

PVA 短繊維混入 RC 柱の水平交番載荷実験

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○栗橋祐介 (独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 田口史雄
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光 三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

1. はじめに

本研究では、PVA 短繊維混入による RC 柱の靱性能向上効果に関する基礎的資料の収集を目的に、PVA 短繊維の体積混入率(以後、短繊維混入率 V_f) を 0~3% に変化させた RC 柱の水平交番載荷実験を実施した。

2. 実験概要

本研究に用いた試験体は、短繊維混入率 V_f を 4 種類 ($V_f = 0, 1, 2, 3\%$) に変化させた全 4 体の RC 柱である。試験体名は、英文字の V と短繊維混入率 V_f (%) の組み合わせにより示している。図-1 には、試験体および載荷装置の概要を示している。本実験に用いた試験体は、断面寸法が 25 × 25 cm、柱部の高さが 1 m の単一 RC 柱である。軸方向鉄筋には、SD295D13 を 12 本用いており、軸方向鉄筋比は 2.43% である。軸方向鉄筋の降伏強度は 387 MPa であった。実験は、所定の軸力を作用させながら水平荷重を作用させる形で実施した。なお、軸力は 1 MPa (62.5 kN) とした。本実験では、主鉄筋の降伏変位を δ_y として、変位振幅を $1\delta_y, 2\delta_y, \dots$ と漸増させて正負方向に繰り返し載荷を行った。各変位振幅における繰り返しサイクル数は 3 回とした。載荷は、各変位振幅における 1 サイクル目の荷重が主鉄筋降伏荷重 P_y を下回るまで実施している。測定項目は、水平荷重と載荷点変位および主鉄筋ひずみである。

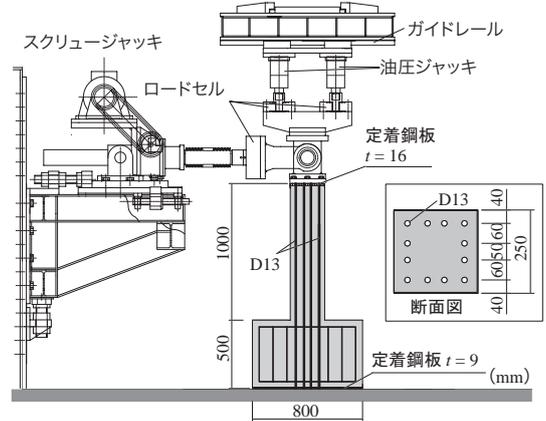


図-1 試験体および載荷装置の概要

表-1 コンクリートの配合一覧

V_f (vol. %)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤		圧縮 強度 (MPa)
		W	C	S	G	高性能減水剤 (C × %)	増粘剤 (W × %)	
0	48	162	337	887	1015	-	-	48.5
1	50	170	338	1150	729	1.13	0.05	49.2
2	50	190	378	1134	657	1.41	0.15	47.6
3	50	210	426	1115	582	1.82	0.40	47.9

表-1 には、各コンクリートの示方配合を示している。また、PVA 短繊維には、直径および長さがそれぞれ 0.66, 30 mm、弾性係数および引張強度がそれぞれ 29.4, 0.88 GPa のものを用いた。

3. 実験結果

3.1 RC 柱の荷重-変位関係

図-3 には、各 RC 柱の荷重-変位履歴曲線を示している。図より、V0 試験体の場合には、変位振幅 $4\delta_y$ までは各変位振幅における最大荷重の低下は見られず、 $5\delta_y$ の 1 サイクル目において荷重が若干低下し、2 サイクル目の負荷荷時に荷重が急激に低下して終局に至っている。実験時には、基部近傍における斜めひび割れが軸方向鉄筋に沿う割裂ひび割れに連結し大きく開口する形でせん断破壊に至った。V1 試験体の場合には、変位振幅 $2\delta_y$ における最大荷重が V0 試験体のそれよりも大きいものの、それ以降の載荷では各変位振幅における最大荷重が徐々に低下している。これは、変位振幅 $2\delta_y$ において、短繊維の架橋効果により耐力が増大するものの、その後基部コン

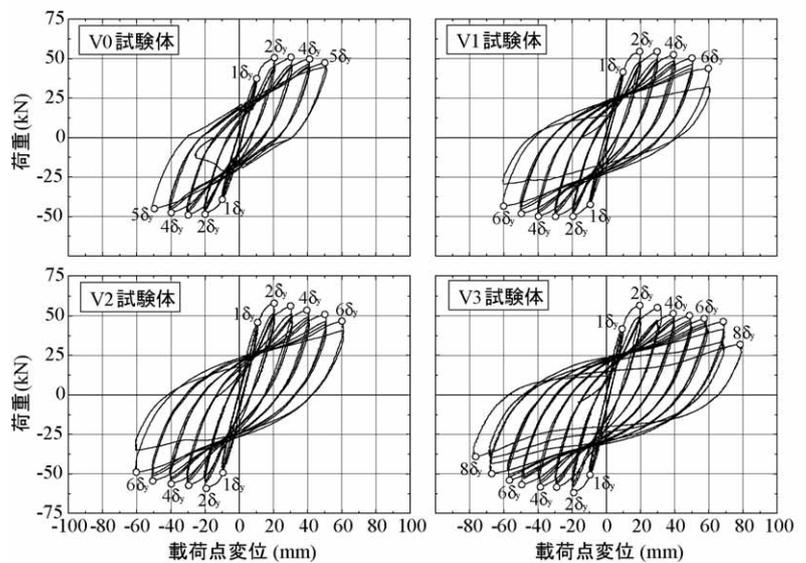


図-2 各試験体の荷重-変位履歴曲線要

キーワード：PVA 短繊維, RC 柱, 正負交番載荷実験, 靱性能

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3 (独) 土木研究所寒地土木研究所 TEL 011-841-1719, FAX 011-837-8165

