

鋼繊維補強軽量 2 種コンクリート RC はりのせん断耐力評価

九州大学大学院 学生会員 ○崔智宣 園田崇智 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. 背景および目的

軽量 2 種コンクリート（以下，SL）は粗骨材に加え細骨材の全てまたは一部にも人工軽量骨材を用いたコンクリートである．普通コンクリート（以下，N）を軽量化すると引張，せん断強度が低下するため，短繊維による補強が有効であり，架橋効果によって引張，せん断強度および靱性向上の効果が期待できる．しかしながら，せん断耐力の定量的な評価方法は報告されていない．また，軽量化と繊維混入の二つの要素があるため，現在の算定方法では対応できない状況である．そこで本研究では，強度特性に優れる鋼繊維を対象に鋼繊維混入率（以下，混入率）を考慮して提案した強度評価式¹⁾を用いて，鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートはりに対応したせん断耐力式を提案した．

2. 試験概要

表-1 に示すようにコンクリートの種類を N，SL，混入率を 0，1.2%，せん断補強筋の有無をパラメータとした RC はり載荷実験を行った．表-2 に配合表を示す．セメントは普通ポルトランドセメント，粗骨材および細骨材は全て人工軽量骨材を使用し，短繊維は直径 0.62mm，長さ 30mm のフックエンド型の鋼繊維を使用した．試験体は図-1 に示すような RC はりとし，SD345 の D22 を引張側に 3 本，D10 を圧縮側に 3 本配置した．せん断補強筋としては SD295 の D6 を有効高さの 1/2 の間隔で配置した．

3. せん断耐力の評価

図-2 に荷重-変位関係の一例を示す．同図より繊維補強なしタイプは変位 2mm 程度で荷重が若干低下し，せん断ひび割れが見られた．しかし，繊維補強した場合は最大

荷重に到達するまで荷重が低下せず，荷重の増加とともに変位が増加する．また，最大荷重到達後，せん断破壊により荷重が低下するが，ある程度の荷重を保持したまま変位が増加することがわかる．表-3 に試験結果を示す．はりの試験体を作成する際，コンクリート標準示方書に従い，圧縮，割裂引張試験をそれぞれ 3 本ずつ行った．単位容積質量について，N は 2.33～2.39g/cm³，SL は 1.56，1.65g/cm³ であり，N に比べて SL は非常に軽いことがわかる．圧縮強度は 40N/mm² と一定になるように配合設計したが，SL-12 は 26.2N/mm² とかなり小さい値となった．これは打設時の空気量が大きくなったためである．また，ほとんどの試験体がせん断破壊したが，N-12-SS，SL-12-SS のタイプはせん断補強筋に加え繊維補強したため，せん断耐力が向上し曲げ

表-1 試験体

試験体	コンクリート種類	鋼繊維混入率 (%)	せん断補強
N-00-S	普通	0	—
N-00-SS			D6
N-12-S		1.2	—
N-12-SS			D6
SL-00-S	軽量2種	0	—
SL-00-SS			D6
SL-12-S		1.2	—
SL-12-SS			D6

表-2 配合表

試験体	水セメント比 (W/C)	kg/m ³							
		W	C	S	G	SP	AE	B	F
N-00-S,SS	50.0	213	427	870	862	1.08	1.00	0	0
N-12-S,SS	50.0	211	422	860	852	2.40	0	0	94.0
SL-00-S,SS	47.5	233	490	542	408	0	0	1.00	0
SL-12-S,SS	47.5	228	480	531	400	4.85	0	1.00	94.0

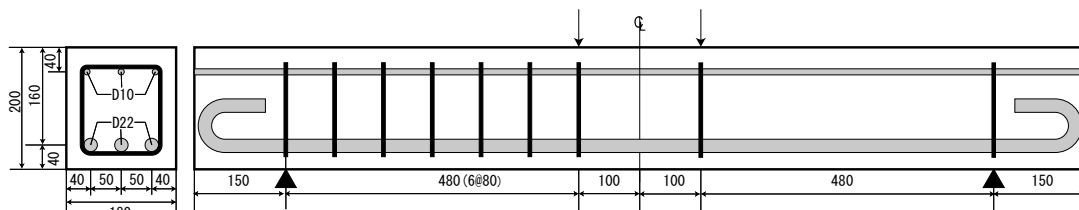


図-1 試験体寸法（左：SS，右：S，単位 mm）

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 はり，せん断耐力

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

せん断圧縮破壊は斜めひび割れが契機となるが、はり上縁部の圧縮コンクリートの圧縮破壊を主因とする破壊形式と定義した。

4. せん断耐力式の提案

コンクリート標準示方書³⁾で、RC はりのせん断耐力式はコンクリートが受け持つ V_c とスターラップが受け持つ V_s の和で評価されており、二羽ら²⁾が提案した算定式が基となっている。本研究では、はりのせん断耐力評価をする際、示方書式の基になっている二羽式を基準とした。式 (1) に二羽式²⁾を示す。

$$V_c=0.2f'_c{}^{1/3}(0.75+1.4d/a)(\beta_d+\beta_p+1)b_wd \quad (1)$$

ここで、 V_c : コンクリートが負担するせん断耐力 (N)

a : はりのせん断スパン長さ (mm) d : はりの有効高さ (mm)

$\beta_d=(1/d)^{1/4}-1 (d\leq1.1) \beta_p=(100P)^{1/2}-1 (\leq0.732) b_w$: はりの幅 (mm)

$P=A_s/(b_w\cdot d)$: 主鉄筋比 (%) f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

