

V-459

曲げを受ける重拘RC柱の遷移帯鉄筋間隔・終局つり合い帯鉄筋間隔・限界設計圧縮強度に関する研究

防衛大 正会員 加藤清志・浅野工専 正会員 加藤直樹
ネツレン 岩坂紀夫・住友電工 亀井敦志

1. ま え が き

前報¹⁾までに、RC柱の圧縮耐力に関し、帯鉄筋間隔が40mm以下で重拘束効果が顕著になることのほか、じん性は最大耐力に比例すること等を明らかにした。本報では、柱が曲げ荷重を受ける場合に拡張された場合²⁾のうち、とくに、重拘束の曲げ破壊モードを支配する帯鉄筋間隔およびコンクリートの限界設計圧縮強度の存在について論じた。

2. 曲げ試験用柱モデルの作製

供試体寸法は150×150×530mm、鉄筋かごは主筋量をほぼ一定(有効断面120×120mmの10.8%)となるよう配置[U13($a_s=125\text{mm}^2$), U17($a_s=177\text{mm}^2$), U23($a_s=388\text{mm}^2$)]し、帯鉄筋[U6.4($a_s=30\text{mm}^2$)]を10, 20, 30, 40mmピッチで拘束した。これらを図1に示す。鉄筋材質はすべてSBPD1275/1420の高強度筋で、また、コンクリートの平均圧縮強度は60N/mm²である。曲げ荷重はスパン450mmで、中央点載荷法によった。

3. 実験結果と考察

(1)曲げ破壊モード 図2に[U17型]の破壊状況の一例を示す。いずれのタイプでも、重拘束効果により曲げひび割れは分散・微細化し、ダクタイルな挙動を示す。この理由は、ピッチの逆数の比に比例して応力度はピッチの縮小とともに減少することによる。

(2)曲げ挙動特性 主筋量が同一の場合でも、細めの鉄筋の場合のほうが最外縁の鉄筋量が減少するので、曲げ耐力も減少する。耐力的には太めが有利である。

(3)曲げ耐力とじん性との関係 重拘束の場合、曲げ耐力とじん性とは比例関係にあるので、高い保有耐力構造物に不可欠である。

(4)支点破壊モードの判定 図3は本実験の範囲でもっとも有利な[U23型]の場合の曲げ挙動であるが、ピッチ10, 20mmの「高密度重拘束」とピッチ30, 40mmの「普通密度重拘束」とが存在する。図4は支点における終局限界状態での設計せん断耐力³⁾とピッチとの関係を示す。すなわち、「斜め圧縮破壊」と「せん断破壊」領域を明示したもので、破壊モードを特定化するものである。ピッチ25mm以上では「せん断破壊」が、以下では「斜め圧縮破壊」となることが判明した。とくに、s=25mmは「遷移帯鉄筋間隔」といえる。

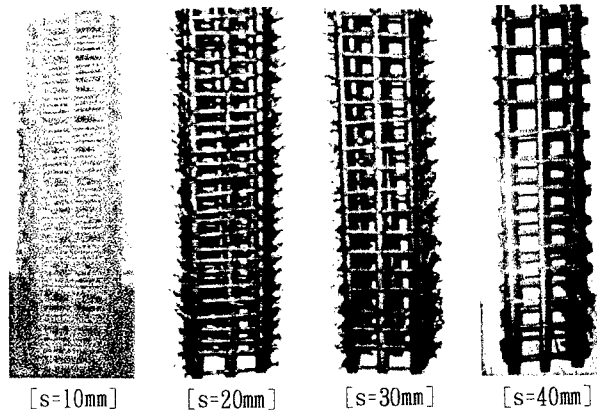


図1 鉄筋かごの例[U17]

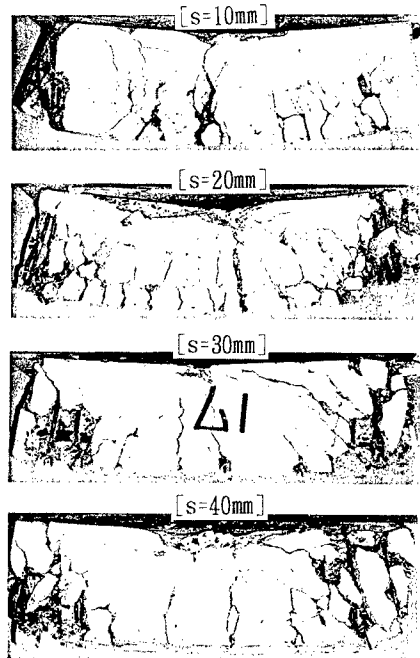


図2 曲げ破壊モードの例[U17]

図2は本実験の範囲でもっとも有利な[U23型]の場合の曲げ挙動であるが、ピッチ10, 20mmの「高密度重拘束」とピッチ30, 40mmの「普通密度重拘束」とが存在する。図4は支点における終局限界状態での設計せん断耐力³⁾とピッチとの関係を示す。すなわち、「斜め圧縮破壊」と「せん断破壊」領域を明示したもので、破壊モードを特定化するものである。ピッチ25mm以上では「せん断破壊」が、以下では「斜め圧縮破壊」となることが判明した。とくに、s=25mmは「遷移帯鉄筋間隔」といえる。

