

V-75

角形フープ筋を用いた角柱横拘束コンクリートの拘束効果の定量化

神戸大学 正会員 藤井 学 正会員 中村伴之
三菱重工機 正会員 岡岡良彦

1. まえがき

近年、コンクリート部材の強度が高められるにつれ、急激な脆性破壊を考慮する必要が生じてきている。この脆性破壊を防止する有効な手段の1つにコンクリートをフープ筋やスパイラル筋等の横拘束筋で横方向より拘束する方法がある。本研究は、従来研究報告の少ない角形拘束筋を用いた角柱拘束コンクリートの拘束効果の定量化を目的とする。

2. 角形スパイラル筋と角形フープ筋の拘束効果の相違

角形拘束筋としては、角形スパイラル筋と角形フープ筋の2種類があり、ここではその形状の相違による拘束効果の相違について考える。図1～図3に六車¹⁾²⁾、鈴木³⁾、山田⁴⁾らの実験結果より得られる拘束筋の体積比 ρ_s と拘束コンクリートのプレーンコンクリートに対する強度増加比 f_c/f_c' 、最大強度時ひずみ増加比 $\varepsilon_m/\varepsilon_m'$ 、圧縮限界ひずみ(最大強度の80%降下時のひずみ)増加比 $\varepsilon_u/\varepsilon_u'$ の関係をそれぞれ示す。ここに f_c 、 f_c' :拘束及びプレーンコンクリートの最大圧縮強度(kg/cm^2)、 ε_m 、 ε_m' :拘束及びプレーンコンクリートの最大強度時ひずみ、 ε_u 、 ε_u' :拘束及びプレーンコンクリートの圧縮限界ひずみである。これらの図より角形スパイラル筋と角形フープ筋の拘束効果の相違は強度増加に関しては前者の方が若干劣るようであるが、ひずみ増加に関しては大差はない。

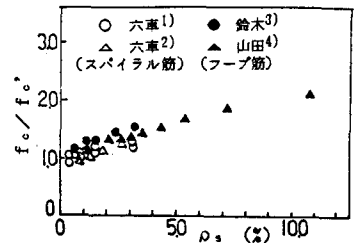


図1 角形スパイラル筋・フープ筋
 $\rho_s \sim f_c/f_c'$ 関係

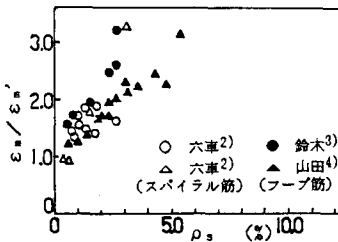


図2 角形スパイラル筋・フープ筋
 $\rho_s \sim \varepsilon_m/\varepsilon_m'$ 関係

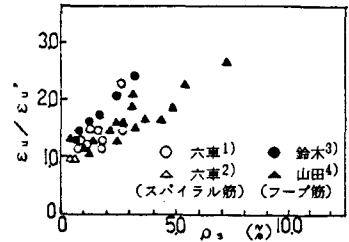


図3 角形スパイラル筋・フープ筋
 $\rho_s \sim \varepsilon_u/\varepsilon_u'$ 関係

3. 拘束係数の定義

拘束コンクリートの拘束効果の指標として、拘束効果に影響を及ぼす要因をその相関を加味して組み合わせた”拘束係数”なるものを定義した。拘束係数は拘束コンクリートのプレーンコンクリートに対する①最大圧縮強度の増加率を示す C_{cf} 、②最大強度時ひずみの増加率を示す $C_{\varepsilon m}$ 、③圧縮限界ひずみの増加率を示す $C_{\varepsilon u}$ の3種類とし、次式で定義される。

$$f_c/f_c' = 1 + \alpha C_{cf} \quad (1)$$

$$\varepsilon_m/\varepsilon_m' = 1 + \beta C_{\varepsilon m} \quad (2)$$

$$\varepsilon_u/\varepsilon_u' = 1 + \gamma C_{\varepsilon u} \quad (3)$$

ここに、 α 、 β 、 γ :実験定数

また C_{cf} 、 $C_{\varepsilon m}$ 、 $C_{\varepsilon u}$ の基本の形は、次式で表わされる。

$$C_{cf}, C_{\varepsilon m}, C_{\varepsilon u} = \rho_s^a \cdot (1 - s/kD) \cdot f_y^b \cdot (f_c')^c \quad (4)$$

ここに、 s :拘束間隔(cm)、 D :部材断面最小寸法(cm)、 f_y :拘束筋降伏強度(kg/mm^2)

a 、 b 、 c 、 k は実験定数で、 a 、 b 、 c は④式の拘束効果に影響を及ぼす要因と C_{cf} 、 $C_{\varepsilon m}$ 、 $C_{\varepsilon u}$ 関係のグラフの形状より決定される。 k は拘束筋の間隔が部材断面最小寸法 D の k 倍以下にならないと拘束

