

V - 153 アラミド繊維スパイラル筋を用いた横拘束コンクリートの耐荷性状

京都大学 正員 〇服部篤史 西日本旅客鉄道 正員 堀井義浩
 京都大学 正員 井上 晋 正員 宮川豊章 正員 藤井 学

1.はじめに 連続繊維スパイラル筋で横拘束したコンクリート(連続繊維横拘束コンクリート)については、連続繊維補強材が普通鋼材と大きく異なる引張性状を示すこと、また矩形スパイラルにおいては隅角部が弱点となることなどから、その耐荷挙動には不明な点が多く、部材設計に用いるには十分なデータが得られているとはいえない。また、連続繊維横拘束コンクリートを連続繊維PCはり部材の曲げ圧縮部に適用し、その塑性変形能の改善を試みる場合、横拘束筋としての連続繊維補強材の有効な利用方法を明らかにしておく必要がある。本研究では、アラミド繊維スパイラル筋により種々のレベルで横拘束したコンクリート短柱の一軸圧縮試験を行い、その耐荷挙動に関する基礎的データを得ることを目的とした。また、アラミド繊維スパイラル筋で曲げ圧縮部を横拘束した連続繊維PCはり部材を想定した曲げ解析を行い、若干の検討を行った。

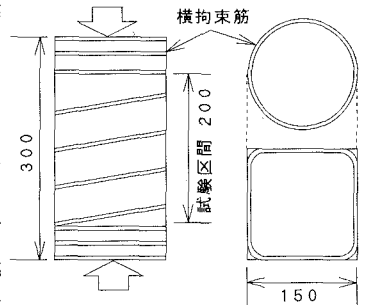


図1 供試体形状・寸法(単位:mm)

表1 試験要因

供試体形状	円柱($\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$), 角柱($150 \times 150 \times 300\text{mm}$)
コンクリート強度	$f_{cc}=40\text{MPa}, 60\text{MPa}$
横拘束筋種類および径	アラミド繊維スパイラル筋 $\phi 3, 4, 6\text{mm}$ 普通強度端部突合溶接型丸鋼フープ($f_{sy}=300\text{N/mm}^2$ 級) $\phi 6\text{mm}$ 高強度端部突合溶接型丸鋼フープ($f_{sy}=900\text{N/mm}^2$ 級) $\phi 6\text{mm}$
横拘束筋体積比	$\rho_s=0.4, 0.8, 1.6, 2.4\%$ および無拘束

2.実験概要 一軸圧縮試験供試体の形状・寸法を図1に、また試験要因を表1に示す。矩形スパイラル筋の隅角部内半径は20mmである。載荷方法は静的な一方向単調載荷とし、すべての供試体においてかぶりをなした。

3.実験結果および考察 いずれの供試体もほぼ試験区間で破壊が進行し、アラミド繊維スパイラル筋を用いたもののうち円柱ではほぼ全供試体で、角柱では $\rho_s=0.8 \sim 1.6\%$ の供試体の隅角部付近でそれぞれスパイラル筋が破断した。本実験で得られた応力-ひずみ曲線の一例を図2に示す。

アラミド繊維スパイラル筋を用いた供試体の最大応力(f_{cc})は、配筋によっては無拘束のものよりも低くなる傾向がみられた。この原因として、断面内に配置されたアラミド繊維スパイラル筋が繊維直角方向の応力を負担にくく、断面の欠損となることが考えられる。同じ ρ_s 、 ϕ の鋼材を用いた供試体と比較した場合、最大応力時ひずみ(ϵ_{cc})に顕著な差はみられなかった。

ϵ_{cc} 以降における耐荷性状を表す指標として、応力降下勾配 θ を用いた。 θ は応力-ひずみ曲線において f_{cc} 点からほぼ直線的に降下すると見なせる範囲で決定した。アラミド繊維スパイラル筋を用いた場合も、 ϕ が小さいほど、 ρ_s が大きいほど θ の絶対値が小さくなる傾向がみられ、良好な圧縮性状が得られるようになって

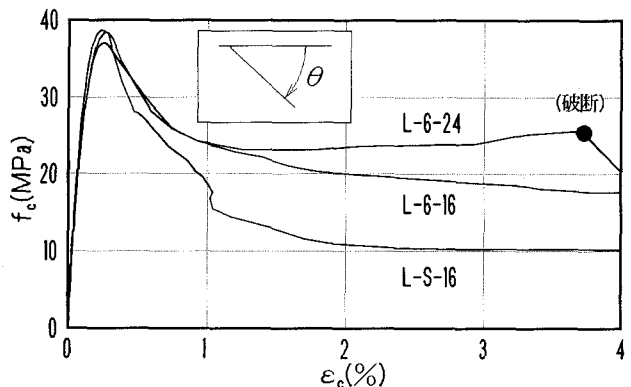


図2 応力-ひずみ曲線(角柱)

(供試体) L: $f_{cc}=40\text{MPa}$ 6,S: $\phi 6\text{mm}$ アラミド繊維スパイラル筋, $\phi 6\text{mm}$ 普通強度丸鋼フープ
 16,24: 横拘束筋体積比 $\rho_s=1.6, 2.4\%$

