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	ЩĽ	コ浩平
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	柴日	日博之

<u>1.目的</u>

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.

<u>2.RC はりせん断実験</u>

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

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	並涌	3	3-D22	0%
N-12	自坦			1.2%
SL-00	収号の話		2 D25	0%
SL-12	¥± 里 41里		2-025	1.2%

表 - 2	コンクリ	ートの力学特性
-------	------	---------

Tuno	括 粘	鋼繊維	強度(N/mm ²)		ヤング係数
туре	个里犬只	混入率	圧縮	引張	(kN/mm^2)
N-00	並涌	0%	35.6	3.09	28.0
N-12	百世	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



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 0.20f^{*}_c^{1/3} に,提案し たせん断強度評価式を用いた係数α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.

$$V_{c} = \alpha \cdot 0.20 f_{c}^{+1/3} \cdot p_{v}^{+1/3} \cdot d^{-1/4}$$

$$(0.75 + 1.4/(a/d)) \cdot b_{w} \cdot d \qquad (1)$$

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

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

ただし .

 $f'_c: コンクリート圧縮強度(N/mm²), <math>p_v: 引張$ 鉄筋比(%), a: せん断スパン(mm), d: 有効 $高さ(mm), <math>b_w: ウェブ幅(mm), V_f: 鋼繊維混$ 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.

<u>4.まとめ</u>

(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,V-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