

大阪市立大学 正 員 中井 博

大阪市立大学 正 員 北田俊行

大阪市立大学 正 員 中西克佳

大阪市立大学○学生員 三原邦啓

1. まえがき 地震荷重を受ける鋼製・合成柱の弾塑性応答解析を行うために、本研究では、過去に行われたハイブリッド実験結果、および繰返し載荷実験結果^{1)~3)}を再整理することにより、鋼製柱、および合成柱の塑性域における荷重と変位との関係式を導き、その妥当性について検討を加えた。

2. 基本解析モデル 図-1に示す1自由度の片持柱を、解析の対象とする。

3. 鋼製柱の構成式に関する仮定 図-2に示す鋼製柱の荷重と変位の関係式を、以下の仮定のもとに作成した。

①弾性剛性は、常に H_{ys}/δ_{ys} であり、正負の弾性領域の幅は、常に $2\delta_{ys}$ であるものとする。

②降伏点と各サイクルの最高荷重点（以下、ピーク水平荷重という）とは、直線で結ぶことができるものとする。

③ピーク水平荷重に至るまでの繰返し回数の増大に伴う耐荷力の低下は、ないものとする。

④ピーク水平荷重後の耐荷力の低下は、断面の局部座屈によるものと材料強度の変動によるものとする。この領域における $H-\delta$ 曲線は、図-2に示すように、直線で表すことができるものとする。その際、 $H-\delta$ 曲線の傾きを表すパラメータ ϕ は、次式で与えられる軸力比 N/N_{ps} （ N_{ps} ：全塑性軸力）の2次関数として与えられるものとする。

$$\phi = -0.185 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right)^2 - 0.398 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right) \quad : \text{片側繰返し時}$$

$$\phi = -0.185 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right)^2 - 0.398 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right) - 0.379 \quad : \text{両側繰返し時}$$

}(1)a,b

⑤各反復サイクルごとのピーク水平荷重 $H_{u,i}$ の低下率は、次式で与えられるものとする。

$$\frac{H_{u,i}}{H_{u,i-1}} = 1 - \alpha \sqrt{\frac{\delta_{u,i-1}}{\delta_{us}}} \quad \text{.....(2)}$$

ここに、パラメータ α は、実験結果から定める低減係数、 $\delta_{u,i-1}$ ： i サイクル目のピーク水平荷重が終了し、強度低下が始まる点から荷重の除荷が始まる点までの変位量である。

⑥ピーク水平荷重を超えた後の $H-\delta$ 曲線上の点から水平変位の反対側のピーク水平荷重点までの変位量は、常に $2\delta_{us}$ である。

⑦ピーク水平荷重状態を超えた後、負勾配の $H-\delta$ 曲線上の点から水平変位の反対側のピーク水平荷重点までは、直線で結ぶことができるものとする。

⑧水平変位の正側と負側との $H-\delta$ 曲線は、相互に影響し合うものとする。

なお、終局水平変位は、局部座屈と残留応力とを無視した弾塑性有限変位解析により求めた。

4. 合成柱の構成式に関する仮定 図-3に示す合成柱の荷重と変位の関係式を、以下の仮定のもとに作成した。

①弾性剛性は、常に H_{yc}/δ_{yc} であり、正負の弾性領域の幅は、常に $2\delta_{yc}$ であるものとする。

②降伏点とピーク水平荷重点とは、直線で結ぶことができるものとする。

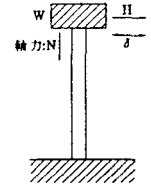
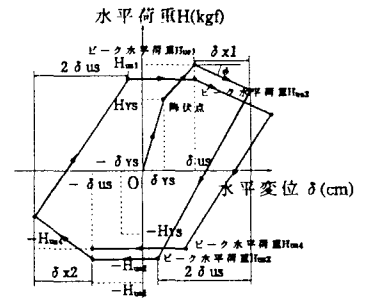
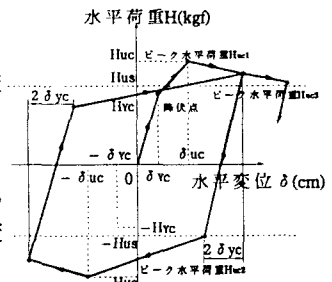


