

I-B179 鉄筋コンクリート橋脚における塑性ヒンジ領域の検討

建設省土木研究所 正会員 浅津直樹

建設省土木研究所 正会員 運上茂樹

建設省土木研究所 正会員 林 昌弘

1. まえがき

平成8年の道路橋示方書V耐震設計編では、鉄筋コンクリート橋脚の終局水平変位の算出に用いる塑性ヒンジ長は断面高さ及びせん断支間比のみの関数として与えられている。しかしながら、塑性ヒンジ長は実際には軸方向鉄筋径や帯鉄筋等によって変化する可能性が指摘されており、この理由の一つとして軸方向鉄筋の座屈長との関連性が考えられる¹⁾。軸方向鉄筋の座屈は正負交番繰り返し载荷の影響を受ける塑性座屈と考えられるため、座屈長には鉄筋が塑性化する範囲すなわち降伏領域が深く影響していると推察される。本稿では軸方向鉄筋の降伏領域に影響を与える要因をパラメータ解析によって分析し、塑性ヒンジ領域に関する考察を行ったものである。

2. 検討方法

高さHの一本柱のモーメント分布は三角形分布で与えられるため、最外縁の軸方向鉄筋の降伏領域 L_{ps} は最外縁の鉄筋が降伏する初降伏モーメント M_{yo} と最大モーメント M_{max} によって式(1)で与えられる。

$$L_{ps} = (1 - M_{yo}/M_{max}) H \quad (1)$$

M_{yo} 及び M_{max} については平面保持を仮定したM- ϕ 逐次解析によって算出するものとした。ただし、最大モーメントをより精度よく算出するために、鉄筋の応力-ひずみ曲線をひずみ硬化の影響を考慮した式(2)で与えるものとした²⁾。また、コンクリートの応力-ひずみ曲線は道路橋示方書V耐震設計編に従うものとし、終局時はかぶりコンクリートの最外縁が終局ひずみに達する時と仮定した。なお、帯鉄筋による拘束効果が期待できないかぶりコンクリートの応力-ひずみ関係及び終局ひずみについては、本来は別途設定する必要があるが、現時点では十分明らかにされていないためコアコンクリートと同一と仮定した。

$$\sigma_s = f_y + (1.01 f_u - f_y) \{1 - \exp(\epsilon_{sh} - \epsilon_s) / k\}, \quad k = 0.032 (400 / f_y)^{1/3} \quad (2)$$

ここに、 σ_s :鉄筋の応力(N/mm²)、 f_y :鉄筋の降伏点(N/mm²)、 f_u :鉄筋の引張強さ(N/mm²)、

ϵ_s :鉄筋のひずみ、 ϵ_{sh} :ひずみ硬化開始点のひずみ

3. パラメータ解析

(1)解析条件

解析は実際の橋脚における充実矩形断面を想定し、図-1に示す断面を基本断面に設定した。解析パラメータとしては、軸方向鉄筋比 p 、コンクリート強度 σ_{ck} 、帯鉄筋比 ρ_s 、側方筋比 A_{s2}/A_{s1} 、断面縦横比 D/B 、軸力 N の6項目とし、実際の橋脚で一般的に用いられている範囲を勘案してパラメータの変動範囲を決定した。なお、着目するパラメータ以外は、図-1の基本断面の値に固定して解析を行った。

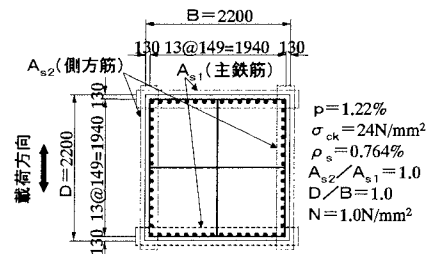


図-1 解析基本断面

(2)解析結果

図-2に軸方向鉄筋の降伏領域を柱高さに対して正規化した降伏領域比 L_{ps}/H と各パラメータの関係を示す。図をみると全体的にタイプIIの地震動を対象とした場合の方がタイプIの地震動を対象とした場合よりも降伏領域が長くなっている。これは、タイプIIでは終局ひずみが大きくなることによって鉄筋のひずみキーワード:鉄筋コンクリート橋脚、塑性ヒンジ長、軸方向鉄筋、座屈、耐震設計

連絡先: 〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 建設省土木研究所耐震研究室 TEL 0298-64-4966 FAX 0298-64-4424

