

V-113

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基礎的研究

防衛大学校 正会員 加藤 清 志

1. まえがき

建設構造部材のうち、とくに屋台骨としての柱の重要性については論をまたない。前報¹⁾までに、圧縮破壊は基本的には構造部材のせん断強度に支配されることを理論的かつ実験的に検証した。本報告では、圧縮応力場でのせん断強度特性を保持した柱の開発を基礎的に研究したものである。

2. 柱実建造物の破壊モードのモデル化

図-1は、京浜地方を走行する電鉄の高架橋脚の震災の一例であるが、限界状態を維持し、設計・施工のよい実例である。図-2は、そのすべり面の一部をモデル化した状態を示す。

3. 圧縮応力場での複合せん断強度特性

(1) 配合と実験装置 普通ボルト、川砂、最大寸法20mmの混合砕石等を使用し、1:1:2, 1:1.5:3, 1:2:4, 1:3:6の混合重量比に対し、スランブを3cmと15cmの2種、合計8種の配合を採用した。材令は28日である。供試体寸法は100×100×200mmの角柱で、とくに、有効せん断面は100×60mmである。載荷には200tf 万能試験機と30tf

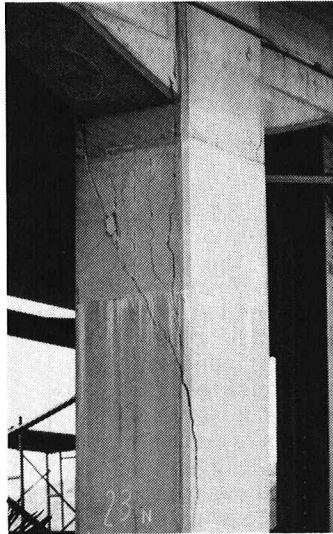


図-1 高架橋脚の震災例

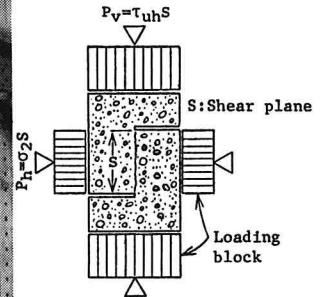


図-2 圧縮応力場でのすべり面のモデル化

(2) 正規化した破壊限界曲線と内部摩擦角 図-3は複合せん断強度比 (τ_{uh} / τ_{uo}) と拘束応力比 (σ'_{nd} / τ_{uo}) との関係を示す。これらの相関式は①式で与えられる。

$$\tau_{uh} / \tau_{uo} = 1.010 + 17.478 \xi - 23.274 \xi^2 \quad (\gamma = 0.965) \quad \text{.....①}$$

ここに、 $\xi \equiv \sigma'_{nd} / \tau_{uo}$ 、

τ_{uo} : 単純せん断強度。

なお、①式はモールの破壊規準式②と等価である¹⁾。

$$\tau_{uh} = \tau_{uo} + \sigma'_{nd} \tan \phi \quad \text{.....②}$$

ここに、 ϕ : 見掛けの内部摩擦角。図-3から、ごくわずかの拘束圧でも、せん断面上の骨材粒子の Dowel action が有効に機能し、大きな複合せん断強度を示すことがわかる。

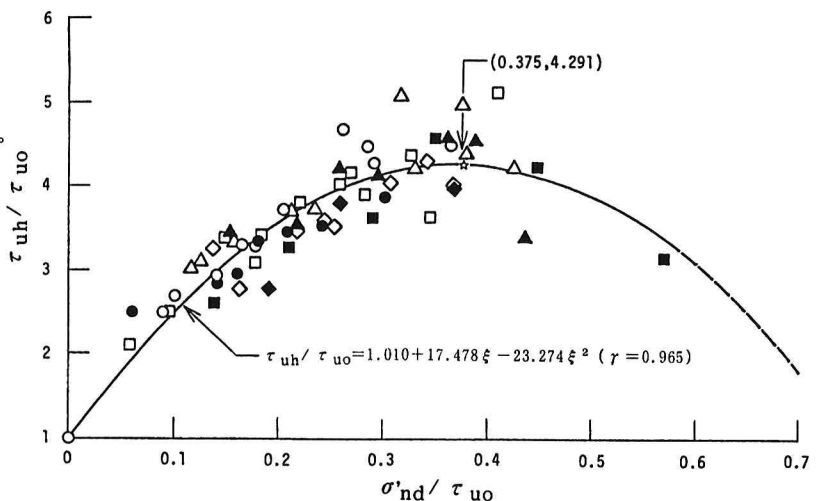


図-3 複合せん断強度比と拘束応力比との関係

コンクリートの内部構造組織を定量化するためのパラメーターとして骨材重量比の $\alpha \{ \equiv (S+G)/C \}$ を用いた。骨材粒子システムのマクロな要因を含む見掛けの内部摩擦角 ϕ_α は③式で与えられる。③式により、拘束応力比 ξ によらず、

$$\phi_\alpha = \tan^{-1} (1.690 + 0.775\alpha - 0.0661\alpha^2) / \xi \dots\dots\dots ③$$