図-1 基本解析モデル

図-2 鋼製柱モデルの
水平荷重-水平変位曲線図-3 合成柱モデルの
水平荷重-水平変位曲線

- ③ ピーク水平荷重に至るまでの繰返し回数の増大に伴う耐力の低下は、ないものとする。
- ④ ピーク水平荷重後の $H-\delta$ 曲線の傾きを表すパラメータ ϕ は次式で与えられる軸力比 N/N_{ps} の 2 次関数とみなし、また $H-\delta$ 曲線は図-3 に示すように直線で表すことができるものとする。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= -0.563 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right)^2 - 0.047 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right) && \text{：片側繰返し時} \\ \phi &= -0.563 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right)^2 - 0.047 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right) - 0.080 && \text{：両側繰返し時（スタッドあり）} \\ \phi &= -0.563 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right)^2 - 0.047 \left(\frac{N}{N_{ps}} \right) - 0.135 && \text{：両側繰返し時（スタッドなし）} \end{aligned} \right\} \dots\dots(3)a \sim c$$

- ⑤ 仮定④を用いる限界は、水平荷重が鋼製柱として計算した終局荷重 H_{ps} までとする。
- ⑥ ピーク水平荷重後においても、繰返し回数の増加に伴うピーク水平荷重の低下は、ないものとする。
- ⑦ ピーク水平荷重を超えた後も、水平変位が反対側へ移動する場合の剛性は、 H_{vc}/δ_{vc} とする。
- ⑧ ピーク水平荷重を超えた後の負勾配の $H-\delta$ 曲線上の点から、水平変位の反対側の変曲点までの変位量は、常に $2\delta_{vc}$ であるものとする。
- ⑨ 水平変位の正側と負側との $H-\delta$ 曲線は、相互に独立であるとする。
- ⑩ 降伏水平変位、降伏水平荷重、およびピーク水平荷重の計算には、鋼とコンクリートとのヤング係数比として、 $n=15$ を用いる。

なお、終局水平変位は、局部座屈、残量応力、および充填コンクリートを無視して弾塑性有限変位解析により求めた。

5. 解析結果 上述の 3.、および 4. で示した仮定にもとづき、地震応答解析プログラムを作成し、応答解析を行った。図-4 には鋼製柱供試体の解析結果を、また図-5 には合成柱供試体の解析結果を、それぞれハイブリッド実験結果と比較して示す。

6. まとめ 本研究で得られた主な結論は、以下のようにまとめられる。

1) 本研究で提案した箱形断面を有する鋼製柱に対する荷重と変位の関係式は、ハイブリッド実験結果とあまり一致しなかった。今後、以下のような点を検討する必要がある。

① ピーク荷重後の荷重と変位との関係式は、直線より滑らかな 2 次曲線、あるいは 3 次曲線とする必要がある。

② 残留応力による降伏水平変位 δ_v の低下、および終局水平変位 δ_{ps} の増加を考える必要がある。

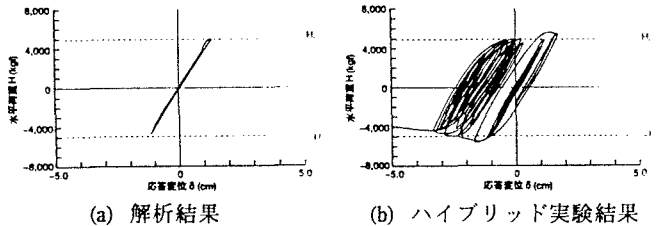


図-4 鋼製柱供試体の水平荷重-応答変位の履歴曲線

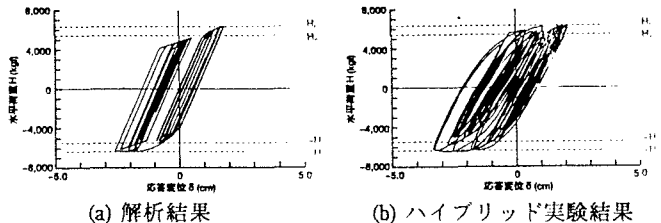


図-5 合成柱供試体の水平荷重-応答変位の履歴曲線

2) 合成柱に対する荷重と変位の関係式は、ハイブリッド実験結果とほぼ一致したが、なお検討の余地がある。

参考文献

- 1) 中井 博・北田俊行・吉川 紀・中西克佳・尾山達巳：コンクリートを充填した長方形箱形断面の耐力力と変形性能に関する実験的研究，構造工学論文集，pp.1347～1360，Vol.39A,1993 年
- 2) 中井 博・北田俊行・中西克佳・杉山 功・河野康史：地震荷重を受けた後の合成柱（充填形式）の耐力力、および変形性能に関する実験的研究，構造工学論文集，pp.1401～1412，Vol.40A,1994 年
- 3) 中井 博・北田俊行・中西克佳：漸増繰返し荷重を受ける鋼製・合成橋脚柱の耐力性状に関する実験的研究，土木学会論文集，平成 7 年 4 月号掲載予定