

高強度 SFRC 柱の構造性能に関する実験的研究

建築学専攻
建築構造システム研究

MJ22109 原田 岳信
指導教員 石川 裕次

1. はじめに

1990 年代以降から実用化が進められた超高層 RC 造建物では、その高さを実現するために Fc100 超の高強度コンクリートの実用化も進められてきた。これまでに鋼繊維によるせん断補強の効果が構造実験によって確認済みであったが、その効果を適正に評価できるせん断強度式は整備されていなかった。そこで、トラス・アーチ理論に基づくせん断強度式（鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針¹⁾以下、靱性指針式）に基づいて、高強度 SFRC 柱部材のせん断強度式²⁾を提案した。本実験では、提案式の妥当性の確認、および異なる鋼繊維種別の高強度 SFRC 柱のデータの蓄積のために実験的研究を実施した。

2. 試験体概要

表-1 に試験体諸元を、図-1 に試験体図を示す。各試験体はせん断破壊型として試験体の設計を行った。実験変数を以下に示す。

- (1) 鋼繊維混入率 ρ : 0.51, 1.02 [Vol.%]
- 鋼繊維 1 袋 20kg を基準に、コンクリート 1m³あたり 40, 80 [kg] 混入させることにより、鋼繊維混入率 $\rho=0.51, 1.02$ [Vol.%] とした。
- (2) 鋼繊維種別
- 鋼繊維両端部のフック形状が 1 段フックの Dramix®3D と 1.5 段の Dramix®4D を用いた。アスペクト比が同一の Dramix®4D 65/35 および Dramix®3D 65/35 の 2 種類に加え、端部のフック形状は 1 段フックでアスペクト比の小さい Dramix®3D 55/30 の計 3 種類を使用した。

3. 実験結果の検討

図-2 に各実験変数の包絡線荷重を示す。但し、縦軸はせん断力（実験値）を calQsu（コン

表-1 試験体諸元

試験体名	C4B305	C4B310	C4B311	C4B410
断面: B×D	250×250 [mm]			
M/QD	1.25			
pw [%]	0.45			
使用鋼繊維	3D 65/35	3D 65/35	3D 55/30	4D 65/35
鋼繊維混入率 [Vol. %]	0.51	1.02	1.02	1.02
主筋	12-D16 (SD685), pg=3.81% fy=723 [N/mm ²], Es=1.95×10 ⁵ [N/mm ²]			
f'c [N/mm ²]	98.5	96.3	95.8	94.0
Ec×10 ⁴ [N/mm ²]	4.21	4.08	4.05	3.88
軸力	0.25Bdf'c			

表記 横補強筋(SD685) fy=661 [N/mm²], Es=1.77×10⁵ [N/mm²]

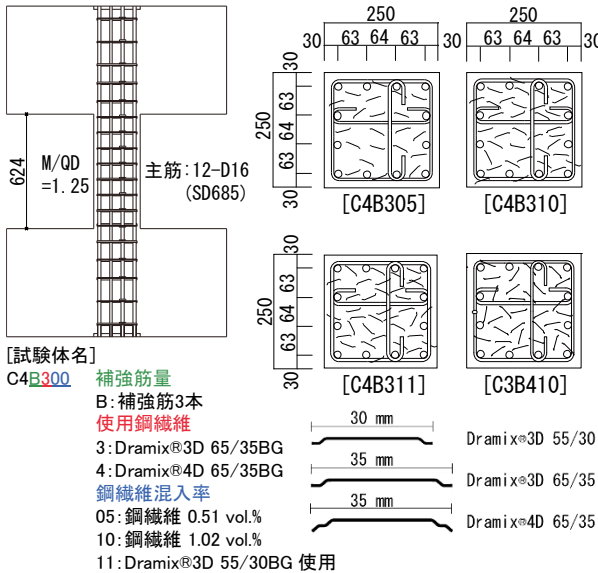


図-1 試験体図

クリートを、プレーンコンクリートとして靱性指針式¹⁾によって算定したせん断強度（計算値）で無次元化した値である。

- (1) 鋼繊維混入率：図-2(a) 参照
- Dramix®3D を用いて鋼繊維混入率 0.51% した C4B305 に比し、1.02% の C4B310 は、せん断強度が 7% 程度増加した。包絡線荷重においても初期変位から最大耐力に至る変形領域で、一定の耐力増加が確認された。
- (2) 鋼繊維種別：図-2(b) 参照
- Dramix®3D 繊維混入率 1.02% のアスペクト

比 55 の C4B310 に対して、アスペクト比 65 の C4B311 は、せん断強度が 3%前後の低下が確認された。また、鋼繊維の端部フック形状が 1 段の C4B310 と 1.5 段の C4B410 を比較すると、6%強のせん断強度に違いがあることが確認された。これは、工学的には有意な差であり、今後、実験データの蓄積と共に Dramix®3D（端部 1 段フック）と Dramix®4D（端部 1.5 段フック）では、その評価式に鋼繊維の形状を考慮した係数の導入に必要性があることが分かった。