クリートの圧壊とひび割れの開口に伴う短繊維の破断および抜け出しが生じたためと考えられる。ただし、最大変位振幅は V0 試験体の場合よりも大きい。これは、短繊維の混入によって斜めひび割れや割裂ひび割れが抑制されたことによるものと考えられる。

V2 試験体の場合は、V1 試験体の場合よりも変位振幅 $2\delta_y$ における最大荷重が大きく示されているものの、最大変位振幅はほぼ同等である。また、V3 試験体の場合には、変位振幅 $2\delta_y$ における最大荷重および最大変位振幅が最も大きい。これは、短繊維混入率 V_f の増加に伴って基部の曲げ耐力が大きくなるとともに、軸方向鉄筋の座屈が抑制されてエネルギー吸収性能が向上したことによるものと考えられる。

図-4 には、各試験体の累積履歴吸収エネルギーを比較して示している。累積履歴吸収エネルギーは、各サイクル毎にヒステリシスループ内の面積を算出し、累積することによって求めている。図より、変位振幅が $4\delta_y$ までは、いずれの試験体の履歴吸収エネルギーも同様の増加傾向を示していることが分かる。しかしながら、それ以降の変位振幅に関しては、短繊維混入率 V_f が大きい場合ほど RC 柱が最大変位振幅が大きいため、累積履歴吸収エネルギーが増大しており、V0 試験体に比較して V1/2 試験体の場合には 2 倍、V3 試験体の場合には 3.5 倍程度大きくなっている。

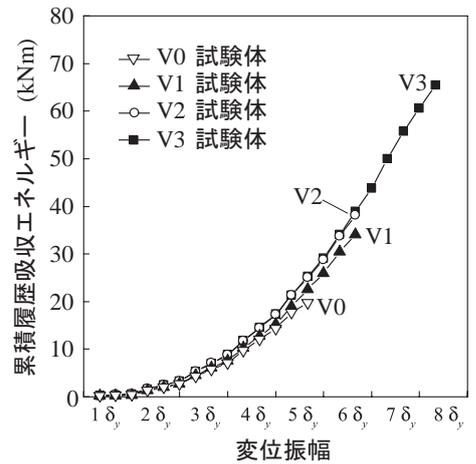


図-3 試験体および荷重装置の概要

3.2 短繊維混入による靱性能向上効果の検討

表-2 には、短繊維混入コンクリートの残存引張強度および RC 柱の最大荷重、計算曲げ耐力、計算せん断耐力、せん断余裕度の一覧を示している。ここで、残存引張強度は、短繊維混入コンクリートがひび割れ発生後において保持する引張強度であり、短繊維の架橋効果を評価する値である。計算曲げ耐力 P_{uc} および計算せん断耐力のコンクリート分担分 V_c は、コンクリート標準示方書¹⁾に準拠して算出したものである。また、計算せん断耐力の短繊維分担分 V_f は、著者らの既往の研究²⁾で提案した式を準用して算出した。

$$V_f = b \times (z \tan \theta) \times f_v \quad (1)$$

ここに、 b :柱断面の幅、 $z = d/1.15$ 、 d :有効高さ、 f_v :短繊維混入コンクリートの残存引張強度、である。また、 θ は 45 度と仮定して V_f を算出した。表より、V0 試験体の場合

表-2 実験および計算結果の一覧

試験体名	短繊維混入率 V_f (%)	残存引張強度 f_v (MPa)	実測最大荷重 (kN)	計算せん断耐力 (kN)			計算曲げ耐力 P_{uc} (kN)	せん断余裕度
				コンクリート分担分 V_c	短繊維分担分 V_f	合計 V_{uc}		
V0	0	-	51.1	55.9	-	55.9	49.7	1.12
V1	1	0.60	54.6	56.1	27.4	83.5	49.8	1.68
V2	2	1.02	59.5	55.1	46.6	101.7	49.4	2.06
V3	3	1.69	62.2	55.8	77.2	133.0	49.7	2.68

には、計算せん断耐力 V_{uc} が 55.9 kN であり、計算曲げ耐力 P_{uc} を 1 割ほど上回る程度である。そのため、軸方向鉄筋は降伏に至るものの、その後の交番荷重により斜めひび割れや割裂ひび割れが発生・進展し、最終的にはせん断破壊に至ったものと考えられる。これに対し、短繊維を混入する場合には、短繊維混入率 V_f の増加とともに計算せん断耐力 V_{uc} が増大し、計算曲げ耐力 P_{uc} を大きく上回っている。このため、V1/2/3 試験体の場合には、大変形時においても斜めひび割れや割裂ひび割れが顕在化しなかったものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、PVA 短繊維の混入による RC 柱の靱性能向上効果を検討することを目的に、短繊維混入率 V_f を 0~3% に変化させた RC 柱の水平交番荷重実験を実施した。その結果、短繊維の混入により RC 柱基部の斜めひび割れや割裂ひび割れが抑制され、最大変位振幅や累積履歴吸収エネルギーが向上することが明らかになった。また、短繊維混入による RC 柱の靱性能向上効果には、RC 柱基部のせん断耐力の向上が密接に関連していることが明らかになった。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] , 2002.
- 2) 田口史雄, 岸 徳光, 三上 浩, 栗橋祐介：PVA 短繊維の架橋効果による RC 梁のせん断耐力向上効果, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.27, No.1, pp.283-288, 2005.