

鋼繊維補強軽量2種コンクリートRC版の押抜きせん断耐力の評価

九州大学大学院 学生会員 園田崇智 崔智宣 梶原秀夫
九州大学大学院 フェロー 日野伸一 正会員 山口浩平 柴田博之

1. 目的

これまで軽量コンクリートの短所である引張強度やせん断強度は、鋼繊維補強により改善できることは明らかとなっている。しかし、軽量2種コンクリートおよび鋼繊維補強された軽量2種コンクリートRC版の押抜きせん断耐力の評価についてはほとんど研究されていない。そこで本研究では、コンクリート種類、鋼繊維混入率をパラメータとしたRC版の押抜きせん断試験を行い、既往の押抜きせん断耐力算定式の適用性を検討し、鋼繊維補強された軽量2種コンクリートRC版に適用できる評価式を提案した。

2. 押抜きせん断試験

試験体は、表-1に示す鋼繊維混入率を体積比で普通コンクリート(N)は0%、軽量2種コンクリート(SL)は0%、1.2%の3タイプとした。N-00は2体、SL-00、SL-12はそれぞれ3体計8体を作製した。同表には、コンクリートの強度特性値も示している。試験体概略図を図-1に示す。有効高さは75mmとした。載荷条件は試験体の支間長が1000mmの4辺単純支持とした。載荷時試験体中央に150×150×50mmの載荷版を配置し、油圧ジャッキを用いて漸増載荷を行った。

3. 押抜きせん断耐力の評価

(1) コンクリート標準示方書式による評価

コンクリート標準示方書¹⁾は式(1)によりRC版の押抜きせん断耐力を評価する。軽量コンクリートの場合、普通コンクリートの値の70%としてよいと示している。

$$P = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_r \cdot f'_{pcd} \cdot u_p \cdot d / \gamma_b \quad (1)$$

$\beta_d = (1/d)^{1/4}$ (d:m) $\beta_d > 1.5$ の場合は 1.5 とする。
 $\beta_p = (100p)^{1/3}$ $\beta_p > 1.5$ の場合は 1.5 とする。
 $\beta_r = 1 + 1 / (1 + 0.25u/d)$
 $f'_{pcd} = 0.20f'_{cd}{}^{1/2}$ (N/mm²)
 f'_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm²)
 u : 載荷面の周長 (mm)
 u_p : 設計断面周長で載荷面から d/2 離れた位置で算定 (mm)

d : 有効高さで2軸方向の鉄筋に対する平均値 (mm)

p : 鉄筋比で2軸方向の鉄筋に対する平均値

γ_b : 安全係数。一般に 1.3。(本算定では 1.00 を用いる。)

(2) 松井式による評価

式(2)は、松井ら²⁾が提案した評価式であり、普通コンクリートを対象としている。

$$P = \tau_{s,max} \{ 2(a + 2x_m)x_d + 2(b + 2x_d)x_m \} + \sigma_{t,max} \{ 2(4C_d + 2d_d + b)C_m + 2(a + 2d_m)C_d \} \quad (2)$$

a, b : 載荷板の主鉄筋方向、配力鉄筋方向の辺長 (cm)

x_m, x_d : 主鉄筋および配力鉄筋に直角な断面の引張側コンクリートを無視した断面の中立軸深さ (cm)

d_m, d_d : 主鉄筋および配力鉄筋の有効高さ (cm)

C_m, C_d : 主鉄筋および配力鉄筋からのかぶり厚 (cm)

$\tau_{s,max}, \sigma_{t,max}$: コンクリート最大せん断、引張応力 (kgf/cm²)

ここで、 $\tau_{s,max}, \sigma_{t,max}$ は式(3)、式(4)に示す伊東、岡村の実験式より算定する。

$$\tau_{s,max} = 0.252\sigma_{ck} - 0.000256\sigma_{ck}^2 \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (3)$$

$$\sigma_{t,max} = 0.583(\sigma_{ck})^{2/3} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (4)$$

σ_{ck} : コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²)

(3) 提案式による評価

鋼繊維補強された軽量2種コンクリートを評価する

表-1 試験体緒元

Type	コンクリート種類	鋼繊維混入率 (%)	密度 (g/cm ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
N-00	普通	0	2.33	36.3	32.8
SL-00	軽量2種	0	1.60	47.3	16.2
SL-12		1.2	1.63	45.8	16.5

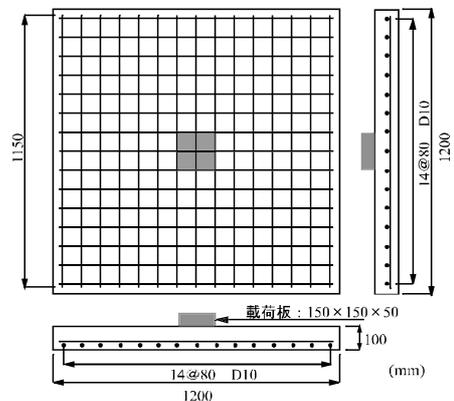


図-1 試験体概略図

キーワード 押抜きせん断耐力, RC版, 軽量2種コンクリート, 鋼繊維補強

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 Tel: 092-802-3392

場合には個々の強度特性を適切に反映した強度評価式の確立が必要となる．本研究では式(2)に示す松井式を基にし， $\tau_{s,max}$ ， $\sigma_{t,max}$ に著者らが実施した種々の強度試験により求めた繊維混入率を考慮した式(5)～(8)に示す強度評価式³⁾を用いて算定する．表-2に強度試験から得られた実験値と強度評価式による計算値の比較を示す．同表より，強度評価式がほぼ10%以内の範囲で各強度を評価できていることがわかる．

