

I - B132 塑性曲率分布に基づく鉄筋コンクリート橋脚の塑性回転性能

建設省土木研究所 正員 星 隈 順一
建設省土木研究所 正員 蓮 上 茂樹
建設省土木研究所 正員 長 屋 和宏

1. はじめに

平成8年の道路橋示方書Ⅴ耐震設計編（以下、道示Ⅴと呼ぶ）では、鉄筋コンクリート橋脚の塑性変形性能を橋脚基部に発生する塑性ヒンジを考慮して評価しているが、ここでは塑性ヒンジ長の設定が重要となる。鉄筋コンクリート橋脚の塑性ヒンジ長は、一般に、橋脚高さ、断面寸法、軸方向鉄筋径、帯鉄筋間隔等によって変化するが、これらの影響を塑性曲率分布を基に実験的に検討した研究はまだ少ない。そこで、本研究では、鉄筋コンクリート橋脚模型の正負交番水平載荷実験を行い、塑性ヒンジ領域における断面の塑性曲率を計測した。そして、軸方向鉄筋径や帯鉄筋間隔が塑性回転性能に及ぼす影響について考察を行った。

2. 模型供試体と曲率の測定方法

本実験に用いた供試体は、図-1に示すように、断面が60cm×60cmの正方形で、基部から載荷点までの高さは3.01m、せん断支間比は5.0である。実験パラメータは軸方向鉄筋径と帯鉄筋間隔であり、表-1のように製作した。軸方向鉄筋は、各供試体の軸方向鉄筋比が概ね1%となるように本数を決定している。また、橋脚基部から高さ520mmまでの断面では、軸方向鉄筋のフーチングからの伸び出し量ならびに断面に生じる曲率の高さ方向分布を計測するために、図-1に示すように変位計をセットした。ここでは、かぶりコンクリートが剥落する程度の損傷が生じても曲率の計測に支障がでないように、各測定断面に直径6mmの鋼棒を断面内に貫通させ、さらにかぶりコンクリート域では鋼棒の周囲を発泡スチロールで保護した。そして、この鋼棒の端部を測定点として、前後の測定断面に配置された鋼棒の測定点との間に生じる相対変位量を計測した。

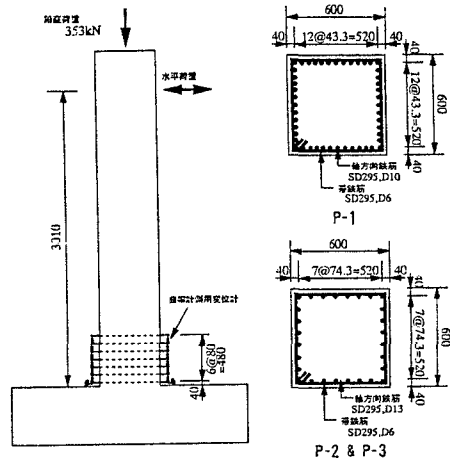


図-1 供試体諸元

表-1 実験パラメータ

供試体	軸方向鉄筋 (本数)	軸方向 鉄筋比	ϕ/d *	帯鉄筋 間隔
P-1	D10(48本)	0.95%	0.0179	75mm
P-2	D13(28本)	0.99%	0.0232	75mm
P-3	D13(28本)	0.99%	0.0232	150mm

* ϕ/d : 断面有効高さに対する軸方向鉄筋径比

3. 正負交番水平載荷実験

載荷方法は、橋脚基部断面において、断面最外縁の軸方向鉄筋が降伏するときの載荷点位置での水平変位を $1\delta_y$ とし、その整数倍の変位を正負交番に変位制御で載荷した。なお、各載荷ステップにおける繰り返し回数は3回とした。

図-2に、各供試体の水平力-水平変位の履歴曲線を示す。

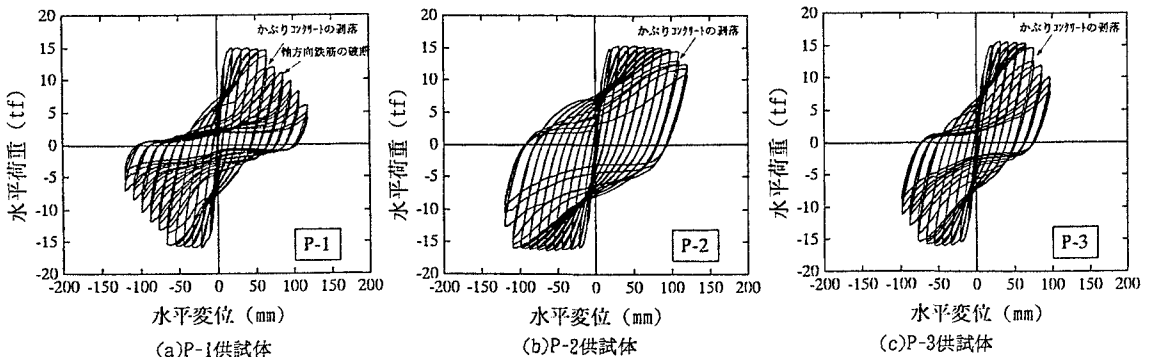


図-2 水平力-水平変位の履歴曲線

キーワード：鉄筋コンクリート橋脚、耐震設計、塑性ヒンジ長、塑性曲率
連絡先：〒305 茨城県つくば市大字旭1 (Tel 0298-64-4966, Fax 0298-64-4424)

