

鉄筋コンクリート張出式橋脚の節点部斜引張破壊耐力

九州大学 学生員 木村 晋

九州大学 正 員 彦坂 熙

九州大学 学生員 劉 玉擎 (株)構造技術センター 正 員 佐竹正行

1. 序論

著者らは、偏載荷重を受けるT形RC橋脚供試体の載荷実験およびFEMによる数値解析などの検討を行った¹⁾。RC構造物の設計法が限界状態設計法へ移行されるに従い、終局耐力の評価が必要となるが、実設計においては、数値解析法による精密なモデル化より、マクロ的破壊メカニズムからの理論的評価が非常に重要である。そこで、本研究では終局つり合い法²⁾を用いるT形橋脚の節点部斜引張破壊耐力の評価式を提案し、計算結果を実験結果と比較検討する。

2. 実験による破壊メカニズムの考察

実験によると、節点部補強鉄筋の有無にかかわらず、節点部に斜めひびわれの発生が確認された。この斜めひびわれは節点部内の対角線下方に最初に発生し、荷重の増加とともに左側の非載荷のはり部に進展する。また、右下の隅角部へ向かう斜めひびわれは最終破壊時にはりと柱の圧縮鉄筋の近くに達するが、破壊直前にもこの圧縮鉄筋は降伏せずに圧縮状態を保持する。鉄筋に貼付したひずみゲージの計測結果により、節点部破壊した供試体の節点部内のはり主鉄筋は最終的には降伏している¹⁾。

したがって、偏載荷重が作用するT形橋脚の節点部では、対角線方向に斜め主ひびわれが生じ、節点部内のはり主鉄筋と補強鉄筋が降伏し、最後に隅角部圧縮域のコンクリートに圧縮破壊が発生する破壊メカニズムが推定できる。

3. 解析手法

上述の破壊メカニズムに基づいて、破壊面における中立軸に対する外力によるモーメントと内部抵抗モーメントのつり合い式を導き、斜引張破壊耐力が最小になるように斜めひびわれの角度を定めることにより、終局状態での節点部斜引張破壊耐力を求める。解析対象とする構造形式を図-1に示す。コンクリートの引張強度およびはりと柱の圧縮鉄筋の作用を考慮しない。角度を α とする斜めひびわれ面を破壊面と仮定し、この破壊面(I-I断面)、はり断面(II-II断面)およびはり部の上部表面からなる三角形ブロックを解析モデルとする。

解析モデルの力学状態を図-2に示す。節点部パネルに作用する曲げモーメント M_u と荷重 P_u の関係は次式で表される。

$$M_u = P_u(e - h_c/2) \quad (1)$$

ここに、 e : P_u の偏心距離、 h_c : 柱幅。外力による破壊面の中立軸に対するモーメント $M_{u,x}$ は次式で与えられる。

$$M_{u,x} = M_u + P_u k_2 x \cos \alpha \quad (2)$$

式中の x 、 k_2 は破壊面中立軸の位置および x の等価係数である。

一方、外力に抵抗する内部抵抗モーメント $M_{i,t}$ を、はり主鉄筋、帯鉄筋、スターラップ及び圧縮域のコンクリートによる抵抗モーメント $M_{u,1}$ 、 $M_{u,w}$ 、 $M_{u,s}$ および $M_{u,c}$ の和で表す。

