

第V部門

DFRCCで補強したRC柱における正負交番載荷時のせん断耐力に関する実験的研究

大阪市立大学 学生員 ○米良 日菜
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

大阪市立大学大学院 学生員 公文 裕之
 大阪市立大学大学院 毛 傑

1. はじめに

著者らは RC の補修・補強材料として高靱性繊維補強セメント複合材料 (DFRCC) に着目してきた。これは、引張靱性の向上や複数微細ひび割れによるひび割れ幅の低減効果がある。既往研究¹⁾では RC 梁に対してのせん断補強効果を明らかにし、式(1)に示す耐力算定式を提案した。

$$V_{u0} = V_c + V_s + V_t + V_w \quad (1)$$

- V_{u0} : DFRCC 補強後のせん断耐力(kN)
- V_c : コンクリートが受け持つせん断耐力(kN)
- V_s : せん断補強筋が受け持つせん断耐力(kN)
- V_t : ウェブ部補強による引張抵抗増分(kN)
- V_w : ウェブ部補強によるせん断耐力増分(kN)

これは一方向漸増載荷時のみの検討であるが、実構造物では地震時のような正負交番荷重が作用する。図1に示すように、RC 部材が交番載荷を受けると V_c が減少し曲げ降伏後のせん断破壊が起こりうるため、低下後の耐力は $\alpha V_c + V_s$ (α : 低減係数) と算定されている²⁾。しかし、DFRCC 補強時のせん断耐力低下特性に関する研究は少ない。

既往研究³⁾において、DFRCC で側面補強した RC 柱と V_s のみを増加させた同等の V_u (同等の V_c) を持つ

RC 柱に対して正負交番載荷試験を行った結果、図2に示すように同程度の変形性能を示し曲げ降伏後のせん断破壊となったため、 V_c のみの低下が生じたと考えられる。しかし、 V_t , V_w の低下特性や設計時の低減係数の扱いについては明らかになっていない。そこで本研究では、DFRCC で補強した RC 柱の正負交番載荷試験を行い、補強部のせん断耐力低下特性に関する基礎資料を得ることを目的とする。

2. 試験概要

供試体概要を図3、材料試験結果を表1、DFRCC の一軸引張試験結果を図4に示す。補強方法をパラメータとし、①30mm 補強体、②60mm 補強体の2種類で試験を行った。①は断面寸法 300mm×300mm の RC 柱の載荷直角方向の2側面にそれぞれ厚さ 15mm、計 30mm の DFRCC 補強を行った供試体で、②は①の補強厚を2倍にしたものである。①より補強時の耐力低下特性の検討、①と②の比較より補強厚による影響を検討する。また、RC 柱単体のせん断耐力の確認のため、基準供試体も作製した。計測項目は荷重、変位、主鉄筋ひずみ、せん断補強筋ひずみである。載荷は上方向を正とし、変位を概ね $0.5\delta_y$ 増加させながら3回の繰り返し正負交番載荷を行った。

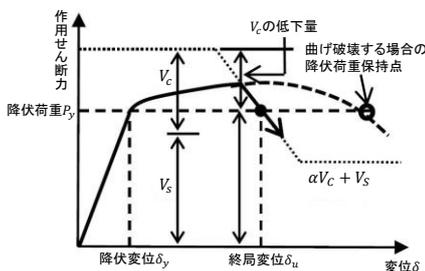
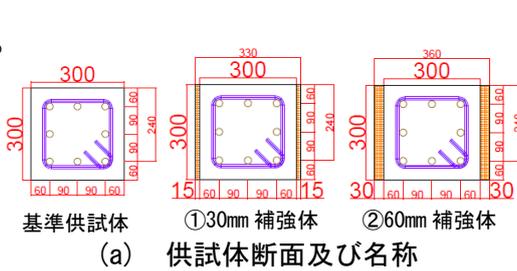
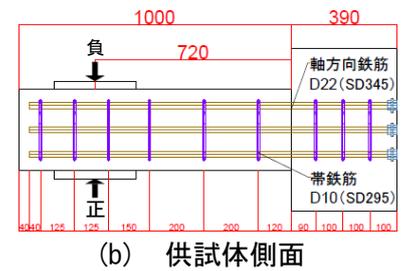


