

I-9

鋼変断面片持ち柱の動的弾塑性性状に関する研究

大同工業大学 正会員 ○酒造 敏廣
建設省中部地建 正会員 井上 英俊
大同工業大学 学生員 西 幸二

【1】まえがき

従来の強度設計法¹⁾によると、鋼製橋脚やタワー等、変断面構造の鋼製ラーメン柱(以下、変断面柱という)の断面構成には、強震時に弾塑性域にまで及ぶ繰返し挙動はとくに考慮されていない。この点に着目して、これまで定鉛直荷重下の準静的な繰返し水平力のもとで変断面片持ち柱の弾塑性性状を理論的・実験的に明らかにしてきた^{2), 3)}。そして、塑性化した柱の残留変形とPΔモーメントによって構成断面間の抵抗荷重差が相殺されて、かつ構成断面ごとの塑性曲げ変形が逆方向に進むという弾塑性挙動が現れ始めると、この種の柱は一種の不安定現象を呈することを示した。一方、変断面柱の地震応答解析も行って、この種の現象が現れないとき、その断面構成によっては塑性ひずみの集中・累積を構成断面ごとにうまく分散でき、変断面構造が有利となる場合があることも確かめてきた⁴⁾。

本研究では、同じ周期特性を有する地震加速度波を増幅して変断面片持ち柱の動的応答解析を行い、主として構成断面ごとの塑性曲げ変形性状について考察するものである。

【2】変断面片持ち柱の解析モデルと解析方法

(1)変断面片持ち柱のモデル化

本研究では、下部断面Sec.1と上部断面Sec.2とからなる片持ち柱を Fig.1のように多自由度系にモデル化した。断面変化点は柱基部から $0.4h$ (h : 柱高さ) の位置にある。分割した部材要素の質量マトリックスには Lumped Mass形式のものを用いた。また、柱頭部には、定鉛直荷重 P ($=N_{y2}/3$, N_{y2} は Table1 参照) が作用するものとし、弾性1次固有周期 T が約1秒となるように集中質量 M を仮定した。

柱の断面寸法諸元等を Table 1に示す。この柱は、定鉛直荷重下で単調増加の水平荷重 H を受けると、柱基部および断面変化点でほぼ同時に初期降伏に達する。また、地震動には日本海中部地震(修正津軽大橋記録)の加速度波⁵⁾を α_s 倍に増幅して用いた。具体的には、Case-1: $\alpha_s = 1.5$ 、Case-2: $\alpha_s = 2.0$ 、および、 $\alpha_s = 2.25$ とした3ケースの解析を行い、柱の弾塑性性状の差異を調べた。なお、柱には正弦半波の初期たわみ波形を仮定した(最大値 $-h/1,000$)。

(2)運動方程式の数値積分と応力-ひずみ曲線

解析では減衰の影響を無視し、運動方程式の数値積分には線形加速度法を用いた(時間刻み $\Delta t \leq T/100$)⁴⁾。復元力の計算に際しては、材料学的・幾何学的非線形性を考慮し、塑性領域の広がりも把握できるようにした。材料の応力 σ -ひずみ ε 関係には Bi-linear型を用い、断面の降伏は部材軸方向の応力とひずみにより評価した。ここで、 σ - ε 曲線の弾性・塑性域の勾配には、それぞれ $E = 2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$ および $E_t = E/200$ を仮定した。

【3】数値解析結果と考察

(1)上・下部断面の部材回転角 R の時刻歴応答

解析に用いた実加速度波と Case-1~3の構成断面ご

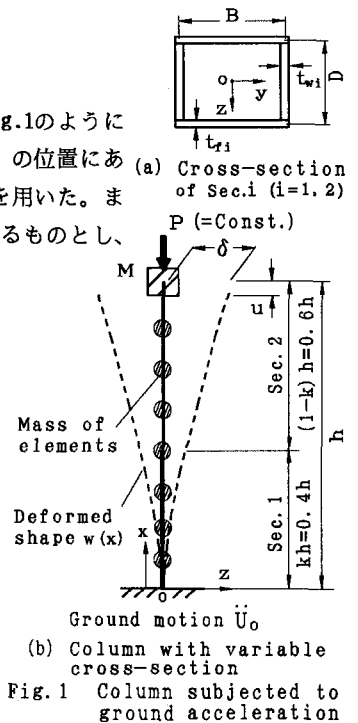


Table 1 Cross-section properties of column

Items Sec.i	t_{r1} (mm)	t_{w2} (mm)	N_{yi} (kN)	M_{bi} (kN·m)
1	35.80	26.85	35,310	10,877
2	24.49	18.37	24,111	7,422

Notes: 1) $h=9\text{m}$, $B=1.0\text{m}$ and $D=0.75\text{m}$, 2) $k=0.4$, 3) $\sigma_y=314\text{MPa}$, 4) N_{yi} : Squash force of Sec.i, 5) M_{bi} : Fully-plastic moment of Sec.i, 6) $M=2.3 \times 10^5 \text{ kg}$, 6) Column slenderness²⁾: $\lambda_{y2}=0.423$.

との部材回転角 R の時刻歴応答をFig.

