

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

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 フェロー会員 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て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

2.1 実験概要

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、コンクリート材料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。

2.2 結果および考察

荷重と載荷面直下のたわみ関係は図 - 2 に示すとおりである。鋼繊維を混入していない試験体 N-00, SL-00 は最大荷重に達すると同時に押抜きせん断破壊による急激な荷重低下を呈して耐力を失った。これに対して、鋼繊維を混入した SL-12 の最大耐力は SL-00 と比較すると 1.5 倍程度増加しており、最大荷重に達しても急激な荷重低下は見られず、鋼繊維の架橋効果により靱性を有する結果となった。

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は、引張強度、付着力および支圧特性値は普通コンクリートの値の 70%としてよいと示している。

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

$$\beta_d = (1/d)^{1/4} \quad (d:\text{mm}) \quad \beta_d > 1.5 \text{ の場合は } 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_p = (100p)^{1/3} \quad \beta_p > 1.5 \text{ の場合は } 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_r = 1 + 1 / (1 + 0.25u/d)$$

$$f'_{pcd} = 0.20f'_{cd}^{1/2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

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 : 設計断面の周長で載荷面から $d/2$ 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 を用いる。(本算定では 1.00 を用いる。)

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)	引張強度 (N/mm ²)	せん断強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
N-00	普通	0	2.33	36.3	3.09	—*	32.8
SL-00	軽量2種	0	1.60	47.3	2.33	3.77	16.2
SL-12	軽量2種	1.2	1.63	45.8	4.75	6.18	16.5

*サンプリング不良

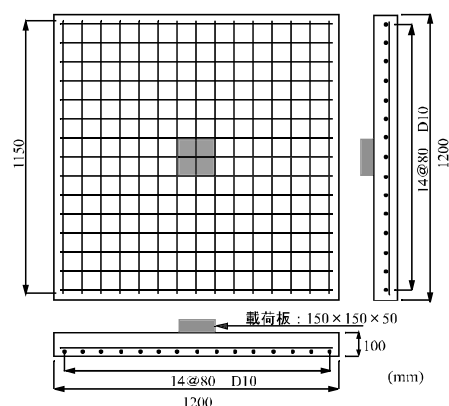


図 - 1 試験体概略図

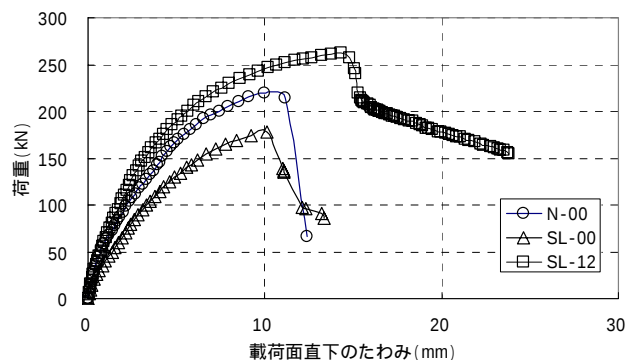


図 - 2 荷重 - たわみ関係

(2) 松井式による評価

式(2)は, 松井ら²⁾が床版の押抜きせん断破壊状況から押抜きせん断破壊モデルを仮定し, 圧縮域コンクリートのせん断耐力と鉄筋のダボ効果による剥離効果を考慮して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さ (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場合には個々の材料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³⁾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%以内の誤差で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式, 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-3に示す. 示方書式による実験値/計算値は1.63~2.62となり, 全て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

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	
	$\sigma_{t,max}$	$\tau_{s,max}$	$\sigma_{t,max}$	$\tau_{s,max}$	$\sigma_{t,max}$	$\tau_{s,max}$
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
	1	2	示方書式	松井式	提案式			
N-00	215	223	134	215	193	1.63	1.02	1.13
	178	178						
	180	171						
SL-00	176	176	99.6	-	200	1.77	-	0.88
	171	171						
	263	253						
SL-12	257	257	98.0	-	318	2.62	-	0.81
	253	253						
	254	254						

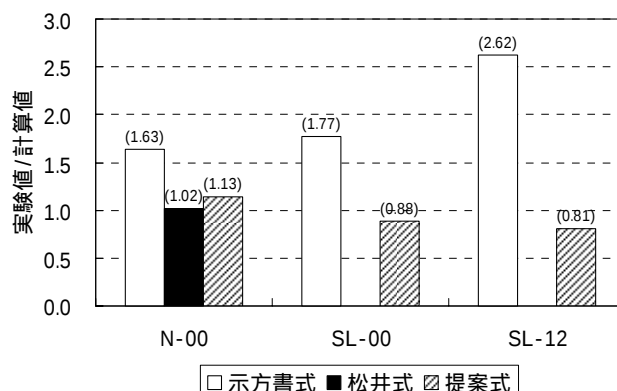


図-3 押抜きせん断耐力の実験値と計算値の比較

値は, ほぼ実験値と一致している. 提案式で算定した SL-00, SL-12 の実験値/計算値は, 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 0.88~1.08 の範囲内に収まっているにも関わらず 0.88, 0.81 とやや危険側となることがわかった. 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ため, 今後も検討する必要がある.

4. まとめ

軽量2種コンクリートの押抜きせん断耐力は, 普通コンクリートよりも2割程度低下するが, 鋼繊維を1.2%混入することにより1.5倍程度増大する. また, 提案式によって軽量2種コンクリートRC版の押抜きせん断耐力を算定すると1~2割程度危険側に評価するため, 押抜き破壊面の角度を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 構造的な性能照査編, 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, 園田崇智, 梶原秀夫: 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曲げじん性評価, 土木学会西部支部研究発表会概要集, 2009