み効果の影響が顕著になり、最大モーメントが大きくなるためである。各パラメータを比較すると、降伏領域に与える影響が非常に大きいのは帯鉄筋比、側方筋比であることがわかる。帯鉄筋比が大きくなるとコンクリート強度及び終局ひずみが大きくなって最大モーメントが大きくなることにより、また、側方筋比が大きくなると初降伏モーメントの比率が小さくなることにより降伏領域が長くなる。次に、軸力に関して降伏領域に及ぼす影響が比較的大きいが、我が国の一般的な橋脚では $0.5 \sim 1.0 \text{ N/mm}^2$ 程度であることを考えると、その影響は帯鉄筋比、側方筋比よりも小さいといえる。これらに対し、軸方向鉄筋比及びコンクリート強度は最大モーメントの増減に伴って初降伏モーメントも増減するため、降伏領域比としては変化量が小さくなっている。また、断面縦横比については、通常は縦横比の変化に伴って側方筋比も変化するため降伏領域に影響を及ぼすと考えられるが、ここでは側方筋比を一定としたため降伏領域は全く変化しない結果となった。

図-3は軸力を 1.0 N/mm^2 に固定した場合の降伏領域比と帯鉄筋の関係において、側方筋比を 0.5 から 4.0 まで変化させた場合の結果を示したものである。図をみると、各側方筋比毎に降伏領域比と帯鉄筋比の関係は概ね直線関係にあることがわかる。したがって、軸方向鉄筋の降伏領域は、式(3)で表すことができる。

$$L_{ps} = (\alpha \rho_s + \beta) H \quad (3)$$

ここで、 α 、 β は図中の直線回帰式における係数で、側方筋比や想定する地震動のタイプによって異なる。

4. まとめ

塑性ヒンジ領域に関係が深いと考えられる軸方向鉄筋の降伏領域には、柱高さの他に帯鉄筋比及び側方筋比が大きな影響を与えることがわかった。また、降伏領域比と帯鉄筋比は概ね直線関係にあった。今後は、軸方向鉄筋の降伏領域と座屈長の関連性を明らかにすることにより、塑性ヒンジ長の検討を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 浅津直樹、運上茂樹、林 昌弘：鉄筋座屈解析による鉄筋コンクリート橋脚の塑性ヒンジ長に関する一考察、第2回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、PP.283-286、1998年12月
- 2) 島 弘、周 礼良、岡村 甫：異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性、土木学会論文集、第378号/V-6、pp.213-220、1987年2月

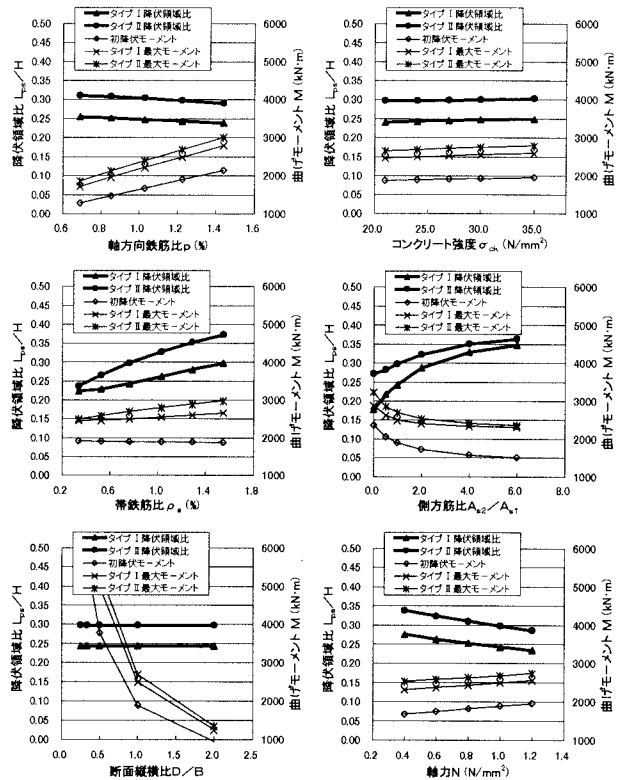
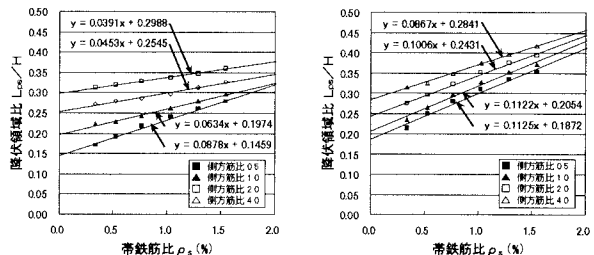


図-2 降伏領域比に対するパラメータ解析結果



(a)タイプⅠ地震動に対する結果 (b)タイプⅡ地震動に対する結果

図-3 帯鉄筋と降伏領域比の関係