.2にまとめる。 R の取り方は同図中に示すとおりである。これらの図から、加速度倍率 α_a が徐々に大きくなると($=1.5 \sim 2.25$)、構成断面ごとの塑性変形状の差異に起因して、回転角 R の応答特性が異なることがわかる。とくに、同図(d)の Case-3 のとき、 t =約26秒から、上・下部断面の R 値が正負逆になり、相異なる方向への塑性曲げ変形が現れている。その後、 $t=40$ 秒付近から上部断面の塑性曲げ変形が大きく進み、それに伴って下部断面も同一方向に曲げ変形していることがわかる。

(2)部材軸方向の曲率分布

柱の部材軸方向への曲率分布を Fig.3に示す。この図からわかるように、Case-1では、どちらかといえば上部断面で負側に塑性曲率が大きく現れている。また、Case-2では、上・下部断面で同時に負側への ϕ が卓越している。一方、Case-3では、上述のように $t=30 \sim 40$ s の区間の残留変形の影響により、上部断面で正側、および、下部断面で負側に塑性曲げ変形が大きくなっていることがわかる。なお、ここでは詳述しないが、 α_a をさらに大きくして解析すると、この柱は上部断面で早期に塑性曲げ変形が集中して倒壊する。

【4】まとめ 以上から、①同じ周期特性を有する地震動でも、加速度倍率を変化させると、変断面柱の塑性曲げ変形状はかなり異なったものになる、②上・下部断面で逆方向の塑性曲げ変形を引き起こすような動的弾塑性性状が現れる場合がある、③このような柱の弾塑性挙動は、わずかな局部座屈による残留変形によっても大きく影響を受けると考えられるため³⁾、その崩壊性状を実験等により調べていく必要がある。最後に、本研究を遂行するにあたって平成4年度の文部省科学研究費・一般研究(C)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)日本道路協会：道路橋示方書・同解説、II鋼橋編、1990年2月。 2)酒造敏廣：繰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.446/I-19、pp.127~136、1992年4月。 3)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.39A、pp.271~284、1993年3月。 4)酒造敏廣、井上英俊：鋼変断面ラーメン柱の動的弾塑性挙動に関する研究、平成4年度・研究発表会講演概要集、I-1、1993年3月。 5)日本道路協会：道路橋示方書・同解説、V耐震設計編、1990年2月。

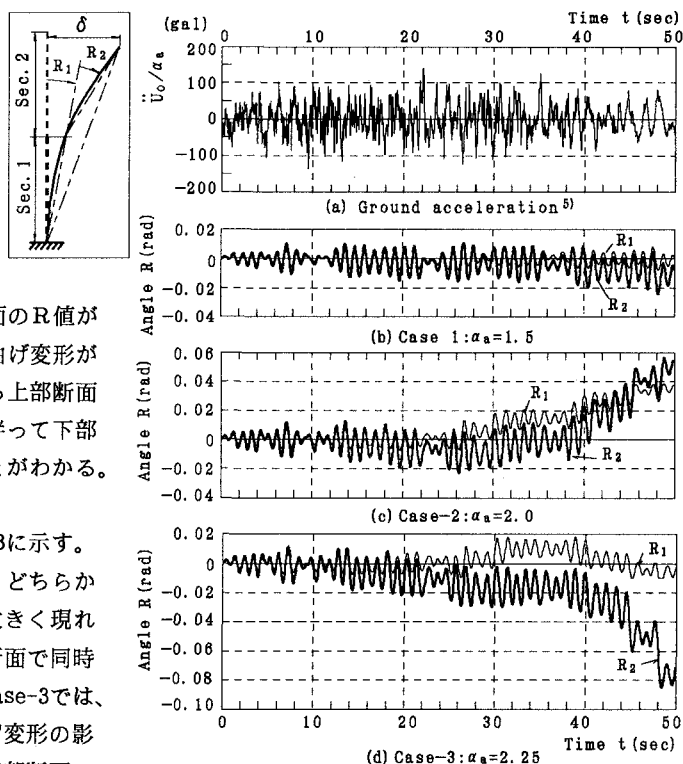


Fig.2 Time history of sway angle R of columns

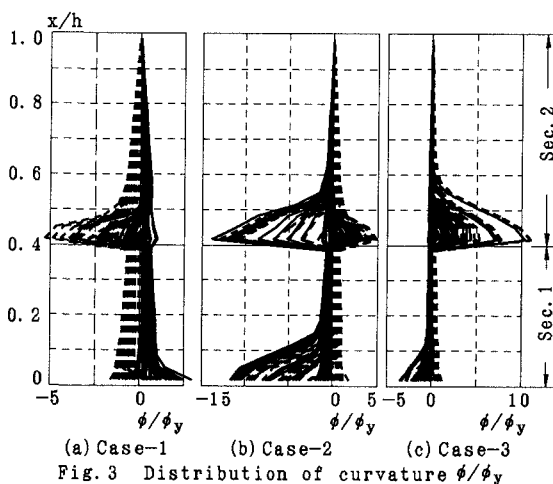


Fig.3 Distribution of curvature ϕ/ϕ_y