(a) 普通コンクリートの場合

$$\tau_{s,max} = (0.170V_{sf} + 0.429)f_c^{2/3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (5)$$

$$\sigma_{t,max} = (0.068V_{sf} + 0.268)f_c^{2/3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (6)$$

(b) 軽量2種コンクリートの場合

$$\tau_{s,max} = (0.135V_{sf} + 0.306)f_c^{2/3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (7)$$

$$\sigma_{t,max} = (0.119V_{sf} + 0.202)f_c^{2/3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (8)$$

V_{sf} : 鋼繊維混入率(%) f_c : コンクリート圧縮強度(N/mm²)

各タイプの押抜きせん断耐力をコンクリート標準示方書，松井式，提案式を用いて算定した結果を表-3，実験値/計算値の比較を図-2に示す．示方書式による実験値/計算値は1.63～2.62となり，安全側であることがわかる．N-00については松井式と提案式の計算値は，1割程度安全側に評価している．また，SL-00は表-2に示すように強度評価式による $\tau_{s,max}$ ， $\sigma_{t,max}$ の実験値/計算値が0.88，0.94と1割程度危険側に評価しているため，提案式による押抜きせん断耐力も0.88と危険側に評価している．一方，SL-12の $\tau_{s,max}$ ， $\sigma_{t,max}$ の実験値/計算値は1.08，1.03と安全側評価しているにも関わらず押抜きせん断耐力の実験値/計算値は0.81と危険側に評価する結果となった．この要因として，押抜きせん断破壊面の角度が影響していると考えられる．しかし，本研究では試験後の供試体のひび割れが複雑であり，明確な破壊面角度が観察できなかった．そのため，実験値/計算値=1となるような破壊面角度を逆算した(図-3)．同図には，松井式で仮定している45°も併せて示している．その結果，繊維1.2%混入により破壊面角度が大きくなる結果となった．既往の研究⁴⁾においても，鋼繊維を混入することにより破壊面角度が大きくなる事が報告されており，SL-12は破壊面角度を50°程度と仮定すれば評価可能であると考えられる．

4. まとめ

松井式に強度評価式を適用して，鋼繊維補強軽量2種コンクリートRC版の押抜きせん断耐力を評価した．N-00は1割程度安全側，SL-00，SL-12は1割程度危険

表-2 強度評価式による引張およびせん断強度

Type	実験値(N/mm ²)		強度評価式による計算値(N/mm ²)		実験値/計算値	
	t,max	s,max	t,max	s,max	t,max	s,max
N-00	3.09	*	2.94	4.70	1.05	
SL-00	2.33	3.77	2.64	4.00	0.88	0.94
SL-12	4.75	6.18	4.41	5.99	1.08	1.03

*サンプリング不良

表-3 押抜きせん断耐力算定結果

Type		実験値(kN)		計算値(kN)			実験値/示方書式	実験値/松井式	実験値/提案式
		平均	平均	示方書式	松井式	提案式			
N-00	1	215	219	134	215	193	1.63	1.02	1.13
	2	223							
SL-00	1	178	176	99.6	-	200	1.77	-	0.88
	2	180							
	3	171							
SL-12	1	263	257	98.0	-	318	2.62	-	0.81
	2	253							
	3	254							

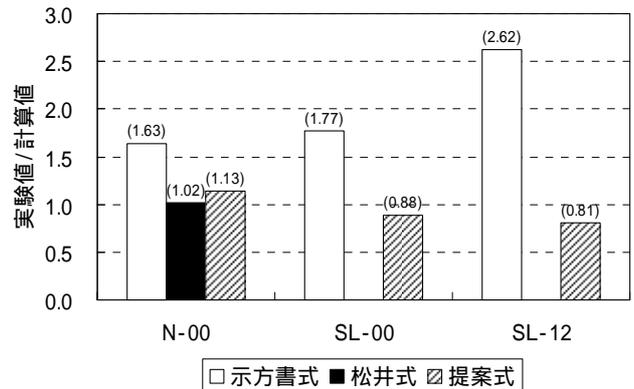


図-2 押抜きせん断耐力の実験値と計算値の比較

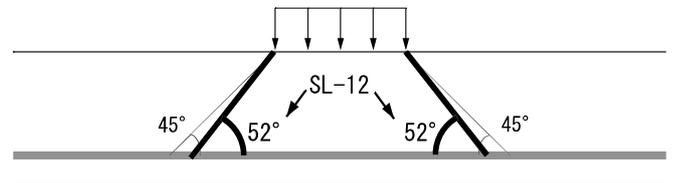


図-3 破壊面角度の推定

側に評価した．SL-00は強度評価式の精度，SL-12は破壊面角度が影響していると考えられる．しかし，コンクリート種類と破壊面角度の相関性は不明確なため，今後検討する必要がある．

参考文献

- 1) 土木学会: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] 2002
- 2) 前田幸雄, 松井繁之: 鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力の評価式, 土木学会論文集, 第348/V-1, pp.113-141, 1984.8
- 3) 崔智宣他: 鋼繊維補強された軽量2種コンクリートの繊維混入率を考慮した強度評価式および引張軟化特性, 土木学会西部支部研究発表会概要集, pp.789-790, 2009
- 4) Narayanan, R. and Darwish, I. Y. S.: Punching shear tests on steel-fibre-reinforced micro-concrete slabs, Magazine of Research, Vol.39, No.138, pp.42-50, 1987