

名工大 正員 吉田弥智

名工大院 ○松井 裕

1 まえがき

本研究は曲げとせん断を受ける鉄筋コンクリートばりのせん断強度について実験的に論じ、今後の設計の一助にらしめんとするものである。鉄筋コンクリートばりのせん断強度に影響をおよぼす要素すなわち、コンクリート強度 σ_c 、引張鉄筋比 P 、腹鉄筋比 γ 、および、せん断スパンとほりの有効高比 a/d を適当に変えて実験を行ない次の三つの荷重の計算式をみちびいた。

A. 初期斜ひび割れを生じる荷重

B. 危険斜ひび割れを生じる荷重 (腹鉄筋を有さぬほりのせん断強度, 斜引張破壊)

C. 圧縮部コンクリートに破壊を生じる荷重 (腹鉄筋の有るほりのせん断強度, せん断圧縮破壊)

2 実験材料および実験方法

伏試体は $15 \times 30 \times 150$ (cm)の鋼製型枠を用いて作成し、鉄筋はすべて異形を用いセメントは浅野早強ベロセメントを用いた。伏試体諸元、コンクリート配合、鉄筋の諸性質、配筋および載荷方法は表-1、図-1に示すとおりである。7日間の水中養生を行なった後、破壊試験を行なった。荷重は1エッジ載荷しほり表面のひび割れ進行が停止した後に、引張鉄筋、スターラップ、コンクリート表面のひずみを測定し、クラックパターンをチェックし、さらにはり中央のたわめを測定した。

3 鉄筋コンクリートばりの応力解析

A. 初期斜引張ひび割れ強度

斜引張ひび割れは曲げ引張応力とせん断応力の合応力度である主応力が過大なることにより生ずるものであるから主応力の表示式のパラメーター、 $S/bd\sqrt{\sigma_c}$ および $PSd/M\sqrt{\sigma_c}$ を図にプロットして初期斜引張ひび割れ強度算定式をみちびく。

B 極限せん断強度

極限モーメント一般式

図-2のほりがせん断破壊を生ずる時の危険断面は $a-a$ 断面であるから破壊モーメントは、

$$M_b = N' P G_s (1 - K_s \frac{N P G_s}{K_1 K_3 \sigma_c'}) + P G_s (1 - N) \frac{d - d'}{d} + \frac{T_v \sin \alpha \cdot \bar{x}}{b d^2} - \frac{T_v \cos \alpha \cdot y}{b d^2} \quad (1)$$

$$\text{ただし } N' = N + \frac{T_v}{P b G_s} \cos \alpha \quad N = 1 - \frac{P G_s'}{P G_s}$$

上式はせん断破壊を生ずる鉄筋コンクリート単純ばりに対する極限モーメント一般式である。

1) 腹鉄筋を有さぬほりの破壊時の鉄筋応力度

せん断圧縮破壊を生じたほりのひずみ分布は実験の結果より図-4のようであるからこれより $\frac{\epsilon_u}{\epsilon_s} = \frac{K_s}{K_4 - K_s}$ となりこの式と水平方向つりあい式から

$$G_s = \frac{E_s \epsilon_u}{2} (-1 + 1 + \sqrt{4 K_4 / \epsilon_u / P E_s / K_1 K_3 \sigma_c'}) \quad (2)$$

ϵ_u , K_4 の値が決定されれば式-2の G_s を用いて腹鉄筋を有さぬほりの危険荷重を決定しえる。

2) 腹鉄筋の影響

ほりの腹鉄筋の効果は腹鉄筋に生じた全引張力の大きさと位置によるものであるから式-1は

$$\frac{M_s}{M'_s} = A_1 + A_2 A_3 \frac{b \cdot r G_{svy} (\alpha')^2}{M'_s} \quad \text{--- (3)}$$

