

I - B 365

R C橋脚の耐震診断における簡便な曲げ耐力・降伏耐力推定式

鹿島建設（株）技術研究所 F 会員 村山八洲雄
 京都大学大学院工学研究科 F 会員 家村 浩和
 大阪府土木部 正会員 友田 研也
 （株）建設技術研究所大阪支社 正会員 友永 則雄

1. はじめに

橋梁の耐震診断を行う際、特にRC橋脚の場合には断面形状、配筋、コンクリート強度、作用軸力が異なる種々の橋脚に対して、終局曲げモーメント、降伏曲げモーメント及びせん断耐力を計算する必要がある。一定地域の多数の橋梁を対象にする時は、計算を伴う部分は極力簡単な方法によるのが望ましい。そこで、中実断面橋脚について多くの計算手間を要する終局曲げモーメントと降伏曲げモーメントの簡便な推定法について検討した。

2. 破壊モード判定式とじん性率算定式

コンクリート標準示方書²⁾で示される破壊モード判定式とじん性率算定式を応力度の次元で表現すると、矩形断面では(1)式と(2)式、円形断面では(3)式と(4)式のように表される。

$$\{M_u/(bd^2)\}/\{(\tau_{cd} + \tau_{sd}) \times (a/d)\} < 1 \quad (1)$$

$$\mu_0 = 12 \cdot (a/d) \cdot (0.5 \tau_{cd} + \tau_{sd}) / \{M_u/(bd^2)\} - 3 \quad (2)$$

$$(M_u/D^3) / \{(2/\pi)^{1/2} \cdot (d_0/D)^2 \cdot (\tau_{cd} + \tau_{sd}) \cdot (a/d_0)\} < 1 \quad (3)$$

$$\mu_0 = 12 \cdot (2/\pi)^{1/2} \cdot (d_0/D)^2 \cdot (a/d_0) \cdot (0.5 \tau_{cd} + \tau_{sd}) / (M_u/D^3) - 3 \quad (4)$$

ここで、 M_u は曲げ耐力、 μ_0 は μ_d （設計じん性率）を計算するとき用いる値、 b 、 d 、 d_0 、 D 、 a は図-1に示すとおりで、 τ_{cd} と τ_{sd} はそれぞれ標準示方書³⁾における V_{cd} と V_{sd} を有効な腹部幅と有効高さの積で除したものである。すなわち正規化した曲げ耐力 $M_u/(bd^2)$ と M_u/D^3 が求められれば、上式を用いて破壊モードの判定とじん性率の算定を行うことができる。

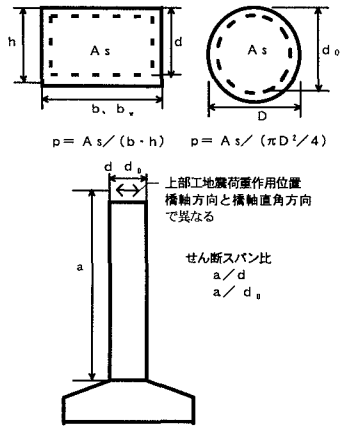


図-1 橋脚の諸元

表-1 解析パラメータと水準

3. 曲げ耐力算定式

曲げ耐力の推定式を導出するにあたり、種々の断面諸元を対象にしたパラメータ解析を行った。パラメータと水準を表-1に示す。特に軸応力度 15 kg f/cm^2 は主に正方形断面を対象にした。単位辺長鉄筋量の比とは主筋と側方鉄筋のそれぞれの辺方向の単位長さ当たり鉄筋量の比のことである。鉄筋降伏強度は解析の下限を 3000 kg f/cm^2 、上限は 3500 kg f/cm^2 の1.2倍（実強度と規格強度の比）の 4200 kg f/cm^2 とした。コンクリート強度は基準値 240 kg f/cm^2 とその0.85/1.3倍（応力ブロックに関する

断面形状	断面幅・断面高さ比 b/h	軸方向鉄筋比 p (%)	鉄筋降伏強度 f_{sy} (kg f/cm^2)	単位辺長鉄筋量の比	コンクリート強度 f'_c (kg f/cm^2)	軸応力度 σ_n (kg f/cm^2)
矩形	3、2、1、0.5、0.33	0.5、1.0、2.0	3,000、4,200	4、2、1	160、240	5、10、15
円形	—	0.5、1.0、2.0	3,000、4,200	—	160、240	5、10、

キーワード：耐震診断、曲げ耐力、降伏耐力、破壊モード、じん性率

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7062 FAX0424-89-2894

〒606-8317 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5087 FAX 075-753-5926

〒540-0008 大阪市中央区大手前 2 丁目 TEL 06-941-0351 FAX 06-944-6773

〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-2-15 TEL06-944-78760 FAX 06-944-7894