図1 せん断耐力低下の概念図



(a) 供試体断面及び名称



(b) 供試体側面

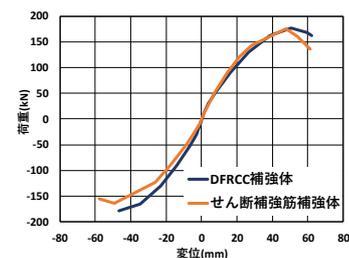


図2 既往研究結果(包絡線)³⁾

表1 材料試験結果

材料	供試体	圧縮強度 N/mm ²	降伏強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²
コンクリート	30mm補強体	34.9	2.71	2.71	30.7
	60mm補強体	36.9	2.62	2.62	29.8
DFRCC	30mm補強体	58.9	4.09	4.09	24.3
	60mm補強体	59.3	3.78	3.78	23.1
主鉄筋	全供試体		375	569	193
		せん断補強筋		340	494

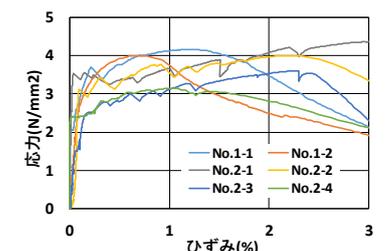


図4 DFRCC 一軸引張試験結果

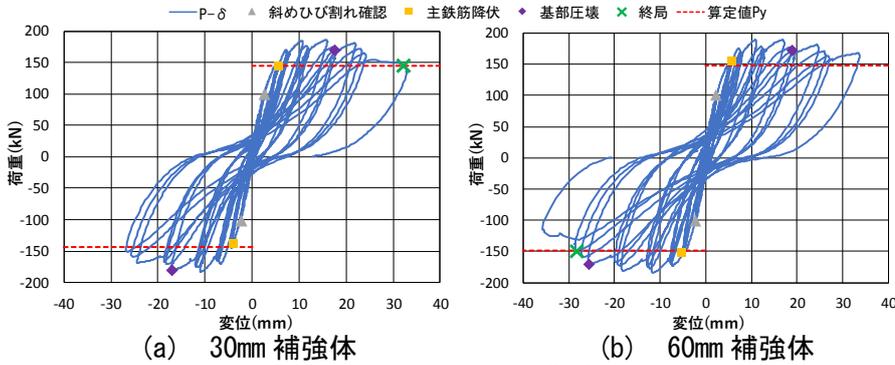


図5 P-δ履歴曲線

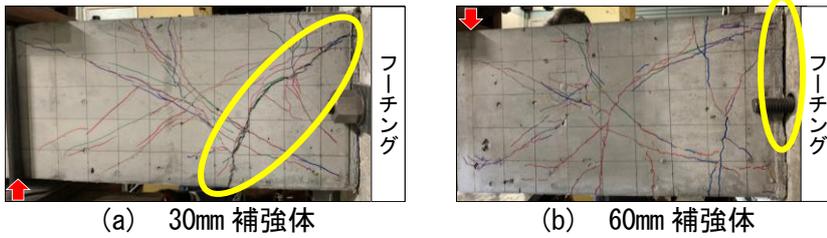


写真1 終局時側面

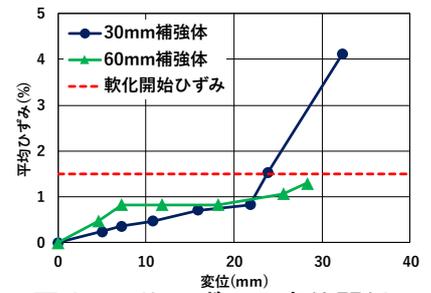


図6 平均ひずみ-変位関係

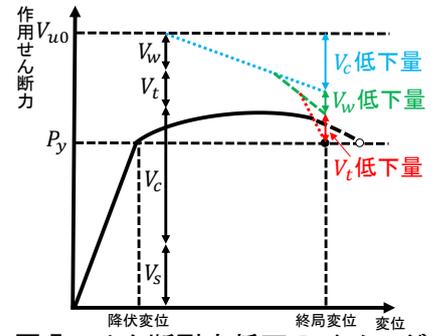


図7 せん断耐力低下のイメージ

表2 低減考慮のせん断耐力(α = 0.6)

供試体	通常のせん断耐力					低減考慮のせん断耐力					降伏 Vu/Py	破壊形式の判定	
	内訳		せん断			内訳		せん断					
	Vc	Vs	Vt	Vw	Vu0	αVc	Vs	αVt	αVw	Vu			Py
30mm補強体	113.7	50.6	22.7	17.3	204.3	68.2	50.6	13.6	10.4	142.8	144.0	0.99	曲げ降伏後のせん断破壊
60mm補強体	113.1	50.6	36.2	21.8	221.7	67.8	50.6	21.7	13.1	153.3	148.1	1.04	曲げ破壊

3. 試験結果

3.1 破壊性状

試験結果を図5, 写真1に示す. 2体とも基部の損傷や軸方向ひび割れを伴いながら変位進展し, 30mm補強体は降伏後繰返し16回で斜めひび割れが増大し曲げ降伏後のせん断破壊, 60mm補強体は15回で曲げ破壊となった.