しかし、二羽式は N のみを対象としている式であり、鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートは繊維補強および軽量化の二つを考慮する必要があるため、この式では算定できない。ここで、著者らが提案した強度評価式 (表-4)¹⁾を用いて軽量化および繊維補強に対応できる RC はりのせん断耐力式を検討した。強度評価式は圧縮強度 f'_c および鋼繊維混入率 V_{sf} がわかれば、引張、曲げ、せん断強度を求めることができる式である。二羽式に強度評価式による各タイプのせん断強度の比で表す係数 β を乗じることで評価した。式 (2) に提案する式を示す。

$$V_c=\beta 0.2f'_c{}^{1/3}(0.75+1.4d/a)(\beta_d+\beta_p+1)b_wd \quad (2)$$

ここで、 β は強度評価式から求めたせん断強度と強度評価式から求めた N-00 のせん断強度の比とする。

表-3 の結果を用いて、実験値と提案式で算定した結果との比較を図-3 に示す。N-00-S、SL-00-SS は実験値と計算値がほぼ一致し、N-00-SS は 20%程度安全側であった。SL-00-S、SL-12-S はばらつきが大きい、平均するとそれぞれ比が 1.15、1.38 となり、安全側であることがわかった。N-12-S は 0.88 となり危険側となったが、安全係数を考慮した場合、問題ないと考えられる。

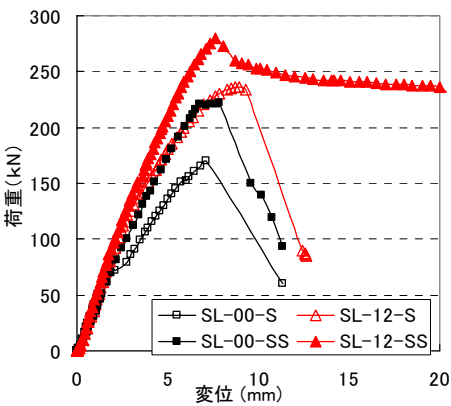


図-2 荷重-変位関係 (一例)

5. 結論

コンクリート種類、混入率、せん断補強筋有無をパラメータとした RC はり試験を行い、著者らが提案した強度評価式を用いて軽量化および繊維補強に対応したせん断耐力式を提案した結果、概ね評価できた。

参考文献

- 1) 崔智宣他：鋼繊維補強された軽量 2 種コンクリートの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
- 2) 二羽淳一郎他：せん断補強鉄筋を用いない RC 梁のせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第 372 号/V-5，pp.167-176，1986.8
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書[構造的な照査編]，2002.3

表-3 試験結果

タイプ	No.	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	単位容積質量 (g/cm ³)	曲げ耐力 (理論値) Pu(kN)	せん断耐力V		実験値 /計算値	破壊形式
						計算値	実験値		
N-00-S	1	35.6	3.09	2.24	233	119	121	1.01	斜め引張
	2						123	1.03	せん断圧縮
	3						111	0.93	斜め引張
N-00-SS	1	35.6	3.09	2.24	233	186	-	-	-
	2						226	1.21	せん断圧縮
	3						229	1.23	せん断圧縮
N-12-S	1	36.8	3.86	2.39	235	282	-	-	-
	2						248	0.88	せん断圧縮
	3						245	0.87	斜め引張
N-12-SS	1	32.5	3.84	2.35	232	-	276	1.19	曲げ
	2						280	1.21	曲げ
	3						266	1.15	曲げ
SL-00-S	1	40.3	1.89	1.65	241	148	202	1.36	斜め引張
	2						170	1.15	斜め引張
	3						141	0.95	斜め引張
SL-00-SS	1	40.3	1.89	1.65	241	215	225	1.05	斜め引張
	2						-	-	-
	3						222	1.03	斜め引張
SL-12-S	1	26.2	2.85	1.56	217	167	180	1.08	斜め引張
	2						237	1.42	斜め引張
	3						274	1.65	せん断圧縮
SL-12-SS	1	26.2	2.85	1.56	217	-	259	1.20	曲げ
	2						280	1.29	曲げ
	3						-	-	-

表-4 強度評価式

種類		強度評価式	決定係数 R ²	適用範囲	
				混入率 %	圧縮強度 N/mm ²
N	引張	$f_t = (0.068 \times V_{sf} + 0.268) \times f'_c{}^{2/3}$	0.667	0 ~ 1.2	21.7 ~ 45.3
	曲げ	$f_b = (0.199 \times V_{sf} + 0.523) \times f'_c{}^{2/3}$	0.456		28.6 ~ 45.3
	せん断	$f_{cv} = (0.170 \times V_{sf} + 0.429) \times f'_c{}^{2/3}$	0.533		32.5 ~ 45.3
SL	引張	$f_t = (0.119 \times V_{sf} + 0.202) \times f'_c{}^{2/3}$	0.805		20.1 ~ 48.0
	曲げ	$f_b = (0.258 \times V_{sf} + 0.322) \times f'_c{}^{2/3}$	0.624		25.1 ~ 48.0
	せん断	$f_{cv} = (0.135 \times V_{sf} + 0.306) \times f'_c{}^{2/3}$	0.696		25.1 ~ 47.3

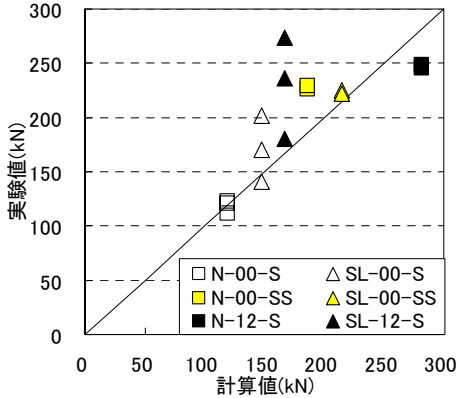


図-3 実験値と計算値の比較