

## コンクリートの品質がせん断補強鋼材を用いない RC はりのせん断耐力へ及ぼす影響

立命館大学大学院 学生会員 ○高橋弥成 学生会員 日比野憲太  
立命館大学 正会員 高木宣章 正会員 児島孝之

## 1. はじめに

現行の土木学会コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕での棒部材の設計せん断耐力算定式は、コンクリートの圧縮強度の適用範囲を  $f_{ck} \leq 80 \text{ N/mm}^2$  とし、軽量骨材コンクリート使用時には一律 70% の低減値を設けている。本研究では、式 (1) に示す土木学会の設計せん断耐力式の基となった式（以下、二羽式）を用いて、せん断補強鋼材を用いない RC はりのせん断耐力へ及ぼすコンクリートの品質の影響に関する検討を行った。

$$P_{scr1} = 2f_{vcd} \beta_p \beta_d \{0.75 + 1.4 / (a/d)\} \cdot b \cdot d \quad \text{式 (1)}$$

$$f_{vcd} = 0.2f_c^{1/3}, f_{vcd} \leq 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \beta_d = (l/d)^{1/4} \text{ (d:m)}, (\beta_d > 1.5 \text{ のとき } \beta_d = 1.5), \beta_p = (100\rho_w)^{1/3} \text{ (}\beta_p > 1.5 \text{ のとき } \beta_p = 1.5)$$

## 2. 斜めひび割れ発生荷重比と弾性係数、脆度係数の関係

コンクリートの品質が RC はりのせん断耐力に及ぼす影響を確認するため、コンクリートの弾性係数（図-1 (a)）および脆度係数（図-1 (b)）と斜めひび割れ発生荷重比（ $P_{scr1}$ /実験値）との関係を示す。ただし、式 (1) を用いて斜めひび割れ発生荷重を求める際には、 $f_{vcd}$  の上限値を設けず、軽量骨材コンクリートの場合には一律 70% 低減値を用いた。

相関係数は、弾性係数を用いた場合（図-1 (a)）で -0.37、脆度係数を用いた場合（図-1 (b)）で -0.54 となり、脆度係数を用いた場合の方が相関性の良いことが確認できた。これ以後は、斜めひび割れ発生荷重比と脆度係数の関係に着目して、検討を進めるものとする。

## 3. 斜めひび割れ発生荷重算定式の提案

## (1) 斜めひび割れ発生荷重算定式の算出方法

コンクリートの品質に最も影響を受ける項として、式 (1) の  $f_{vcd}$  に着目した。実験より得られた斜めひび割れ発生荷重  $P_{scr1}$  を用いて式 (2) から  $f_{vcd1}$  を逆算した。ただし、 $\beta_d$  と  $\beta_p$  の上限値はそれぞれ 1.5 としている。

$$f_{vcd1} = P_{scr1} / [2\beta_d \cdot \beta_p \cdot \{0.75 + 1.4 / (a/d)\} \cdot b \cdot d] \quad \text{式 (2)}$$

次に、 $f_{vcd}$  の定数 0.2 に着目し、式 (3) に実験結果から得られた  $f_{vcd1}$  (式 (2)) を代入し、定数を  $\alpha$  として求めた。

$$\alpha = f_{vcd1} / f_c^{1/3} \quad \text{式 (3)}$$

そして、式 (3) から得られた  $\alpha$  とコンクリートの脆度係数の関係式を定式化する。この定式化した  $\alpha$  を式 (4) に代入して得られた  $f_{vcd2}$  を式 (1) に代入することにより、脆度係数をパラメータとした斜めひび割れ発生荷重算定式の提案を行う。

$$f_{vcd2} = \alpha \cdot f_c^{1/3} \quad \text{式 (4)}$$

(2)  $\alpha (f_{vcd1} / f_c^{1/3})$  と脆度係数の関係

本研究で行った実験結果と既往の研究結果から、有効高さ  $d=520 \text{ mm}$  以下、鉄筋比  $\rho_w=2.0\%$  以下のせん断補強鋼材を用いない RC はりの斜め引張破壊したデータに関して検討を行った。