A_1 : 無次元パラメーター, A_2 : スターラップの配置, スターラップ相互間に生ずる応力分布および斜ひび割れ長さに関する無次元パラメーター, A_3 : スターラップの有効性と斜ひび割れに関する無次元パラメーター, M'_s : 腹鉄筋を有するはり腹鉄筋を有さぬものと見なした時の危険断面のモーメント, G_{svy} : 腹鉄筋の降伏点応力度

よって M_s/M'_s と $b r G_{svy} (\alpha')^2 / M'_s$ は一次関係にあり実験により A_1, A_2, A_3 を決定する。

4. 実験結果および考察

実験結果は表-2に示すとおりである。

A 初期斜ひび割れ荷重強度の算定

図-5は $100PSd/MV\sigma_c$ の値を横軸に τ_{cal}/σ_c を縦軸にプロットしたものである。図の点線はACI-ASCE Committee 326で提案されたもので、図にプロットされた実験値はその点線の上にほぼ平行に分布している。実験値は実験値の分布傾向を示すものである。すなわちはりの初期ひび割れ強度式は $\tau_c = \frac{Sc}{bd} = 0.534\sqrt{\sigma_c} + 176 \frac{PSd}{M}$ ただし $\frac{M}{S} = (\frac{M_{max}}{S} - d)$ but not less than $(\frac{M_{max}}{S} - \frac{a}{2})$ 適用範囲は $0.13 < \frac{100PSd}{MV\sigma_c} < 0.24$ で表-3の τ_{cal} は上式より求めた値であり τ_{cal} は表-2と同じものである τ_{cal}/σ_c の値は上式が適切であることを示している

B 腹鉄筋を有さぬはりの破壊時の鉄筋応力度

$$G_s = 5 \times 10^4 E_s (-1 + \sqrt{1 + 1700 K_1 K_3 G_c' / P E_s}) \quad \text{ただし} \quad E_u = 1000 \times 10^6 \quad K_u = 0.423$$

C 腹鉄筋の影響係数の算定

図-6は式-3の M_s にはりの破壊荷重より計算した M_{srest} を代入し、同式の M'_s に表-4の M_{scal} を代入して M_{srest}/M_{scal} , $b r G_{svy}/M'_s$ を求めそれぞれの値をプロットしたものである。この図より

$$A_1 = 1.0 \quad A_2 A_3 = 0.65 \quad (b r G_{svy}/M'_s < 1.6), \quad A_1 = 2.0 \quad A_2 A_3 = 0.025 \quad (b r G_{svy}/M'_s > 1.6)$$

D 腹鉄筋を有さぬはりのせん断強度

このはりのせん断強度は実用的には長期の繰返し荷重が存在することを考慮すれば危険ひび割れ荷重を採用することがもっとも妥当である。

$$M'_s = \frac{Pa}{2} = P G_s b d^2 (1 - K_2 \frac{P G_s}{K_1 K_3 G_c'}) \quad \text{ただし} \quad K_1 K_3 = 1.006 - 0.00064 G_c' \quad K_2 = 0.415$$

E 腹鉄筋を有するはりのせん断強度

$$M_s = A_1 M'_s + A_2 A_3 G_{svy} (\alpha')^2 \quad \text{ただし} \quad G_s = 5 \times 10^4 (-1 + \sqrt{1 + 1700 K_1 K_3 G_c' / P E_s})$$

$$K_1 K_3 = 1.006 - 0.00064 G_c'$$

$$K_2 = 0.45$$

計算値 M_{scal} と実験値 M_{srest} を表-4に示す。はり RVa , PVb が腹鉄筋を有しないことを考慮すればかなりよい結果を示していることになる。

5. 結論

著者の実験に用いた変数は決して広範囲に及んでいないが、初期の目的、すなわち、せん断破壊に至るまでのはりの挙動を観察し、せん断強度算定式をみちびくことはほぼ達し得たと思われる。

※ 論文中の図、表は発表会当日おわたしいたします。