る係数と材料係数)の160 kg f/cm²とした。有効高さと断面高さの比は0.95とした。断面解析には以下の仮定による任意形RC断面の2軸曲げ解析プログラムを用いた。

- ① 縦ひずみは断面の中立軸からの距離に比例する。
- ② コンクリートの引張応力は無視する。
- ③ コンクリートの応力-ひずみ曲線は図-2による。
- ④ 鉄筋の応力-ひずみ曲線は図-3による。

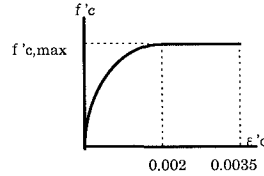


図-2 コンクリートの
応力-ひずみ曲線

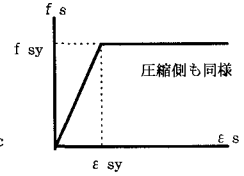


図-3 鉄筋の
応力-ひずみ曲線

解析の結果、曲げ耐力には断面幅・高さ比(b/h)、全軸方向鉄筋比(p)、鉄筋の降伏強度(f_{sy})、コンクリート強度(f'_c)、軸応力度(σ_n)の影響が無視できず、主筋と側方筋の単位辺長鉄筋量の比の影響はさほどでないことが分かった。そこで、中実の矩形断面と円形断面の曲げ耐力の推定式としてそれぞれ(5)式と(8)式を考案した。ここで単位系はkg f/cm²である。

$$\text{Mu}/(bd^2) = k (p f_{sy})^\alpha \cdot [1 + \{ (f'_c - 240) / 1000 \} \cdot \{ 0.333 / (b/h) \}] + (\sigma_n / 2) \cdot (1 - p f_{sy} / 250) \quad (5)$$

$$k = 0.52 \{ 1 + 0.063 / (b/h) \} \quad (6)$$

$$\alpha = 1 - 0.03 / (b/h) \quad (7)$$

$$\text{Mu}/D^3 = 0.47 (p f_{sy})^{0.905} \cdot (f'_c / 240)^{0.15} + 0.34 \sigma_n (1 - p f_{sy} / 170) \quad (8)$$

式中のf'_c'は図-2のf'_{c,max}'の値のことである。矩形断面と円形断面について、推定式による曲げ耐力値(簡便法)と前述の解析プログラムによる計算値(精算法)を比較して図-4に示す。上述の推定式は約5%の精度で曲げ耐力を推定できている。

破壊モード判定の結果で曲げ破壊先行と判定されたときは、上述の設計じん性率の他に降伏耐力の値が必要になる。降伏耐力についても同様のパラメータ解析を行った。降伏耐力は、鉄筋に発生している引張力の合力位置の鉄筋が降伏ひずみに達する時の値²⁾とした。矩形断面では5 kg f/cm²を対象にし計算ケースを絞った。解析結果を曲げ耐力に対する比で表し図-5に示す。これより、材料係数などの取り扱いを別にすれば、降伏耐力の算定式としては(5)式と(8)式に係数0.8を掛けたものを用いればよいと言える。

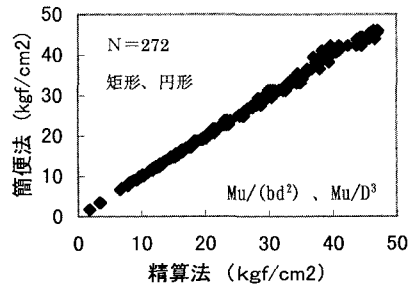


図-4 曲げ耐力の簡便法と精算法の比較

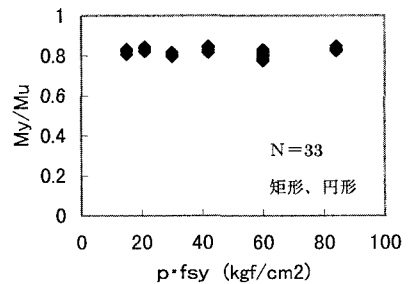


図-5 降伏耐力と曲げ耐力の比率

4. まとめ

RC橋脚の耐震診断を行う際に必要となる曲げ耐力と降伏耐力を簡単に推定する方法を示した。実際の場合、設計じん性率を算定するときに釣り合い軸力を、また、せん断耐力を計算するときに引張り側鉄筋の鉄筋比や軸力の影響に関する係数を計算する必要が生じる。これらに対しても簡便な推定式を用意することにより¹⁾、既設橋梁のデータベースから直接パソコンを用いて耐震診断を行うことができる。

参考文献

- 1) 大阪府土木部：大阪府土木構造物耐震対策検討委員会報告書、平成9年3月
- 2) 土木学会：平成8年制定コンクリート標準示方書・耐震設計編、平成8年7月
- 3) 土木学会：平成3年版コンクリート標準示方書・設計編、平成3年7月