$\alpha$  と脆度係数の関係を図-2 に示す。両者の関係は、コンクリートの脆度係数が 13 程度の値を境に、2 つの領域に区分できる。そこで、図-2 に示す両骨材に関して、各々最小自乗

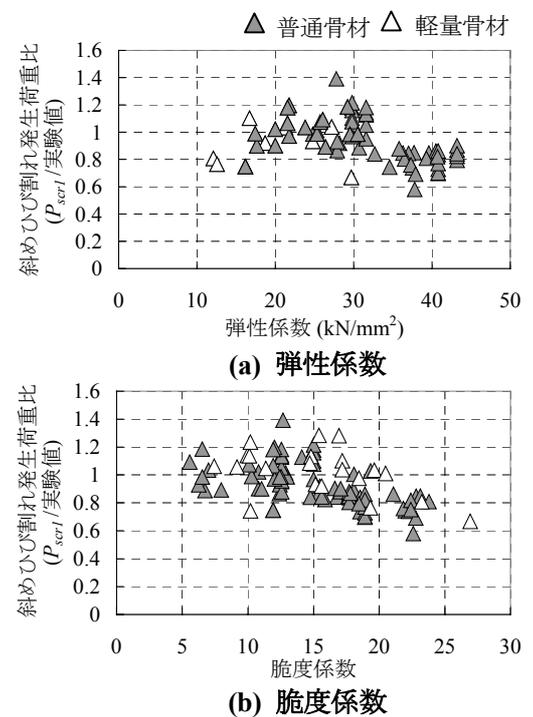
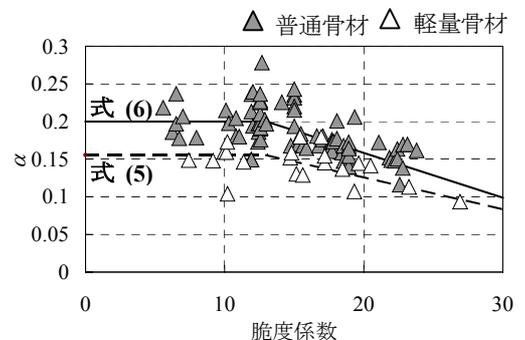


図-1 斜めひび割れ発生荷重比と弾性係数および脆度係数の関係

図-2  $\alpha$  - 脆度係数の関係

法で直線近似することで得られた関係式を、軽量骨材コンクリートに関しては式 (5)、普通骨材を用いたコンクリートに関しては式 (6)に示す。

$$\text{軽量骨材} : \alpha = 0.155 \quad (f'_c/f_t \leq 13) \quad \alpha = -0.0049f'_c/f_t + 0.2302 \quad (13 < f'_c/f_t) \quad \text{式 (5)}$$

$$\text{普通骨材} : \alpha = 0.2 \quad (f'_c/f_t \leq 13) \quad \alpha = -0.0064f'_c/f_t + 0.2906 \quad (13 < f'_c/f_t) \quad \text{式 (6)}$$

二羽式( $P_{scr1}$ )および提案式を用いて計算した斜めひび割れ発生荷重比 ( $P_{scr1}$  or 提案式/実験値) と圧縮強度の関係を図-3 に示す。式 (1)の変動係数は、軽量骨材コンクリートで 13.0%、普通骨材コンクリートで 12.8%、提案式の変動係数は軽量骨材コンクリートで 12.5%、普通骨材コンクリートで 12.2%となった。また、提案式 (式 (5), (6)) を用いた場合には、若干危険側に斜めひび割れ発生荷重を見積もる傾向にあった。しかし、変動係数は小さくなっており、斜めひび割れ発生荷重の算定にコンクリートの品質の影響を考慮する場合には、脆度係数をパラメータとすることが有効であると考えられる。

(3) 骨材種類が斜めひび割れ発生荷重に及ぼす影響

図-2 に示す $\alpha$ -脆度係数の関係から、骨材種類の違いが RC はりの斜めひび割れ発生荷重に大きく影響を及ぼすことが確認できた。そこで、骨材種類の影響を表すパラメータとして骨材の密度に着目し、異なる骨材間での斜めひび割れ発生荷重の補正式の検討を行った。