$$M_{i,t} = M_{u,1} + M_{u,w} + M_{u,s} + M_{u,c} \quad (3)$$

上式の右辺の各項は以下のように求められる。

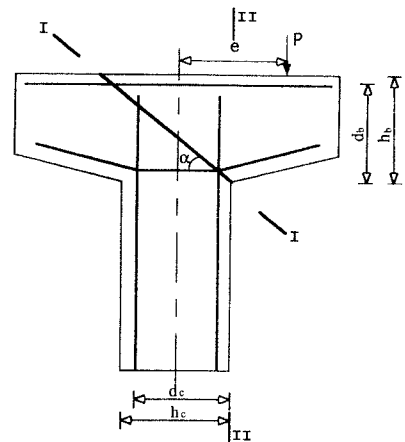


図-1 解析対象の構造形式

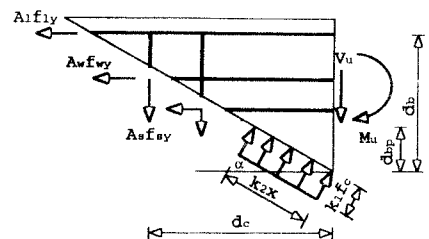


図-2 解析モデル

$$M_{ul} = A_1 f_{ly} (d_b - k_2 x \sin \alpha) \quad (4)$$

$$M_{uw} = A_w f_{wy} (d_b - k_2 x \sin \alpha)^2 / (2 s_w) \quad (5)$$

$$M_{us} = A_s f_{sy} (d_c - k_2 x \cos \alpha)^2 / (2 s_s) \quad (6)$$

$$M_{uc} = k_1 f_c b (k_2 x)^2 / 2 \quad (7)$$

ここに、 s_w, s_s ：帯鉄筋、スターラップの配置間隔、 b ：節点部の厚さ、 k_1, f_c ：圧縮域のコンクリートの平均応力係数、圧縮強度。破壊面の中立軸に関するモーメントおよび水平方向の力のつり合い条件は、

$$M_{xxt} - M_{xxt} = 0 \quad (8)$$

$$A_1 f_{ly} + A_w f_{wy} (d_b - k_2 x \sin \alpha) / s_w - k_1 f_c b k_2 x \sin \alpha = 0 \quad (9)$$

となる。破壊面圧縮域の等価高さ $k_2 x$ を柱軸の方向に投影する高さを d_{bp} とすれば、

$$k_2 x = d_{bp} / \sin \alpha \quad (10)$$

の関係より、式(10)を式(9)に代入して d_{bp} が求められる。すなわち

$$d_{bp} = \frac{A_1 f_{ly} + A_w f_{wy} d_b / s_w}{A_w f_{wy} / s_w + k_1 f_c b} \quad (11)$$

以上より、節点部の斜引張破壊耐力 P_u が次のように導かれる。

$$P_u = [A_1 f_{ly} (d_b - d_{bp}) + A_w f_{wy} (d_b - d_{bp})^2 / (2 s_w) + A_s f_{sy} (d_c - d_{bp} \cot \alpha)^2 / (2 s_s) + k_1 f_c b d_{bp}^2 / (2 \sin^2 \alpha)] / (e - h_c / 2 + d_{bp} \cot \alpha) \quad (12)$$

P_u が最小になるように α を定めるために、

$$d P_u / d \alpha = 0 \quad (13)$$

と置き、 $\cot \alpha$ に関する2次式を解くと、次式を得る。

$$\cot \alpha = \frac{-\alpha_2 + \sqrt{\alpha_2^2 - 4 \alpha_1 \alpha_3}}{2 \alpha_1} \quad (14)$$

$$\alpha_1 = A_s f_{sy} d_{bp}^2 / (2 s_s) + 0.5 k_1 f_c b d_{bp}^2$$

$$\alpha_2 = (A_s f_{sy} d_{bp} / s_s + k_1 f_c b d_{bp}) (e - h_c / 2)$$

$$\alpha_3 = -A_1 f_{ly} (d_b - d_{bp}) - A_w f_{wy} (d_b - d_{bp})^2 / (2 s_w) - A_s f_{sy} d_c (2e - h_c + d_c) / (2 s_s) - 0.5 k_1 f_c b d_{bp}^2$$

4. 実験結果との比較および考察

破壊荷重、破壊形式に関する実験結果および解析結果を表-1に示す。破壊荷重の実験値と解析値の平均相対誤差は3.9%であるが、最終破壊荷重の推定に関する限り、マクロ的モデルに基づく評価法としては良い精度と思われる。破壊形式についても、実測と解析の結果は良く一致している。供試体B-2の解析では柱、はりおよび節点部それぞれの破壊荷重の差が極めて小さく、三者がほぼ同時に破壊すると推定されるが、供試体B-1では柱とはりがほぼ同時に破壊する。はりと柱の耐力は限界状態設計法³⁾に基づき計算した。

以上の解析結果と実験結果の比較・考察により、本提案法は十分な精度で偏載荷重を受けるT形橋脚の終局状態を評価できることが明らかになった。

5. 結語

本研究は、偏載荷重を受ける鉄筋コンクリート張出式橋脚の節点部斜引張破壊耐力の評価式を提案することを目的とする。提案式による破壊耐力の計算値と実測値は比較的良く合っており、限界状態設計法における節点部斜引張破壊耐力の評価式となりうることが判明した。

参考文献：

- 1) 彦坂 照他：構造工学論文集，Vol. 38A，1992. 3.
- 2) 鈴木基行他：土木学会論文集，第426号/V-14，1991. 2.
- 3) 大塚浩司他：技報堂出版，1992. 1.