sigma_y=282\text{MPa}$ である。また、定鉛直荷重として $P=97\text{kN}$ を設定し、柱の固有周期 T_0 が 0.5s あるいは 0.75s となるように、集中質量 M を仮定した。地震動は正弦波形 $\delta_o(t)=\alpha_o \cdot \sin(2\pi t/T_0)$ に従うものとし、簡単のため、減衰はないものとした ($C=0$)。

(1)弾性応答実験

$T_0=1\text{s}$ としたときの柱頭部の変位 δ の時刻歴応答をFig.3に示す。この図から、 $T=0.5$ 、 0.75s の2ケースともに、実験値は弾性応答の計算値とよく一致していることがわかる。両者の差異は最大で約2%程度であった。

(2)弾塑性応答実験

つぎに、 $P=194\text{kN}$ 、 $T_0=1\text{s}$ 、 $T=0.75\text{s}$ および $\alpha_o=100$

gal として、上記の柱の弾塑性応答を調べた。復元力 H -変位 δ 曲線を Fig.4に示す。また、変位 δ と復元力 H の時刻歴応答を Fig.5に示す。これらの図からわかるように、履歴ループは残留変形と慣性力の影響で δ の負側へ徐々に移動し、復元力 H の極大値は、正負でほぼ対称になっている。

なお、Model-2 の試験体については、H形のはり・柱からなるL形ラーメンの仮動的実験を実施し、弾性実験結果を通じて、鉛直曲げ載荷の $u_2=u_1$ という条件をプログラムでうまく処理できることがわかった。ただし、弾塑性実験では隅角部域の溶接部に割れが生じてしまったため、別途実験を行って報告したい。

あとがき 鋼製ラーメン柱を対象とした1自由度

系モデルの仮動的実験を行い、実験システム全般の性能を確かめた。最後に、本研究の実施には平成4年度の文部省科学研究費・一般研究(C) (研究代表者:酒造敏廣)の補助を受けたことを付記し、謝意を表します。

参考文献 1)家村浩和:ハイブリッド実験の発展と将来、土木学会論文集、No.356/I-3、pp.1~10、1985年4月。 2)岡田恒男、岡松太郎:電算機—アクチュエータ オンラインシステムによる鉄筋コンクリート骨組の地震応答実験、日本建築学会論文報告集、No.257、pp.25~31、1979年1月。 3)山崎 裕、中島正愛他:振動台実験と仮動的実験による鉄骨骨組の地震応答、日本建築学会構造系論文報告集、No.364、pp.23~32、1986年6月。 4)酒造敏廣、事口寿男、西 幸二:鋼変断面片持ち柱の弾塑性履歴性状に関する基礎的実験、構造工学論文集、Vol.39(A)、投稿中。 5)酒造敏廣、事口寿男:鋼製ラーメン隅角部の崩壊性状と変形変形性能に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.37A、pp.121~134、1991年3月。

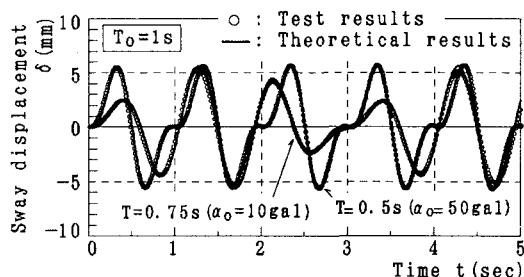


Fig.3 Time history of sway displacement in elastic region (Model-1)

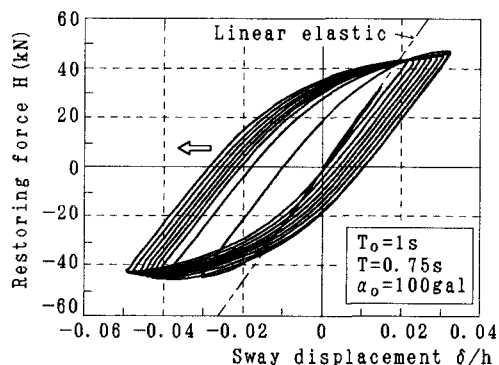


Fig.4 Restoring force - displacement curve in elasto-plastic region

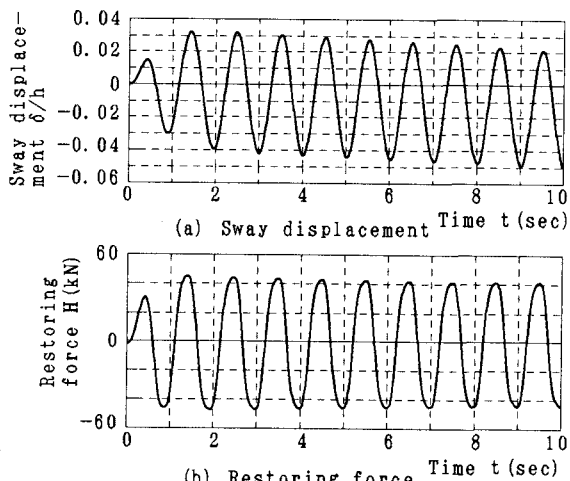


Fig.5 Time history of displacement and restoring force in elasto-plastic region