

鋼繊維補強軽量2種コンクリートRC床版の押抜きせん断耐力評価

九州大学大学院 学生会員 ○崔智宣 フェロー 日野伸一
九州大学大学院 正会員 山口浩平 柴田博之

1. 目的

粗骨材と細骨材に全て人工軽量骨材を用いた軽量2種コンクリート(以下, SL)は普通コンクリート(以下, N)の比重2.3と比較すると比重1.6~1.8程度と非常に軽いが, 骨材自体の強度が小さいことによる引張およびせん断強度の低下が顕著である. このような強度特性の改善方法として短繊維による補強が知られている. 本研究では, 各種の補強繊維の中でも強度特性に優れる鋼繊維に着目した. 鋼繊維補強軽量2種コンクリートを対象としたRC床版の押抜きせん断耐力式は著者らの知る限り存在しない. 本研究では破壊メカニズムに則した鋼繊維補強軽量2種コンクリートRC床版に適用可能なせん断耐力式を提案することを目的とした.

2. 押抜きせん断試験

表-1に使用材料を示す. 試験体は, コンクリート種類(N, SL), 混入率(0, 1.2%)をパラメータとした4タイプを各3体以上作製した. 鋼繊維は直径0.62mm, 長さ30mmのフックエンド型を使用した. 図-1に試験体概略図を示す. 試験体は辺長1200mm, 厚さ100mmであり, 鉄筋はD10(SD295A, 降伏強度373N/mm²)を14@80で配筋し, 有効高さは75mmとした. 鉄筋には, 版中央から120mmの位置にひずみゲージを貼付した. 載荷版は幅150×長さ150×高さ50mmを中央に配置した.

荷重と載荷面直下のたわみ関係の一例を図-2に示す. 鋼繊維無混入の試験体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, N-12, SL-12の最大荷重はN-00, SL-00と比較すると1.2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, 架橋効果により靱性を有していた. 図-3に荷重-鉄筋ひずみ関係の一例を示す. 鉄筋ひずみが最初に急増した点を曲げひび割れ発生とした. 曲げひびわれ発生以降, N-00, SL-00とN-12, SL-12のひずみに差が生じ始めている. また, 小澤ら¹⁾の研究結果から, 同図に示すように斜めひび割れ荷重を定義した. 斜めひび割れ時において繊維補強することにより, 230μ程度ひずみ差が生じた. 鈴木ら²⁾は引張力を受けた鉄筋のダウエル耐力を, 引張力を受けない鉄筋のダウエル耐力と作用引張ひずみ

表-1 使用材料

材料種類	記号	性質
普通ポルトランドセメント	C	密度:3.16g/cm ³ 比表面積:3890cm ² /g
普通細骨材	普通S	表乾密度:2.55g/cm ³ 吸水率:1.92%
普通粗骨材	普通G	表乾密度:2.90g/cm ³ 吸水率:1.92%
人工軽量細骨材	軽量S	絶乾密度:1.68g/cm ³ 24時間吸水率:9.8% 単位容積質量:1.11g/cm ³
人工軽量粗骨材	軽量G	絶乾密度:1.55g/cm ³ 24時間吸水率:9.7% 単位容積質量:0.79g/cm ³
高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸系化合物
AE助剤	AE	密度:1.06-1.10g/cm ³
増粘剤	B	グルカン系
鋼繊維	F	フックエンド型 密度:7.85g/cm ³

