

V-346 連続繊維およびビニロン短繊維で補強されたコンクリートはりの曲げ特性

九州大学大学院 学生会員 ○長濱貴志 小林雄一
 防衛大学校 正会員 黒田一郎
 九州大学大学院 正会員 太田俊昭 日野伸一

1. はじめに

CFRP等の連続繊維を樹脂で硬化・成形した連続繊維補強材がコンクリートの補強材として用いられている。これら補強材は、需要の高まりにつれて低コストとなるとはいえ、樹脂で硬化・成形する加工費も無視できない。樹脂のために炭素繊維などの高引張強度をそのまま活かさないなどの問題もある。そこで、連続繊維を樹脂等で硬化・成形せず、繊維素線そのままコンクリート部材の補強筋として設置して用いることを目的とするものである。

本報では、①はり曲げ試験を行い、ビニロンおよび炭素連続繊維の曲げ補強効果、および②ビニロン短繊維（以下、短繊維と称す。）を混入して、ビニロン連続繊維補強コンクリートのひび割れ発生以後の曲げ性能の改善について実験的検討を行った。

2. 実験の概要

はり供試体の寸法、裁荷方法は、コンクリートの標準曲げ強度試験(JIS A1106-1993)に準ずることとした。供試体寸法は 100mm×100mm×400mm、スパンは 300mm、載荷幅は 100mm の 2 点対称線載荷である。

供試体に用いたビニロン連続繊維、炭素連続繊維、短繊維の物性値を表-1、表-2 に示す。連続繊維の撚り方は、ビニロン連続繊維は三打ちブレイド、炭素連続繊維は 2 4 打ちブレイドである。

実験変数に、ビニロン連続繊維、炭素連続繊維の補強筋量および短繊維の混入量を選定した。供試体の一覧を表-3 に示す。各種類 2 体ずつ用意した。供試体コンクリートの配合を表-4 に示す。短繊維の混練には、オムニミキサ(容量 30 l)を用いた。

3. 実験結果

3.1 変形性状

ビニロン連続繊維の補強筋比が 0.55%および 0.83%の場合の荷重-たわみ関係を図-1 に示す。いずれの場合にもひび割れ後に一度急激に耐荷性能が低下する。理由として、ビニロン連続繊維のヤング係数が 2.94×10^4 (MPa) とコンクリートよりも小さいためと考察される。その後、荷重は増加し最大耐力に至る。補強筋比が 0.83%のビニ_083_0 は、最大耐力も大きく、その時の変形量も小さい。

炭素連続繊維の補強筋比が 0.13%および 1.00%の場合の荷重-たわみ関係を図-2 に示す。

表-1 ビニロン連続繊維および炭素連続繊維の物性値

連続繊維の種類	断面積 (mm ²)	ヤング係数 (MPa)	引張強度 (MPa)
ビニロン	3.65	5.54×10^3	2.35×10^2
炭素	2.65	2.30×10^4	4.90×10^3

表-2 ビニロン短繊維の物性値

短繊維の種類	直径 (mm)	標準長 (mm)	ヤング係数 (MPa)	引張強度 (MPa)
RF4000	3.67	30	2.94×10^4	883

表-3 はり供試体の一覧

No.	供試体名	連続繊維の種類	補強筋比 p(%)	短繊維混入率 V _f (%)
1	ブレーション	—	0	0
2	ビニ_055_0	ビニロン	0.55	0
3	ビニ_083_0	ビニロン	0.83	0
4	炭素_013_0	炭素	0.13	0
5	炭素_100_0	炭素	1.00	0
6	ブレーション_1	—	—	1.0
7	ブレーション_2	—	—	2.0
8	ビニ_083_1	ビニロン	0.83	1.0
9	ビニ_083_2	ビニロン	0.83	2.0

表-4 コンクリートの配合(kg/m³)

W/C	s/a	W	C	S	G	SP
55.0%	49.0%	188.4	342.5	815.0	961.0	1028cc

SP:高性能 AE 減水剤

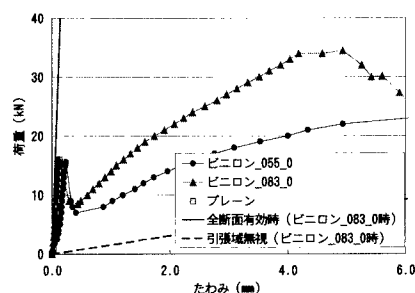


図-1 荷重-たわみ関係(ビニロン連続繊維)

キーワード：ビニロン連続繊維，炭素連続繊維，ビニロン短繊維，変形性能，曲げタフネス

〒816-0082 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 地球環境工学科 tel:092-642-3309 fax:092-642-3306

補強筋比 0.13%では、ひび割れ発生後に一度、荷重が低下するが、補強筋比を 1.00%に増加することで、荷重の低下は起こらず、そのたわみ挙動はコンクリート標準示方書式（以下、示方書式と称す。）により追跡できることがわかる。