3.2 低下のメカニズム

図4よりDFRCCの応力は1.5%程度のひずみから軟化開始することから, 補強部のひずみも同程度となるとVtが低下し始めると考えられる. そこで図6にひび割れ幅から推定した平均ひずみと変位の関係を示す. 曲げ破壊となった60mm補強体は1.5%までは増大しておらず, Vtの低下が生じていないと考えられる. 一方, 30mm補強体は終局時の前の変位段階での繰返し時に1.5%以上となり, そのサイクルからVtが低下し始めたと考えられる. よって, せん断耐力低下のメカニズムは, まず繰返し载荷による圧縮域の減少によりVcが低下し, 斜めひび割れの進展・開口に伴って骨材かみ合わせ効果の増分であるVwが低下し, ひび割れがさらに開口し軟化開始点のひずみに達するとVtが低下すると考えられる. せん断耐力低下のイメージを図7に示す.

3.3 低減係数の扱い

道路橋示方書に準拠し, $V_u = \alpha(V_c + V_t + V_w) + V_s$, $\alpha = 0.6$ としたせん断耐力を表2に示す. ただし, Vcは基準供試体の耐力より求めた. $P_y \leq V_u$ であれば曲げ破壊, $V_u \leq P_y \leq V_{u0}$ であれば曲げ降伏後のせん断破壊と判定でき, 実験時の破壊形式と適合した.

4. 結論

- 1) 本試験で曲げ降伏後のせん断破壊となった30mm補強体では, Vtが終局直前の段階から低下していることが確認でき, 正負交番载荷時のせん断耐力はVc, Vw, Vtの順に低下していくと考えられる.
- 2) 本試験においては, Vc, Vt, Vw全てに低減係数α = 0.6を考慮することで, 正負交番载荷時の破壊形式を判定できた.

参考文献

- 1) 大宅, 角掛, 公文: DFRCCを用いた斜め引張破壊型RC梁へのせん断補強特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.1111-1116, 2017
- 2) 社団法人日本道路協会: 2017年制定道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 2017
- 3) 八尋: DFRCCによりせん断補強したRC柱の正負交番载荷試験, 大阪市立大学工学部都市学科, 学士論文, 2018