4. 限界帯鉄筋間隔と設計圧縮強度の定式化

(1) 遷移帯鉄筋間隔の一般式 腹部コンクリートの設計斜め圧縮破壊耐力と設計せん断耐力との関係

$V_{wcd} \equiv V_{cd} + V_{sd}$ から遷移帯鉄筋間隔 s_{st} は

$$s_{st} = \frac{p_s \cdot f_{wyd}}{f_{wcd} - \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd}} \cdot d \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ここに、 $p_s = A_w / (b_w \cdot d)$:せん断補強鉄筋比。以下、文献³⁾ 参照。

3. (4)の例では、 $s_{st} = 27\text{mm}$ となる。

(2) 終局つり合い帯鉄筋間隔の一般式 荷重による支点最大せん断力 R とバランスする設計せん断耐力 V_{yd} を与える”終局つり合い帯鉄筋間隔” s_{su} は

$$s_{su} = \frac{p_s \cdot f_{wyd}}{\gamma_1 \cdot R / (b_w \cdot d) - \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd}} \cdot d \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

3. (4)の例では、 $s_{su} = 280\text{mm}$ となる。

(3) 腹部コンクリートの限界設計圧縮強度 一般に腹部コンクリートの設計斜め圧縮破壊が先行して耐力を失うことはないが、低強度の場合はこの危険が生じる。設計せん断耐力と設計斜め圧縮破壊耐力との関係から、式③を満足する設計圧縮強度を”限界設計圧縮強度” f'_{cd} と呼び、設計上の指針にできるのである。

$$1. 25X^{1/2} - 0.20 \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot X^{1/3} - p_s \cdot f_{wyd} \cdot (d/s_s) = 0 \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

ここに、 $X \equiv f'_{cd}$

3. (4)の例では $f'_{cd} = 43\text{N/mm}^2$ となる。

4. 結 論

RC部材の重拘束は、圧縮および曲げ耐力とじん性向上に直接的に連係

し、人命および財産の保全上、有利に機能するので、即採用の要がある。本報では、とくに、設計上の指針となる”遷移帯鉄筋間隔”、”終局つり合い帯鉄筋間隔”、”コンクリートの限界設計圧縮強度”の存在等を明らかにした。なお、引張鉄筋の付着破壊も当然考えられるが、図5に示す主筋ナット定着による付着破壊なしの曲げ破壊モードと、図2の付着破壊ありと差がないことがわかる。

[謝 辞]本研究には防大 鯉淵芳伸助手、治郎丸良英事務官の尽力を受けた。付記して謝意を表する。

[参考文献] 1) Kato, K.; Kato, N. and Iwasaka, N., Theor. and Appl. Mech., V. 44, pp. 95-105(1995).

2) 加藤清志・加藤直樹・岩坂紀夫, コンクリート工学年次論文集, V. 18-2, pp. 605-610(1996). 3) 土木学会, コンクリート標準示方書・設計編(1996).

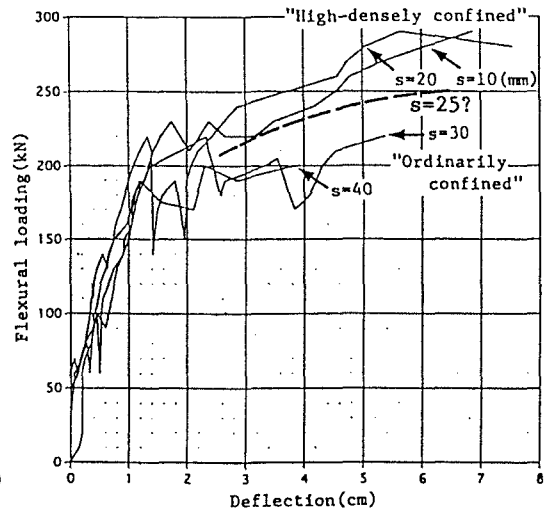


図3 曲げ荷重-たわみ曲線の例[U23型]

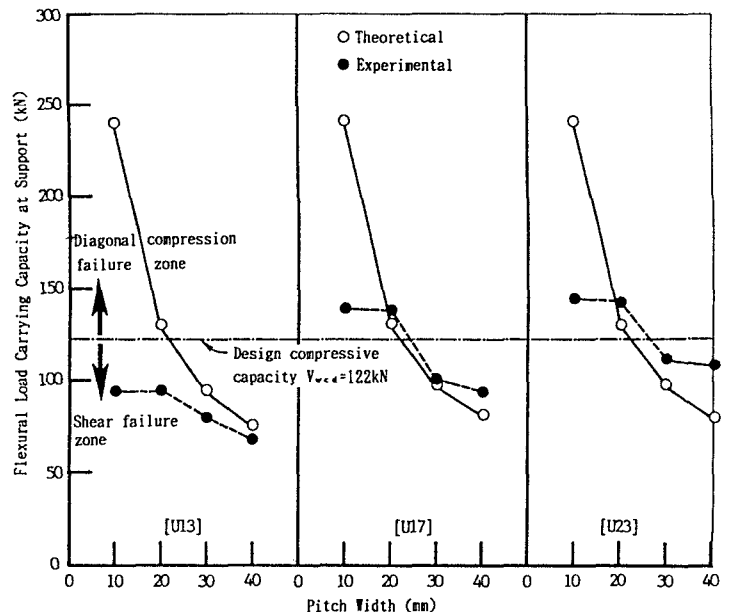


図4 RCはりの支点破壊モードの判定



図5 ナット定着RCはりの支点破壊モード