$\partial \phi_\alpha / \partial \alpha = 0$ より求まる $\alpha = \alpha_m = 5.86 \approx 6.0$ （すなわち、1:2:4 に相当）が骨材重量比である。

4. 斜めせん断補強鉄筋の配置法と鉄筋量

柱部材の圧縮载荷に伴う斜めせん断すべり角は④式で与えられ²⁾、概略 70° である。

$$\theta_r = \cot^{-1} (-0.4 \times 10^{-3} f'_c + 0.480) \text{ [Navier-Kato's Eq.] } \dots\dots\dots ④$$

よって、図-4 に示すせん断すべり面に直交し、斜めせん断補強鉄筋を 水平から 20° 傾けて配筋する。いま、複合せん断強度の効果を示方書³⁾（6.3.7 設計せん断伝達耐力）に規定されている「せん断面に鉄筋が配置されている場合」に等価性を求めると、⑤・⑥式が求まる。

$$\tau_{cwd} = \mu p f_{yd} + \mu \sigma'_{nd} \equiv \tau_{uo} (1.00 + 17.47\xi - 23.27\xi^2) \dots\dots\dots ⑤$$

$$\xi = 0.375 (1 - \sqrt{1 - 0.305 \mu p f_{yd} / \tau_{uo}}) \dots\dots\dots ⑥$$

ここに、 $\mu = 1.1 \sqrt{f'_{cd}} / (p f_{yd} + \sigma'_{nd})^{2/3}$ 、 τ_{cwd} ：せん断伝達耐力、 p ：せん断面上の鉄筋比、 f'_{cd} ：コンクリートの設計圧縮強度。 一例として、 $f'_{ck} = 240$ 、 $f'_{cd} = 185$ 、 $\tau_{uo} = 0.172 f'_c \approx 0.172 \times 240 = 41.3$ 、 $f_{yd} = 3000$ [kgf/cm²] の場合の拘束圧比と鉄筋比との関係を 図-5 に示す。図-3 で、複合強度比と拘束圧比間の比例限度は $\xi = \xi_R = 0.141$ で、これに対応する鉄筋比は $p = p_R = 5.5 \approx 6.0$ %である。よって、理論的には柱の圧縮耐力を約3倍も向上できることになる。

5. 結論 構造部材の圧縮強度は、そのせん断強度特性に支配され、わずかの拘束圧によっても複合せん断強度は急増する。最適骨材重量比は6である。斜めせん断補強鉄筋の配置により、複合せん断強度効果を保持させ、柱の圧縮耐力を増大させることができる。

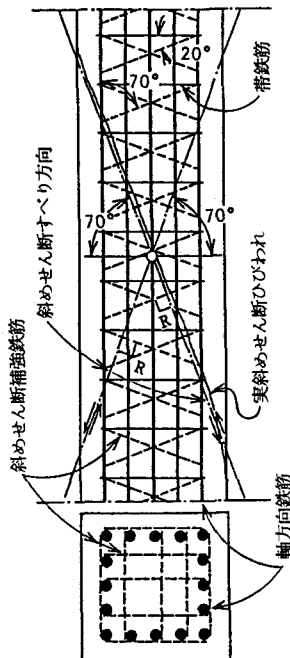


図-4 斜めせん断すべり面とせん断補強鉄筋の配置

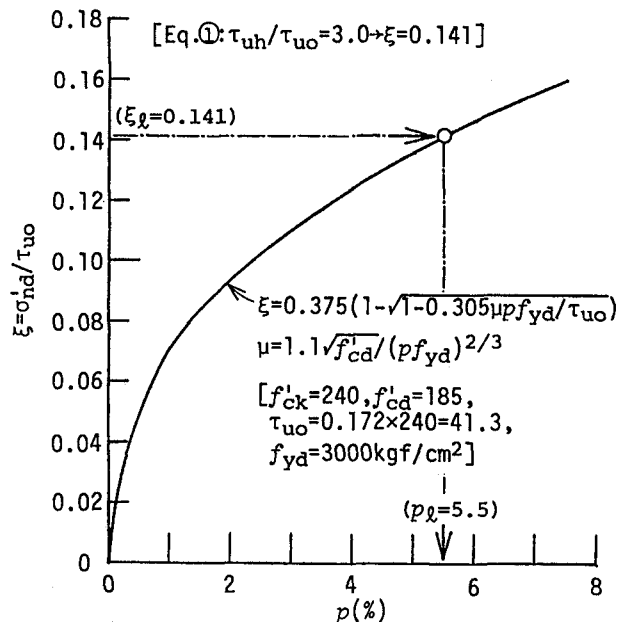


図-5 拘束圧比とせん断補強鉄筋比

<謝辞>本研究には、南和孝助手、佐藤純一事務官等の助力を受けた。付記して謝意を表する。
<参考文献> 1) 加藤清志：コンクリートの圧縮応力場での複合せん断強度とモル破壊規準との対応、16回関支技研、平1.3、pp.298-299。 2) Kato, K.: Shear Strength of Concrete in Compression Stress Field, Proc. 31, JCMR, 1988, pp. 93-98。 3) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕、昭61.11。