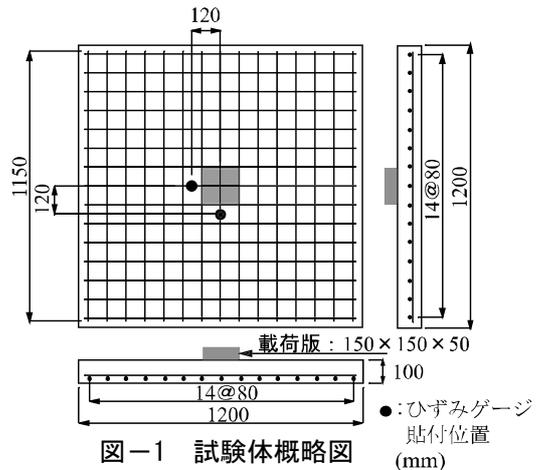


図-1 試験体概略図

のダウエル耐力と作用引張ひずみ

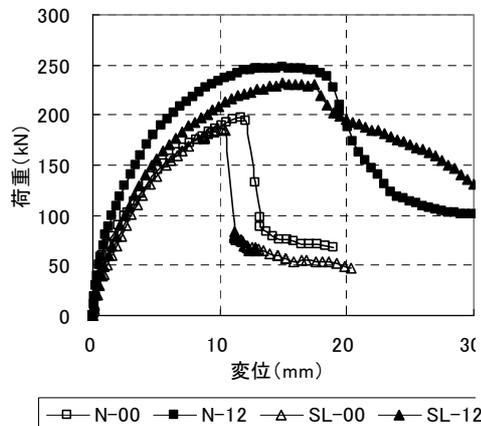


図-2 荷重-たわみ関係一例

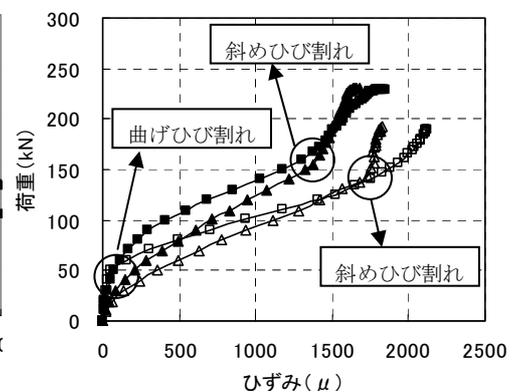


図-3 荷重-鉄筋ひずみ関係一例

キーワード 人工軽量骨材, 軽量2種コンクリート, 鋼繊維, RC版, せん断耐力

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744 Tel: 092-802-3392

をパラメータとした式 (1) を提案している。

$$D_u = D_{u0} \cdot e^{-0.0002\varepsilon} \quad (1)$$

ここで、 D_u : 引張力を受けた鉄筋のダウエル耐力 (tf),
 D_{u0} : 引張力を受けない鉄筋のダウエル耐力 (tf), ε : 引張力によりせん断面の鉄筋に生じるひずみ量 (μ)

そこで、式 (1) 中の ε に上述した鉄筋のひずみ差 230μ を代入し、引張力の差によるダウエル作用の変化率を算出した。その結果、繊維補強によりダウエル作用が 1.05 倍向上するという結果となった。

3. 破壊面角度

破壊状況を観察するために、版中央断面の切断から求めた破壊面角度を図-4 に、一例を図-5 に示す。破壊面角度は、版上縁から鉄筋位置までのひび割れに沿う直線を引き、その角度と定義した。同図より基準とした松井式では、破壊面角度を 45°と仮定していたが、全ての試験体の破壊面角度は 45°よりも小さく、SL を用いることにより角度は小さく、繊維補強により大きくなる傾向が見られた。

4. せん断耐力評価

松井式³⁾を基準とし、軽量化および繊維補強効果が適用可能な式を提案した。式 (2) に示す。

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

ここで、 a, b : 載荷板の主鉄筋方向、配力鉄筋方向の周長 (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 (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), $\tau_{s,max}$: 各タイプの強度評価式により算定, $\sigma_{t,max}$: 繊維無混入タイプ (N-00, SL-00) の強度評価式により算定, α : ダウエル作用に及ぼす繊維補強係数 (=1.05)

圧縮域のせん断抵抗を示す項である $\tau_{s,max}$ は、強度試験から得られる結果と同程度であるという仮定の下、各タイプの強度評価式を適用し、ダウエル作用の項である $\sigma_{t,max}$ には軽量コンクリートの場合、ダウエル作用が低下することが報告されているため、引張強度評価式を適用した。ダウエル作用への繊維補強効果は強度試験と同程度であるかは未解明なため、繊維補強の効果を上述した鉄筋のひずみ差によるダウエル耐力の向上効果として 1.05 を適用した。算定結果を表-2, 図-6 に示す。以上より、コンクリートの種類、繊維補強に関わらずせん断耐力を精度良く評価できていることがわかる。

