

道路橋示方書に示されるじん性率評価式に関する検討

九州工業大学大学院 学生会員 田口 絢子
 阪神高速道路公団 正会員 足立 幸郎

九州工業大学 正会員 幸左賢二
 建設技術研究所 正会員 鈴木 直人

1. はじめに

道路橋示方書によるRC橋脚のじん性率を求める手法は、設計の実務でも頻繁に用いられているが、その適用性が検討された研究は少ない。そこで本研究では実験値と計算値の比較を行い、道路橋示方書のじん性率評価式に対する適用性の検討を行なった。

2. 検討対象供試体

検討対象とした供試体は、各研究機関で実施された正負交番荷重実験データから収集し、その中から一般的な道路橋を想定して帯鉄筋比0.1%以上、せん断支間比2.5以上、軸方向圧縮応力度2.0MPa以下の矩形供試体77体を対象とした。その諸元を図-1に示す。

3. 実験値と計算値の比較

図-2, 3に、道示式によって求められたじん性率、終局変位と実験値との関係を示す。じん性率の実験値/計算値の平均は1.37でばらつきも大きい。また、終局変位も実験値/計算値の平均は1.84、変動係数も60%と大きく、ほとんどの供試体で計算値は実験値を過小評価する傾向にあり、安全側の評価となっている。ばらつきの要因に関しては、じん性率に対しては仮定されるコンクリートの応力-ひずみ関係等、様々な項目が挙げられるが、終局変位に関しては、終局塑性曲率と塑性ヒンジ長の関数で示されることから、これらが精度良く評価されていれば、終局変位も精度良く推定できると考えられる。そこで本研究では、終局変位に着目した適用性の検討を行い、コンクリートの応力-ひずみ関係、塑性ヒンジ長、終局曲率について検討した。

4. 検討結果

(1) コンクリートの応力-ひずみ関係 図-4に示すように、道示に示されるコンクリートの応力-ひずみ関係上で、終局ひずみの定義を最大圧縮応力(σ_{cc})の80%低下点から、50%に低下した点と定義し(0.5 σ_{cc})、再度実験値と計算値との関係を調べた。ここでは塑性ヒンジ長の上限值は考慮していない。図-3にその結果を示す。0.5 σ_{cc} で定義した場合は平均は1.24、変動係数46%となった。計算値が実験値を過大評価するデータとなるものの、実験値との適合性は改善され、ばらつきも小さくなった。しかし、終局ひずみの定義を変えることにより、大きく計算値が変化するものと、ほとんど値が変化しないデータが存在する。このようなばらつきに関しては図-4のコンクリートの応力-ひずみ関係の応力下降域の勾配が、帯鉄筋の横拘束効果に大きく影響しているためと考えられる。帯鉄筋体積比(ρ_s)が大きいと応力下降域の下降勾配が緩やかになり、終局ひずみも大きくなる。このとき、終局ひずみの定義を80%から50%に低下させた場合、終局ひずみの差も大きく

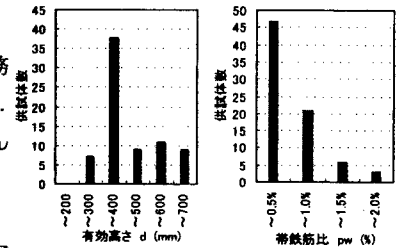


図-1 検討対象供試体

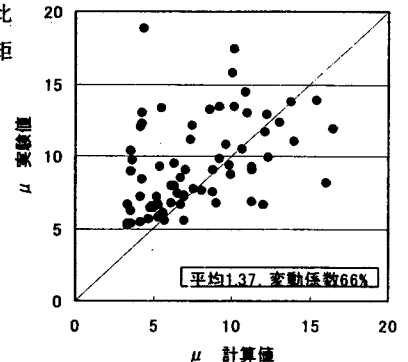


図-2 実験値と計算値の関係(じん性率)

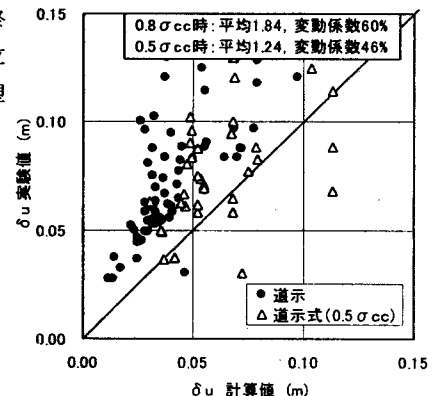


図-3 実験値と計算値の関係(終局変位)

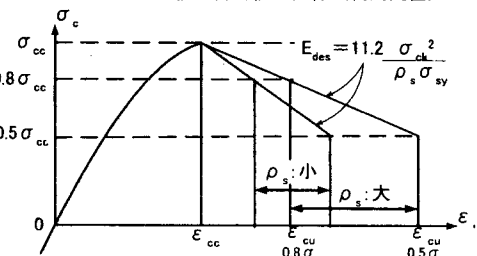


図-4 コンクリートの応力-ひずみ関係

なり、終局変位を算出した場合の計算値の値も大きく変化する。一方、 ρ_s が小さいと応力下降域の下降勾配が急で、終局ひずみの差は小さく、計算値はほとんど変化しない。

