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 田北 翔 九州大学大学院 正会員 山口浩平 九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 九州大学大学院 学生会員 崔 智宣 九州大学大学院 非会員 柴田博之

1.目的

近年,コンクリート構造物における自重の軽減,断面および施工の簡略化の必要性が高まっている.その改善手法の一つとして軽量コンクリートの適用が検討されている.軽量コンクリートは骨材自体の強度が低いため,普通コンクリートと比較して一部の強度特性が劣るが,鋼繊維など短繊維を混入することにより性能が向上することが確認されている.しかし,鋼繊維補強軽量2種コンクリートを用いたRCはりのせん断耐力評価方法についてはほとんど報告されていない.

これまで著者らは鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートの引張軟化特性の把握¹⁾,各種強度評価式およびそれを用いたRCはりせん断耐力評価式の提案²⁾を行ってきた.本研究ではこれらの結果を踏まえて鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートを用いた RC はりせん断実験およびFEM 解析を行い,引張軟化曲線および提案した RC はりせん断耐力評価式の適用性を検討した.

2.RC はりせん断実験

2.1 供試体概要

表 - 1 に供試体緒元,図 - 1 に供試体概略図を示す. 供試体は a/d=3.0 とする単純 RC はりとし,パラメータ はコンクリート種類および鋼繊維混入率とした.

使用したコンクリートの力学特性を表 - 2 に示す. N-00, N-12 は主筋として D22 (降伏強度 386N/mm², 引張強度 565N/mm²), 圧縮筋として D10 (降伏強度 354N/mm², 引張強度 502N/mm²),補強筋として D6 (降伏強度 344N/mm², 引張強度 486N/mm²)を配置した. SL-00,SL-12 は主筋に D25 (降伏強度 389N/mm², 引張

強度 547N/mm²),圧縮筋に D19(降伏強度 407N/mm², 引張強度 566N/mm²),補強筋に D6(降伏強度 303N/mm², 引張強度 544N/mm²) を配置した.

2.2 せん断耐力評価方法

本研究で用いた評価式を式(1),(2)に示す.本評価式は九州大学における研究 2 により提案した評価式であり,二羽式 3)を基にした評価式である.軽量 2 種コンクリートの使用および鋼繊維補強がコンクリートのせん断強度に影響を与えることに着目し,二羽式においてコンクリートのせん断強度を表す 2 0.20 f'_c 1/3 に,提案したせん断強度評価式を用いた係数 2 6 を乗じることにより評価するものである.

2.3 結果および考察

荷重 - 変位関係を図 - 2 に示す . N , SL-00 は最大荷重到達後急激に荷重が低下したのに対し , N , SL-12 は最大荷重到達後急激に荷重が低下せず , 徐々に変位が増大した . これは繊維補強により靭性が向上したためである . 図 - 3 にひび割れ状況を示す . いずれのタイプもひび割れは支点と載荷点とを結ぶ線上中央付近で発生し , それが支点および載荷点に向かって進展することにより破壊に至った .

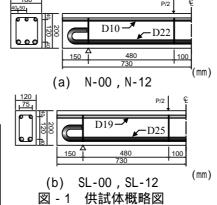
各タイプの最大荷重を表 - 3 に示す .破壊形式が異なる供試体は破壊形式ごとに分けて算定値と比較した . 普通 , 軽量 2 種ともに鋼繊維混入による最大荷重の上昇が確認できた . 実験値と算定値とを比較すると , 斜め引張破壊した供試体は提案した評価式により評価可能であったが , せん断圧縮破壊した供試体は安全側に評価しており , 別途検討が必要である .

表 - 1 供試体緒元

Туре	コンクリー ト種類	a/d	鉄筋	鋼繊維 混入率
N-00	普通	3	3-D22	0%
N-12	自坦			1.2%
SL-00	軽量2種		2-D25	0%
SL-12	半土 里 4作里			1.2%

表 - 2 コンクリートの力学特性

Туре	種類	鋼繊維	強度(N/mm²)		ヤング係数
		混入率	圧縮	引張	(kN/mm^2)
N-00	普通	0%	35.6	3.09	28.0
N-12		1.2%	36.8	3.86	30.6
SL-00	軽量	0%	40.8	1.85	15.8
SL-12	2種	1.2%	43.5	3.55	15.9

