

V-284 コンクリートの複合せん断強度および高強度せん断補強筋効果を考慮した 中心軸方向載荷された正方形断面短柱の設計法に関する研究

防衛大学校 正会員 ○加藤 清 志
浅野工学専門学校 正会員 加藤 直 樹
高周波熱錬㈱ 岩坂 紀 夫

1. まえがき

鉄筋コンクリート柱構造物の耐震性向上は、とくに地震多発地域では重要な世界的課題の一つである。図-1は、 $M=6.7$ を受けた電鉄高架橋脚の震災の一例で、限界状態をなお保持し、設計・施工の成功例といえる。応力的には、斜めせん断すべり面上（図-1の円じるし参照）には、大きな圧縮拘束応力とせん断応力とが作用する。前報¹⁾²⁾では、圧縮応力場でのコンクリートのせん断ひびわれ方向および複合せん断強度特性を明らかにした。さらに、前報³⁾では、柱の耐力向上の配筋方法として、水平軸から 70° の斜めせん断すべり面に直交するせん断伝達力鉄筋（水平軸から 20° 傾斜）をスパイラル状に使用すべきことを示した。

本報では、さらに、スパイラル筋の降伏点強度をSD30からSBPD130に上げた場合の効果および施工法の見地から、組スパイラルと等価な単純スパイラルについて考察したものである。

2. 柱の耐力向上の工学的要因

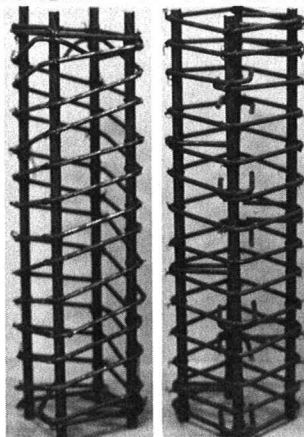
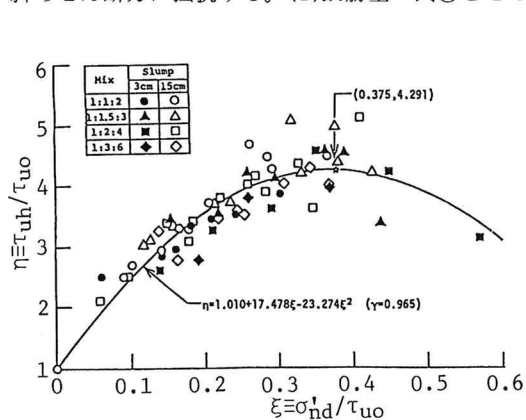
2.1 コンクリートの配合と強度特性 粗骨材最大寸法20mm；普通セメント；配合比 1:1:2, 1:1.5:3, 1:2:4, 1:3:6 に対し、スランプ 3cm と 15cm の2種、計8種；材令28日。



図-1 斜めせん断ひびわれ震災例

- (1) 高強度ほど単純せん断強度 (τ_{u0}) は大。 $\tau_{u0}/f'_c = -0.200 \times 10^{-3} f'_c + 0.240 \approx 0.172 f'_c \dots\dots\dots \textcircled{1}$
- (2) 複合せん断強度比 ($\eta = \tau_{uh}/\tau_{u0}$) と拘束応力比 ($\xi = \sigma'_{nd}/\tau_{u0}$) との関係は、図-2 で示される。ごくわずかの拘束圧によっても、複合せん断強度は急増する。 $\eta = 1.010 + 17.47 \xi - 23.274 \xi^2 \dots\dots\dots \textcircled{2}$
- (3) 最大複合せん断強度と配合との関連上、配合比 1:1:2~1:2:4 までは強度的に大差なく、1:3:6 では大きく低下する。強度比的にも 1:2:4 が限界である。

2.2 斜めせん断補強筋 (1) 配置法 らせん角 20° の角スパイラル筋の組合せ（図-3）により、斜めせん断力に抵抗する。(2) 鉄筋量 式②とせん断伝達耐力⁴⁾とから、拘束応力比は式③で与えられる。



〔備考〕
 f'_c : 圧縮強度
 γ : 相関係数
 $\bar{p}$: 換算鉄筋比
 θ : せん断面と鉄筋の交角
 f'_{cd} : コンクリート設計圧縮強度
 f_{yd} : 鉄筋設計降伏強度

SBPD130: $f_{yd} = 13000$ (kgf/cm²)

図-2 複合せん断強度と拘束応力比との関係 図-3 組合せスパイラルと帯鉄筋

$$\xi = 0.375 (1 - \sqrt{1 - 0.3050 \mu \bar{p} f_{yd} / \tau_{u0}}) \dots\dots ③$$

$$\mu = 1.1 \sqrt{f'_{cd}} / (\bar{p} f_{yd} + \sigma'_{nd})^{2/3} \dots\dots ④$$

$$\bar{p} = p_1 \sin^2 \theta_1 + p_2 \sin^2 \theta_2 \dots\dots ⑤$$

(p_1 ・ p_2 : 前・背面鉄筋比)

各配合から得られる最大複合せん断強度 (τ_{uh}) に対する最大換算鉄筋比 ($\bar{p}_m$) は式③より、

$$\bar{p}_m = \{ (\tau_{uh} / 1.1 \sqrt{f'_{cd}})^3 - \sigma'_{nd} \} / f_{yd} \dots\dots ⑥$$