(2) 塑性ヒンジ長 塑性ヒンジ長算定式に関しては、道示式、座屈長算定式¹⁾、海外では Priestley 式等が提案されている。ここで、座屈長算定式は、軸方向鉄筋の座屈長と塑性ヒンジ長がよく一致するという既往の研究から、式(1)により与えられる。

$$L_p = \alpha L_{cr} = 8.5 \alpha \sigma_{sy}^{1/5} \beta n^{-1/3} \phi \leq 0.15h \quad (1)$$

$$\beta n = \frac{384 E_0 I_h}{nd^3 s} + k_0 c_0 \quad (\text{矩形断面})$$

図-5 に各塑性ヒンジ長算定式より算出された塑性ヒンジ長と実験結果から判読された塑性ヒンジ長との関係を示す。ここには収集した供試体 77 体中、塑性ヒンジ長が各論文に示される供試体の損傷状況から判読される 20 体の供試体データを用いて検討した。座屈長算定式は実験値/計算値の平均 0.98、変動係数 21%と若干計算値は大きめの値となるが、ばらつきが小さく、3 式で比較すると最も精度良く塑性ヒンジ長を評価していると考えられる。

(3) 終局曲率 座屈長算定式が最も精度よく塑性ヒンジ長を算出すると仮定し、道示式から計算される降伏変位、降伏曲率、座屈長算定式から求めた塑性ヒンジ長を用いて実験時の終局変位に最も適合する終局曲率を逆算した。図-6 に実験値と計算値(道示式: $0.8\sigma_{cc}$)の関係を示す。また、終局曲率の計算はコンクリートの応力-ひずみ関係を仮定して算出されることから、再度終局ひずみの定義を最大圧縮応力の 50% 低下した点と定義し、終局曲率の計算を行なった。 $0.5\sigma_{cc}$ 時で定義すると、実験値/計算値の平均は 1.3 となり適合性の改善が確認できた。以上の結果から、コンクリートの応力-ひずみ関係に示される終局ひずみの定義を、最大圧縮応力の 50% 低下した点で定義し、塑性ヒンジ長を座屈長算定式を用いて終局変位を求めた結果を図-7 に示す。実験値/計算値の平均は 1.02、変動係数 39% と適合性の向上が確認できた。

一方でいまだばらつきは小さいとは言えず、図-8 に終局曲率の実験値と計算値の関係に終局変位の精度を考慮してプロットした図を示す。図から終局変位の実験値と計算値の関係が 1:1 に近い供試体であっても、終局曲率の精度は計算値が実験値を過小評価の傾向にある。よって終局変位のばらつきの原因は、終局曲率のばらつきと相関があることがわかった。

5. まとめ

終局変位を求める場合は、コンクリートの応力-ひずみ関係に示される最大圧縮応力の 50% 低下した点で終局ひずみを定義し、さらに塑性ヒンジ長を求める場合に座屈算定式を用いると、実験値と計算値の適合性が改善された。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所耐震技術センター耐震研究室：軸方向鉄筋の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研究，土木研究所資料，H12.9

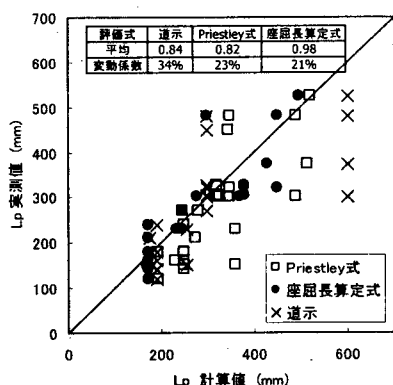


図-5 塑性ヒンジ長の検討

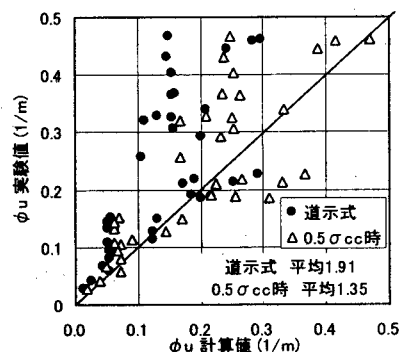


図-6 実験値と計算値の関係(終局曲率)

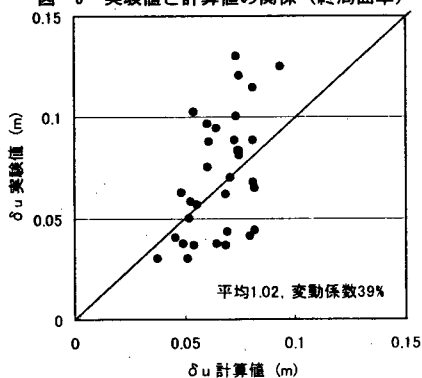


図-7 検討結果

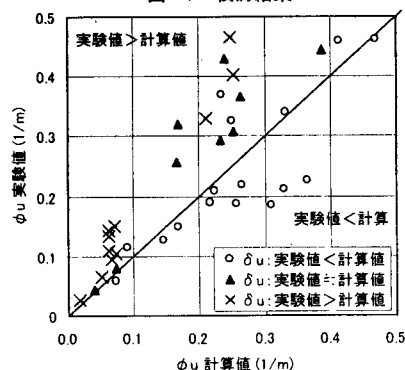


図-8 終局曲率と終局変位の関係