た。しかし、応力－ひずみ曲線から、アラミド繊維スパイラル筋による横拘束効果を鋼材と比較すると、 ε_{cc} 直後よりもむしろ $\varepsilon_s=1\%$ 程度以降の大きなひずみレベルで現れていることが認められる。これは、鋼材が降伏により負担応力が上昇しないのに対し、アラミド繊維スパイラル筋は直線的に増大しうするためであると考えられるが、このことから θ では大きなひずみレベルで発揮されるアラミド繊維スパイラル筋特有の横拘束効果の評価には不十分であると考えらる。

部材のじん性を評価するためには、その終局時を明らかにしておくことが必要である。曲げ圧縮破壊となる連続繊維PCはり部材においては、部材としての終局時はコンクリートそのものの終局時と深く関わっている。ここではアラミド繊維横拘束コンクリートの終局ひずみを(1)応力降下時で $0.8f_{cc}$ となるひずみ(ε_{u8}) (2)平均圧縮応力の最大時のひずみ($\varepsilon_{k1k3max}$) (3)横拘束筋の破断時のひずみ(ε_{uf})の3つの方法で評価した。 ε_{uf} は、ほとんどの供試体において他の2つの値よりも大きな値となる。これらの値でアラミド繊維横拘束コンクリートの終局時を表す場合、 ε_{u8} や $\varepsilon_{k1k3max}$ よりも大きなひずみレベルでアラミド繊維スパイラル筋の横拘束効果が発揮されることを考慮すると、終局ひずみを横拘束筋の破断時ひずみと定義するのが適当であると考えられる。一方、すべての供試体において $\varepsilon_{u8} \approx \varepsilon_{k1k3max}$ となっており、表2に示すように、アラミド繊維スパイラル筋を $\rho_s \geq 1.6\%$ で配置した円柱供試体においては、 ε_{uf} もこれらとほぼ等しい値となる。この条件の供試体はじん性に富む圧縮挙動を示す反面、スパイラル筋の破断による非常に脆性的な破壊を呈したものである。したがって、鋼材を用いた横拘束コンクリートにおける ε_{u8} 点ではその後のひずみレベルでの耐力はかなり残存していることと照らし合わせれば、この条件では ε_{u8} を終局ひずみとする場合には十分な配慮が必要となるといえる。

アラミド繊維スパイラル筋が破断した供試体について、破断時までの横拘束によるコンクリートのひずみエネルギーの増加分をスパイラル筋が負担したものととして^[1]破断時のアラミド繊維スパイラル筋の負担応力を推定した結果、ばらつきはあるものの、 $r/\phi \geq 6.7$ (内半径20mm, ϕ 3mm)では平均引張強度^[2]の80%程度以上となり、直線材の引張強度をほぼ発揮していると考えられる。

アラミド繊維スパイラル筋で曲げ圧縮部を横拘束したアラミド繊維PCはり部材を想定し、得られた応力－ひずみ関係を用いて、通常の逐次計算により曲げ解析を行った。同じ ρ_s 、 ϕ の普通強度丸鋼フープで計算した曲げモーメント－曲率曲線と比較した結果、大きな曲率レベルにおいて、アラミド繊維スパイラル筋の鋼材よりも優れた横拘束効果による部材じん性の確保が認められた。適当なコンクリート強度、プレストレス導入率を与え、圧縮側コンクリートのひずみを大きくできるようにすれば、アラミド繊維スパイラル筋の強度を有効に利用できることが推定された。

4.まとめ (1) f_{cc} はアラミド繊維スパイラル筋が軸荷重に対して断面欠損となるため無拘束時より小さくなる場合がある。(2) θ はアラミド繊維横拘束コンクリートの応力保持を表すには適当でないと考えられる。(3)アラミド繊維横拘束コンクリートの終局ひずみをスパイラル筋の破断時ひずみ ε_{uf} とするとともに、 ε_{uf} 時のぜい性的な破壊に対する配慮が必要である。

参考文献 1. Mander, J. B., Priestley, M. J. N. and Park, R.: Journal of Structural Eng., Proc. of ASCE, Vol.114, No.8, pp.1804-1826, 1988.8 2. 迎邦博, 中井祐司, 浅井洋, 熊谷紳一郎: 連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用に関するシンポジウム講演論文報告集, 土木学会, pp.75-78, 1992.4

表2 終局ひずみ(円柱, μ)

供試体	ε_{u8}	$\varepsilon_{k1k3max}$	ε_{uf}
L-N	4302	4350	-
L-4-04	3829	3925	21581
L-4-08	7559	6825	22271
L-4-16	25728	23550	24908
L-6-16	32830	29725	32065
L-6-24	33208	32250	31830
H-N	-	-	-
H-4-04	3965	4600	14148
H-4-08	3248	5400	18366
H-4-16	12803	12725	13025

(供試体) L,H:コンクリート強度40,60MPa N, 4,6: 無拘束,横拘束筋径 ϕ 4,6mm 04~24: 横拘束筋体積比 $\rho_s=0.4\sim 2.4\%$