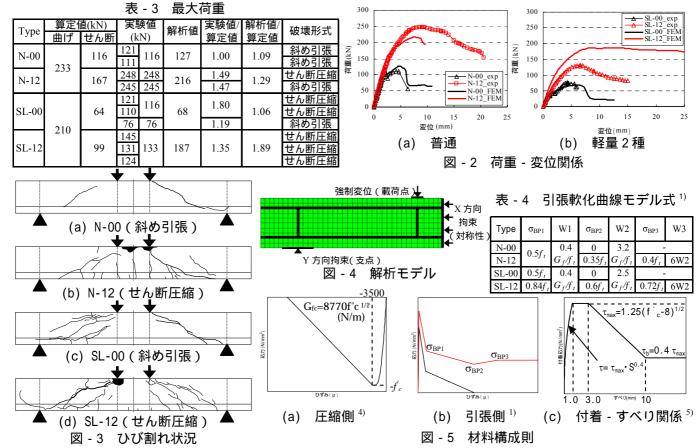


 $V_{c} = \alpha \cdot 0.20 f_{c}^{1/3} \cdot p_{v}^{1/3} \cdot d^{-1/4}$ $(0.75 + 1.4/(a/d)) \cdot b_{w} \cdot d \qquad (1)$

$$\alpha = \frac{0.141V_f + 0.396}{0.396}$$
 (普通)

$$\alpha = \frac{0.122V_f + 0.285}{0.396}$$
 (軽量 2 種) (2)

 f_c' : コンクリート圧縮強度 (N/mm^2) , p_v : 引張鉄筋比(%), a: せん断スパン(mm), d: 有効高さ(mm), b_w : ウェブ幅(mm), V_f : 鋼繊維混入率(%)



<u>3.FEM 解析</u>

3.1 FEM 解析概要

図 - 4 に解析モデルを示す.コンクリートは4節点平面応力要素,主筋および圧縮筋はトラス要素,補強筋は埋込鉄筋要素を用いた.また,支点および載荷点は実験と同様の支圧板および載荷板を剛体として定義した.図 - 5 に材料構成則を示す.コンクリート引張側は表-4 に示す引張軟化曲線モデル式を用いて定義した.ひび割れモデルには回転ひび割れモデルを用いた.鉄筋は降伏強度到達後応力一定となるバイリニアモデルとし,Von Mises の降伏条件を用いた.

3.2 解析結果

表 - 3 に解析における最大荷重および実験値との比較を , 図 - 2 に解析における荷重 - 変位関係を実験値 , 算定値と比較して示す . N-00 および SL-00 は斜めひび割れひずみの拡大によって荷重が低下する斜め引張破壊であり , 実験における挙動および最大荷重を再現できた . 一方 , N-12 および SL-12 は最大荷重到達後徐々に荷重が低下するせん断圧縮破壊であった . N-12 は210kN 付近において載荷点が圧壊し , 解析における最大荷重は実験値よりも小さい値となったが , 挙動および破壊形式が実験と一致していることから , 実験を概ね再現できたといえる . SL-12 は最大荷重 , 剛性ともに実験値と比較して大きくなった . しかし , SL-00 と比較

して耐力は増加しており、繊維混入による耐力の増加は確認できた、普通コンクリートにおいても繊維混入による耐力の増加および挙動が再現できていることから、定義した引張軟化曲線を用いることで、FEM 解析においても鋼繊維補強の効果を再現可能であることがわかった。

4.まとめ

- (1) RC はりせん断実験により,鋼繊維補強による耐力および靭性の向上を確認できた.
- (2)斜め引張破壊した供試体は,提案したせん断耐力評価式により評価可能であった.
- (3) 非線形 2 次元解析においても,引張軟化曲線を用いて材料定義することで鋼繊維補強による耐力の向上を確認できた.

謝辞

本研究は太平洋マテリアル株式会社より使用材料を提供して頂きました.ここに謝意を表します.

参考文献

1) 崔智宣,山口浩平,日野伸一:鋼繊維補強された軽量 2 種コンクリートの引張軟化特性,コンクリート工学年次論文集,Vol.31,pp.1327-1332,2009,2) 崔智宣,山口浩平,日野伸一,園田崇智: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に関する一考察,コンクリート工学年次論文集,Vol.32,pp.1273-1278,2010,3) 二羽淳一郎,山田一宇,横沢和夫,岡村甫:せん断補強筋を用いないRC はりのせん断強度式の再評価,土木学会論文集、No.372、N-5,pp.167-176,1986.8,4) 山谷敦,中村光,檜貝勇:回転ひび割れモデルによる RC 梁のせん断挙動解析,土木学会論文集,No.620,V-43,pp.187-199,1999.5,5) CEB-FIP Model Code 1990, Thomas Telford,1990