コンクリートの設計基準強度 (f'_{ck}) をパラメータとした場合の最大換算鉄筋比と最大複合せん断強度比との関係を、図-4に示す。同一鉄筋比に対して、SD30に比しSBPD130は2倍以上の拘束応力比を与え、とくに、低強度コンクリートほどその効果大きい。また、一定拘束応力比とすれば、SBPD130の鉄筋比はSD30の1/4でよい。すなわち、高強度せん断補強筋は施工および耐力上、きわめて有効である。

3. 正方形断面柱への適用例

$f'_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\bar{p} = 0.68\%$ (SD30) の場合の組らせん筋 ($\phi 6$, らせん角 20° , ピッチ 40 mm) と帯筋法 ($\phi 6$, ピッチ 40 mm) の $150 \times 150 \times 530 \text{ mm}$ 柱 (軸方向筋 $4\phi 13$) の荷重-変形曲線を、図-5に示す。両者の拘束応力比は $\xi = 0.0331$ となり、推定耐力は 70.0 tf 。前者の実験値は 70.1 tf (1.00)、後者で 68.7 tf (0.98) で、ともによく一致していることがわかる。しかし、組らせん筋の方がじん性効果が高い。なお、耐力算定式⁵⁾には、観察結果から両者とも帯筋内部のコア ($120 \times 120 \text{ mm}$) を有効断面とした。

4. 組らせん相当単純らせん筋量

鉄筋組立作業を単純化するには、図-6に示す単純角らせん筋法も有効である。換算鉄筋比

$$\bar{p} = p_1 \cos^2 (20^\circ - \lambda) + p_2 \cos^2 (20^\circ + \lambda) \dots\dots ⑦$$

を考慮する必要がある。

5. 結論

柱の圧縮耐力は、そのせん断強度特性に支配されるので、複合せん断強度を活用する必要がある、このため、斜めせん断補強筋の配置と高強度筋の使用により保有耐力の向上を図るべきである。

<謝辞>本研究には、読売東京理工専 福原正志教授、防大 佐藤純一事務官の助力を受けた。謝意を表す。
<参考文献> 1) Kato, K. : Shear Strength of Concrete in Compression Stress Field, Proc.31 JCMR, 1988, pp.93-98. 2) Kato, K. : Shearing Strength and Deformation Properties of Concrete in Compression Stress Field, Proc.32 JCMR, 1989, pp.229-236. 3) 加藤 清志: 複合せん断強度を考慮した鉄筋コンクリート柱の耐力に関する研究, 44回年講 5, 平1.10, pp.280-281. 4) 土木学会: コ示設計編, 昭61, p.60. 5) 4) と同じ. p.45.

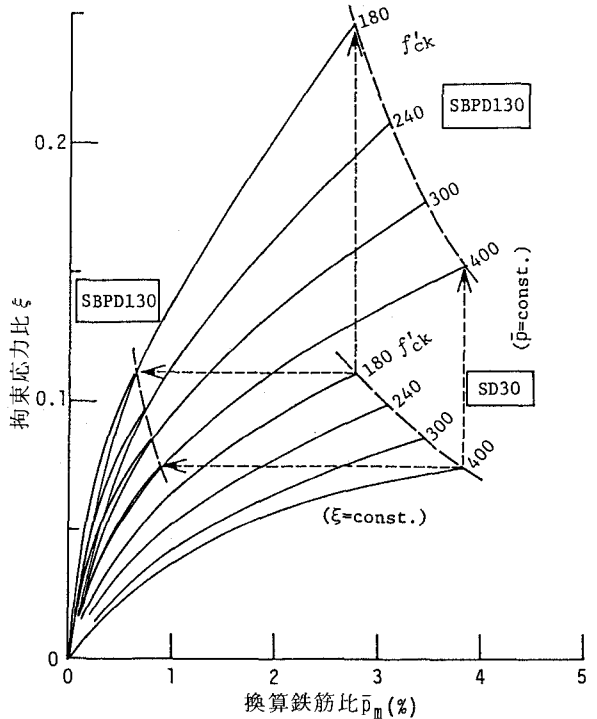


図-4 せん断補強筋による拘束応力効果曲線

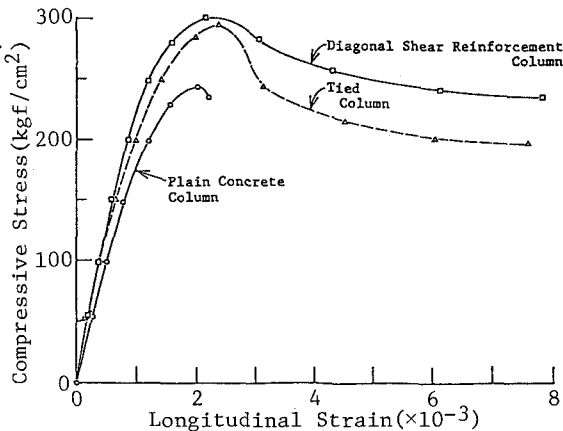
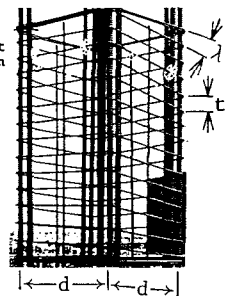


図-5 荷重-変形曲線の比較



λ : らせん角
 t : ピッチ
 $\lambda = \tan^{-1} t/d$

図-6

単純角らせん筋