斜めひび割れ発生荷重比 (提案式/実験値) と骨材密度の関係を図-4 に示す。ここで、粗骨材に軽量骨材と普通骨材が混合されている場合には、粗骨材全体での平均密度を用いた。図-4 から、骨材密度が小さくなるに伴い、斜めひび割れ発生荷重比が低下し、骨材密度が斜めひび割れ発生荷重に大きく影響を及ぼしていることが確認できた。そこで、図-4 の関係を最小自乗法で直線近似することにより、式 (7)に示す骨材密度をパラメータとした斜めひび割れ発生荷重比の補正式を提案する。

$$\beta_g = 0.1474\rho_g + 0.6082 \quad \text{式 (7)}$$

$\beta_g$  : 粗骨材のかみ合わせに関する低減係数,  $\rho_g$  : 粗骨材密度

式 (1)と提案式に式 (7)に示す補正式を乗じた、骨材密度により補正した斜めひび割れ発生荷重の計算値の変動係数を表-1 に示す。普通骨材コンクリートでの変動係数は二羽式に劣るものの、軽量骨材コンクリートおよび全体での変動係数は小さくなった。以上の結果から、斜めひび割れ発生荷重の算定にコンクリートの品質の影響を考慮する場合には、コンクリートの脆度係数および骨材密度をパラメータとする補正を行うことが有効であると考えられる。

4. 結論

高強度コンクリートと軽量骨材コンクリートを用いたせん断補強鋼材を用いない RC はりの斜めひび割れ発生荷重に関する結論を、以下に要約する。

- (1) 斜めひび割れ発生荷重は、コンクリートの脆度係数の影響を大きく受ける。そこで、公称せん断応力度  $f_{ved}$  を脆度係数をパラメータとした式として表すことで、斜めひび割れ発生荷重の推定精度が向上した。
- (2) 斜めひび割れ発生荷重は、骨材の種類の影響を受ける。そこで、骨材密度を考慮した補正式を用いることで精度が向上した。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、多くの文献を参考にさせていただきました。ここに、深甚なる敬意を表します。なお、これらの文献は本紙面では割愛し、本紙発表時に紹介させていただきます。

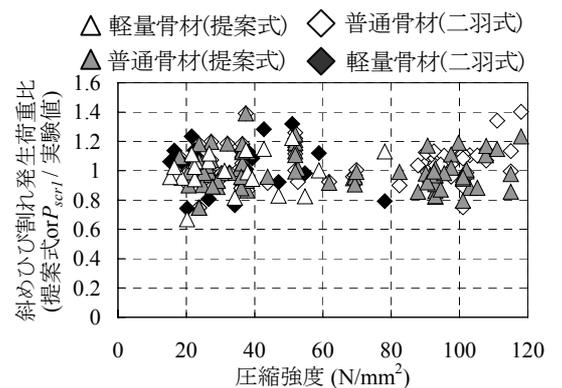


図-3 二羽式と提案式の比較

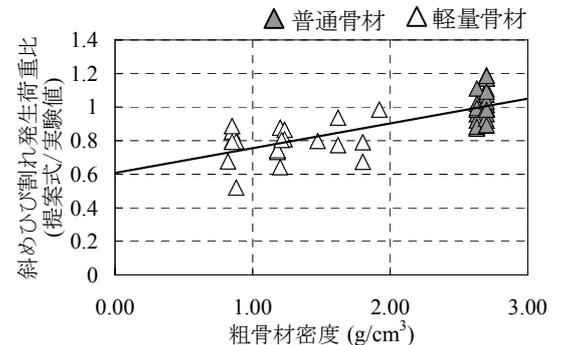


図-4 斜めひび割れ発生荷重比 - 骨材密度の関係

表-1 変動係数の比較

	普通骨材	軽量骨材	全体
提案式	0.128	0.092	0.109
二羽式	0.083	0.152	0.118