ビニロン連続繊維の場合にひび割れ発生以後の破壊性能を改善するため、短繊維を混入した。短繊維を無補強コンクリートに 0,1.0,2.0%混入した場合の荷重－たわみ関係を図-3 に示す。短繊維を混入することで、ひび割れ発生後の曲げタフネスが改善されることがわかる。混入量を 1%から 2%と増やすことで、ひび割れ発生後の耐荷性能が向上し、最大耐力も向上した。

ビニロン連続繊維（補強筋比 0.83%）に、短繊維を併用して混入した場合の荷重－たわみ関係を図-4 に示す。ここでも、短繊維を混入することで、ひび割れ発生後の破壊性能の低下も抑えられ、特に混入量が 2%の場合は、ひび割れ後も耐荷性能が増加し、最大耐力に至る。混入量が 1%の場合は、ひび割れ発生後、22kN 付近を小さい荷重幅の上下動が認められる。短繊維のすべりもしくは引抜けによると推測される。

3.2 曲げ耐力および曲げタフネス

各供試体のひび割れ後荷重の低下率、最大耐力および計算値との比較、曲げタフネス¹⁾を表-3に示す。この際、破壊形態の実験観察から、炭素連続繊維補強ではコンクリートの圧縮破壊、ビニロン連続繊維補強では補強筋の引張破断を仮定して、終局曲げ耐力を算定した。また、短繊維補強の場合、短繊維の引張側補強効果を考慮した。

ビニロン連続繊維では、補強筋の 27%～36%しか寄与していないことがわかる。

4. まとめ

- (1) 炭素連続繊維の場合、補強筋比を 1.00%に増やすことでひび割れ発生後の曲げ性能も向上し、補強効果が表れた。
- (2) 短繊維の混入により、ビニロン連続繊維補強供試体のひび割れ発生後の耐荷性能の低下を抑えることができる。

謝辞 資料提供にご協力いただいた、(株)ケラレ、旭硝子マデックス(株)に感謝いたします。

参考文献

1) 日本コンクリート工学会：「繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法」繊維補強コンクリートの試験方法に関する基準，技報堂，pp.11-14，昭和59年

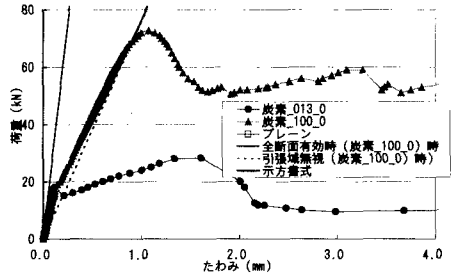


図-2 荷重－たわみ関係(炭素連続繊維)

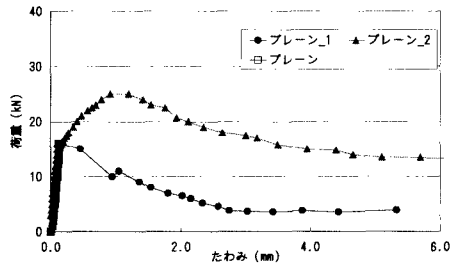


図-3 荷重－たわみ関係(短繊維)

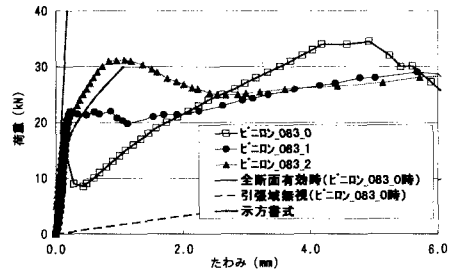


図-4 荷重－たわみ関係(短繊維混入)

表-5 ひび割れおよび最大耐力の比較

No.	供試体名	ひび割れ発生荷重 (kN)	ひび割れ発生直後の荷重 (kN)	荷重の低下量 (%)	最大耐力 (kN)	終局曲げ耐力 (kN)	実験値/計算値 (%)	曲げタフネス (kN・mm)
1	プレーン	16.4 15.3	— —	— —	— —	— —	— —	— —
2	ビニ_055_0	15.6 17.6	7.0 6.0	55.1 65.9	28.5 24.7	82.0	34.3 29.7	18.7 17.7
3	ビニ_083_0	17.0 16.7	8.1 8.5	52.4 49.1	26.2 34.8	94.0	27.3 36.3	21.3 30.5
4	炭素_013_0	18.2 18.0	15.2 13.0	16.5 27.8	28.3 28.3	31.2	91.0 91.0	44.3 43.7
5	炭素_100_0	16.8 18.0	— —	— —	63.4 72.2	72.2	88.0 100.0	90.2 105.8
6	プレーン_1	16.0 14.7	— —	— —	— —	— —	— —	21.2 24.3
7	プレーン_2	16.0 18.1	15.8 17.5	1.3 3.3	25.0 24.0	— —	— —	31.0 13.8
8	ビニ_083_1	21.5 20.0	21.3 19.9	0.9 0.5	29.6 28.6	93.9	31.5 30.5	33.2 40.0
9	ビニ_083_2	19.8 22.1	— 21.7	— 1.8	36.9 31.2	93.8	39.3 33.3	65.2 54.5