5. 結論

本研究では、鋼繊維補強軽量 2 種コンクリート RC 床版に適用可能なせん断耐力式を提案した。その結果、概ね評価することができた。破壊面角度は SL を用いることにより角度は小さく、繊維補強により大きくなる傾向が見られた。破壊面角度については今後検討が必要である。

参考文献 1)小澤尚津雄他:RC スラブの押抜きせん断破壊機構に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.3, pp.565-570, 1999 2)鈴木基行他:軸方向鉄筋のダウエル作用に及ぼす引張力の影響に関する実験的研究, 土木学会論文集, 第 426/V-14, pp.159-166, 1991 3)前田幸雄他:鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断荷力の評価式, 土木学会論文集, 第 348/V-1, pp.113-141, 1984.8 4)崔智宣他:鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートの強度特性および孔あき鋼板ジベルのせん断耐力評価, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.1007-1016, 2011.3

表-2 せん断耐力計算結果

タイプ	No.	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)	最大荷重 (kN)	計算値	
							(kN)	実験値/計算値
N-00	1	30.3	2.59 (2.59)	3.08 (3.74)	21.9	189	180 (218)**	1.05
	2					197		1.09
	3					195		1.09
N-12	1	38.6	4.52 (3.87)	5.09 (6.42)	30.7	248	242	1.02
	2					229		0.95
	3					251		1.04
SL-00A	1	22.6	1.70 (1.61)	*(2.38)	11.8	174	132	1.32
	2					184		1.39
SL-00B	1	47.3	2.33 (2.64)	3.77 (3.90)	16.2	178	200	0.89
	2					180		0.90
	3					171		0.85
SL-00C	1	42.0	2.66 (2.44)	3.65 (3.60)	14.9	187	189	0.99
	2					193		1.02
	3					171		0.91
SL-12A	1	35.2	3.91 (3.51)	*(4.55)	14.9	226	210	1.08
	2					248		1.18
SL-12B	1	45.8	4.75 (4.18)	6.18 (5.43)	16.5	263	243	1.08
	2					253		1.04
	3					254		1.05
SL-12C	1	41.3	3.94 (3.90)	4.89 (5.06)	14.9	232	231	1.00
	2					231		1.00
	3					233		1.01
							平均	1.04

*サンプリング不良 **松井式による計算

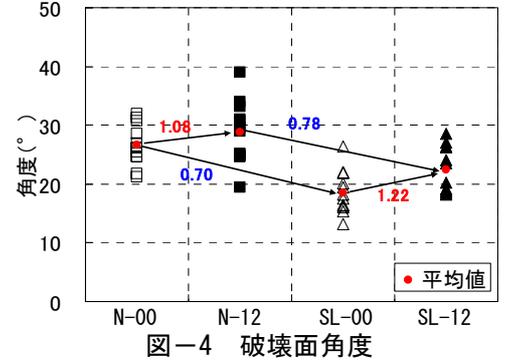


図-4 破壊面角度

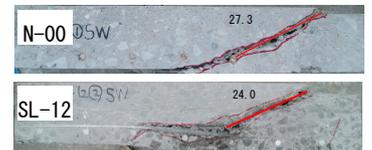


図-5 破壊面角度一例

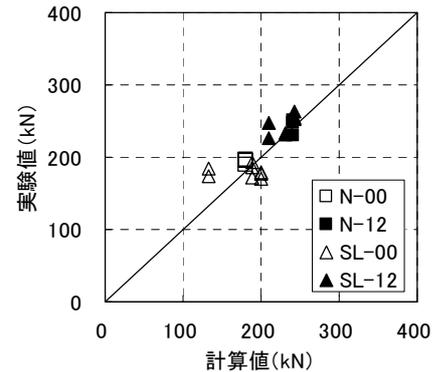


図-6 せん断耐力評価(提案式)