効果が現われないことを示す係数である。この k の決定法は、例えば強度増加の場合、横軸に D/s 、縦軸に f_c/f_c' をとり $D/s \sim f_c/f_c'$ 関係のグラフを書き、 $f_c/f_c' = 1$ とそのグラフの交点の D/s の値を求めて、その逆数を計算することにより決まる。

4. 角形フープ筋を用いた角柱拘束コンクリートの拘束係数

2で述べたように角形スパイラル筋は角形フープ筋よりも強度に関する拘束効果がやや劣るが大差がないので、ここでは施工性のよい角形フープ筋による拘束係数を求めることにする。

① k の決定：鈴木³⁾、山田⁴⁾らの実験結果により、強度増加、最大強度時ひずみ増加、圧縮限界ひずみ増加は、 $0 < D/s \leq 1$ の範囲では微少である。そこで各増加量が期待できるのは $D/s \geq 1$ すなわち、 $s \leq D$ と考えて $k = 1$ とする。

② 強度増加：本研究の実験⁵⁾及び鈴木³⁾、山田⁴⁾らの実験結果より、 f_c/f_c' は ρ_s と線形関係があり、 f_y 及び f_c' とは無関係で一定である。

③ 最大強度時ひずみ増加：本研究の実験⁵⁾及び鈴木³⁾、山田⁴⁾らの実験結果より、 $\varepsilon_m/\varepsilon_m'$ は ρ_s 及び f_y と線形関係があり、 $(f_c')^2$ に反比例である。

④ 圧縮限界ひずみの増加：本研究の実験⁵⁾及び鈴木³⁾、山田⁴⁾らの実験結果より、 $\varepsilon_u/\varepsilon_u'$ は ρ_s 及び f_y と線形関係があり、 f_c' に反比例である。

以上のことより、強度増加、最大強度時ひずみ増加、圧縮限界ひずみ増加に関する拘束係数として以下の各式を得る。

$$C_{cr} = \rho_s (1 - s/D) \quad (5)$$

$$C_{\varepsilon_m} = \rho_s (1 - s/D) f_y / (f_c')^2 \quad (6)$$

$$C_{\varepsilon_u} = \rho_s (1 - s/D) f_y / f_c' \quad (7)$$

5. 拘束効果の定量化

式(5)～(7)の各拘束係数より求まる個々のデータと f_c/f_c' 、 $\varepsilon_m/\varepsilon_m'$ 、 $\varepsilon_u/\varepsilon_u'$ の関係を図4～図6に示す。これらの図より以下の各式を得る。

$$f_c/f_c' = 0.12 C_{cr} + 1.61 \quad (8)$$

$$\varepsilon_m/\varepsilon_m' = 4.28 C_{\varepsilon_m} + 1.18 \quad (9)$$

$$\varepsilon_u/\varepsilon_u' = 2.64 C_{\varepsilon_u} + 1.38 \quad (10)$$

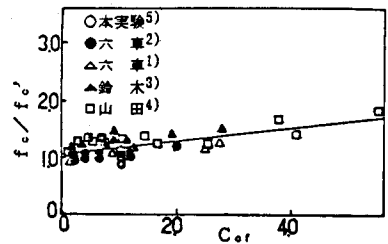


図4 $C_{cr} \sim f_c/f_c'$ 関係

6. まとめ

① 角形スパイラル筋は、フープ筋よりも強度増加に関しては拘束効果がやや劣るが、ひずみ増加に関しては大差がない。

② 拘束筋による拘束効果を期待するには部材断面最小寸法以下の間隔が必要である。

③ 本研究で定義した拘束係数を用いて角形フープ筋の拘束効果を定量的に把握できる。

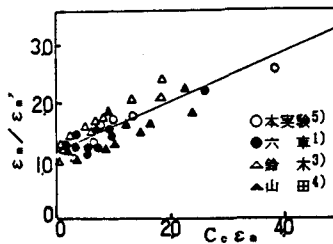


図5 $C_{\varepsilon_m} \sim \varepsilon_m/\varepsilon_m'$ 関係

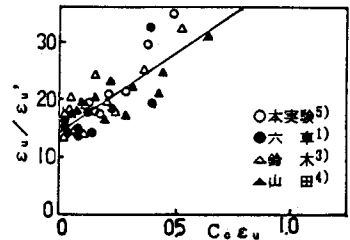


図6 $C_{\varepsilon_u} \sim \varepsilon_u/\varepsilon_u'$ 関係

- <参考文献> 1) 六車：角スパイラルの補強効果に関する実験的研究，建築学会近畿，昭和52年
 2) 六車：コンクリートの曲げ圧縮限界歪の改善に関する研究，第24回構造工学シンポジウム，昭和55年
 3) 鈴木：横拘束を受けるコンクリートの力学的特性に関する研究，昭和52年 4) 山田：コンクリートの塑性変形能力に及ぼすフープの効果に関する研究，建築学会近畿，昭和43年 5) 藤井：横拘束を受けるコンクリートの応力～ひずみ曲線の実験要因，土木学会関西，昭和61年