4. 高強度 SFRC 柱のせん断強度の検討

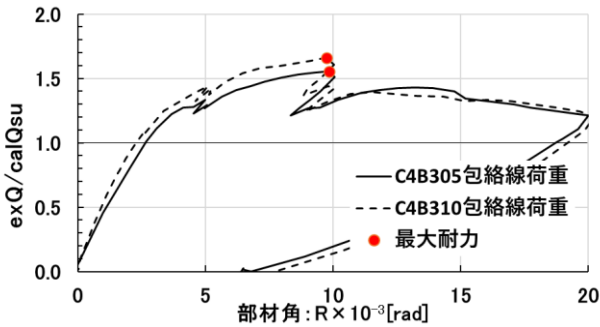
近年 4 つの実験シリーズによって得られた、合計 11 体の高強度 SFRC 柱のせん断強度を、表－2 に示す。得られた実験値を提案式²⁾によって平均値 1.134, 変動係数 3.77[%]で推定できることを確認した。この式精度は、文献 2) で推定した結果とほぼ同様であった。

ここで、提案式と既往のせん断強度式（靱性指針式¹⁾）の式精度の比較を改めて行った。靱性指針式の式精度は、実験値/計算値が平均値 1.28（変動係数 $v=15.0$ [%]）である。これを、正規分布を用いて図化したのが、図－3 である。実験値/計算値が 1.00 を下回る累積確率密度は、提案式が 0.08[%], 靱性指針式が 7.01[%]である。提案式は、実験値/計算値の平均値は靱性指針式に比べて小さいが、式精度が著しく高く、実験値/計算値が 1.00 を下回る不良率には大きな違いがあり、提案式の式精度が既往の設計式以上であることを、改めて確認することが出来た。

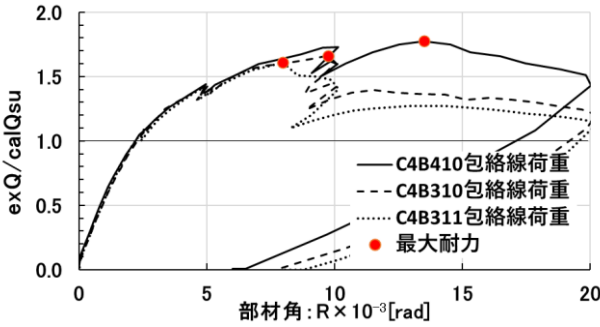
5. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- 1) 鋼繊維混入率および鋼繊維種別（アスペクト比・端部フック形状）により、せん断強度に違いがあることを確認した。
- 2) 高強度 SFRC 柱のせん断強度式として著者らが提案している式²⁾は、既往のせん断強度式（靱性指針式¹⁾）に比し著しく高い推定精度を有していることを確認した。



(a) 実験変数：鋼繊維混入率： ρ [Vol. %]



(b) 実験変数：鋼繊維種別

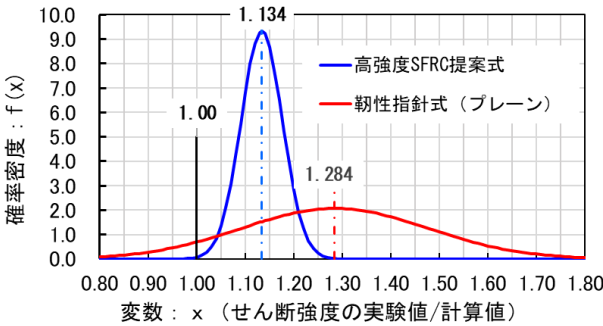
図－2 実験変数に基づく包絡線荷重の比較

表－2 高強度 SFRC 柱のせん断強度一覧

	鋼繊維	f_c [N/mm ²]	ρ [Vol%]	exQmax	dVsf	exQmax/dVsf
C2A407	4D 65/35	125.8	0.75	806	674	1.20
C2A410		122.2	1.02	796	725	1.10
C2B410		129.0	1.02	761	671	1.13
C2C410		131.0	1.02	677	601	1.13
C3B405		151.1	0.51	681	592	1.15
C3B407		151.9	0.76	725	662	1.10
C3B410		137.1	1.02	778	694	1.12
C3B411		148.1	1.02	811	752	1.08
C4B305	3D 65/35	98.5	0.51	592	483	1.23
C4B310	3D 65/35	96.3	1.02	627	579	1.08
C4B410	4D 65/35	94.0	1.02	664	572	1.16

表記 exQmax[kN]:実験値
dVsf[kN]:提案式

平均値: $\bar{x}$ 1.134
標準偏差: σ 0.043
変動係数: v [%] 3.77



図－3 式精度の比較

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説・日本建築学会，1997.7
- 2) 中川晴日，石川裕次：高強度鋼繊維補強コンクリート柱のせん断強度に関する研究，構造工学論文集 Vol.69B，2023. 4, pp281-293