本実験では、かぶりコンクリートが剥落して水平力が低下し始める時を終局時として定義した。実験による損傷の進展と計測された履歴曲線を基にすると、終局変位は、P-1供試体では $6\delta_{y0}$ 、P-2供試体では $9\delta_{y0}$ と $10\delta_{y0}$ の間点、P-3供試体では $6\delta_{y0}$ と $7\delta_{y0}$ の間点であった。また、終局時における各供試体の損傷状況は図-3に示すとおりであった。

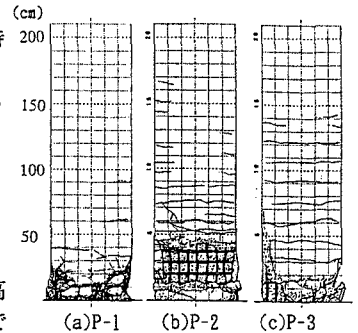


図-3 損傷状況

4. 塑性ヒンジにおける塑性曲率分布

図-4は、各供試体の終局時における断面基部から高さ520mmまでの区間での塑性曲率分布の実測値を示したものである。ただし、フーチング上面から高さ40mmまでの区間の塑性曲率は、軸方向鉄筋の伸び出しによる変形が支配的であり、この区間での塑性曲率は塑性ヒンジとしては考慮すべきでないため、ここでは示していない。

これより、塑性ヒンジにおける塑性曲率は、ミクロに計測すると一定ではなく、大きな塑性曲率が生じる断面と小さな塑性曲率しか生じない断面とが混在していることがわかる。また、P-1とP-2の比較より、同一の軸方向鉄筋比、帯鉄筋比であっても、軸方向鉄筋径が大きいほど塑性曲率を示す断面領域が広がっている。これは、軸方向鉄筋径が大きくなることにより座屈長が長くなるためと考えられ、塑性ヒンジ長は軸方向鉄筋の影響を受けることがわかる。P-3供試体では、P-2供試体よりも帯鉄筋比が小さいため、塑性曲率を示す断面領域が基部に集中している。

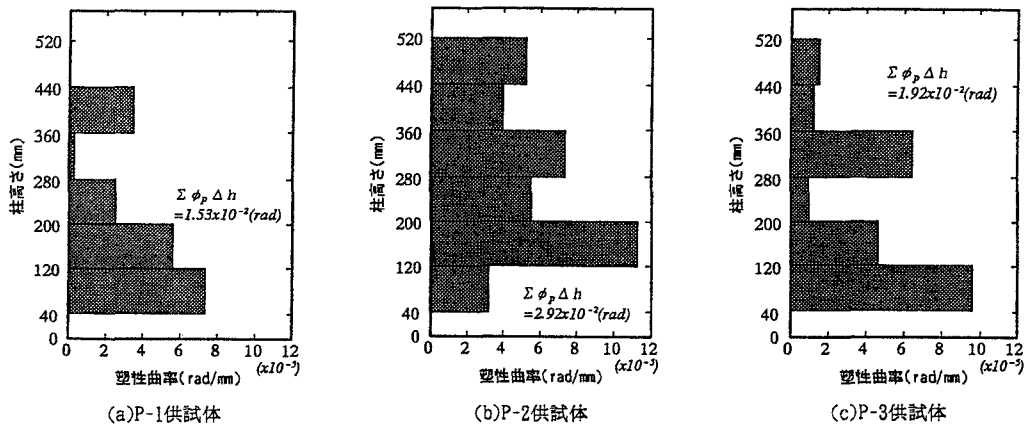


図-4 終局時における塑性曲率分布

5. 塑性ヒンジの終局塑性回転角

表-2は、各供試体の終局塑性回転角を算出した結果を示したものである。ここで、終局塑性回転角 θ_p は式(1)により求めた。

$$\theta_p = \sum \phi_{\text{終}} \cdot \Delta h \quad (1)$$

ここで、 $\phi_{\text{終}}$ は終局塑性曲率の計測値、 Δh は曲率の計測長で本実験では80mmである。また、

平成8年の道示Vにより求められる終局塑性曲率及び終局塑性回転角も示している。これより、断面有効高さに対する軸方向鉄筋径比が0.018のP-1供試体では、終局塑性回転角は道示Vによる評価値とよく一致する。一方、断面有効高さに対する軸方向鉄筋径比が0.024にまで大きくなると、塑性ヒンジ長が長くなることにより、道示Vによる評価値の1.5倍以上の塑性回転性能が得られている。

6. 結論

鉄筋コンクリート橋脚模型に対する正負交番載荷実験の結果、断面有効高さに対する軸方向鉄筋径比が高くなるにつれて塑性ヒンジ長が長くなり、終局塑性回転角が大きくなることが明らかとなった。また、帯鉄筋間隔が大きくなると、塑性ヒンジ長が短くなり終局塑性回転角が小さくなる。道示Vによる終局塑性回転角の評価値は、断面有効高さに対する軸方向鉄筋径比が0.018の場合においてよく一致した。

表-2 終局塑性回転角

供試体	実験値	道示Vによる計算値		
	終局塑性回転角(rad)	塑性ヒンジ長(cm)	終局塑性曲率(rad/cm)	終局塑性回転角(rad)
P-1	0.0153	30	0.000500	0.0150
P-2	0.0292	30	0.000524	0.0157
P-3	0.0192	30	0.000410	0.0123