

炭素繊維ネットによる鉄筋コンクリートはりのせん断補強効果

九州大学工学部 学生員○岡 康博 横山和昭

九州大学工学部 正 員 太田俊昭 日野伸一 柴田博之

1. はじめに

先に著者らは、P C箱桁橋の軽量化・プレキャスト化による現場施工の簡便化を図るため、フレームと薄壁から成る箱桁ウェブの複合システムを提案し、薄壁の補強材として炭素繊維ネットを適用する場合の問題点について解析的、実験的な検討を行った¹⁾。本報は、その基礎的研究の一環として、炭素繊維ネット（以下CFNと記す）で補強された鉄筋コンクリートはりのせん断破壊試験を行い、CFN補強のせん断耐力や変形挙動に及ぼす影響について検討を加えたものである。

2. 実験概要

図-1に実験に用いた供試体の形状・寸法を示す。供試体は幅10cm、高さ20cmの矩形断面（有効高さ：15cm）で、全長は1.6m（せん断スパン比：2.5）である。使用したCFNは表-1に示す物性のものであり、コンクリートの配合

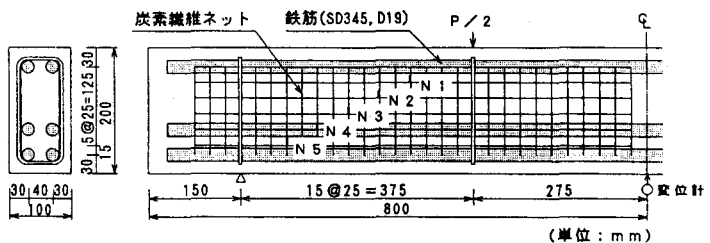


図-1 供試体の形状・寸法および測定位置

は、 $W/C=40\%$ 、 $s/a=40\%$ のもので骨材の最大寸法は15mmとし、セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。また、軸方向鉄筋にはSD345のD19（降伏応力度3770 kgf/cm^2 ）を使用した。表-2に供試体の諸元を示す。CFN補強量の影響については、無補強（Aタイプ）と補強2層（Bタイプ）および補強4層（Cタイプ）のものを、また緯糸の有無によるせん断補強効果への影響を検討するため、緯糸なしのCFN補強4層（Dタイプ）のものをそれぞれ作製した。はり供試体の作製にあたっては、CFNのせん断耐力の負担を通常のスターラップのそれと同様に仮定し、各供試体の最終的な破壊形式が曲げ破壊に先行してせん断破壊となるように設計した。なお、CFNは供試体の両側面で軸方向鉄筋にBタイプでは1枚ずつ、C、Dタイプでは2枚ずつエポキシ系接着剤を用いて貼付した。

図-1に測定位置を示す。載荷方法は、支間130cm、載荷幅55cmの2点線載荷とし、破壊に至るまで荷重を単調に増加させ、0.2tf毎にスパン中央部の変位とせん断スパン内のCFNのひずみ（N1～N5）を計測するとともにひびわれの観察を行った。

3. 実験結果および考察

表-3に実験結果を示す。ここで、計算値1および2は、それぞれ土木学会コンクリート標準示方書²⁾および日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規準³⁾に基づく算定値である。同表より、ひびわれ発生荷重に大きな差異は認められなかったが、せん断耐力である最大荷重については補強の有無による差異が認められ

表-1 炭素繊維ネットの物性

仕 様	ピッチ間隔：25 (mm)		
	糸使い	経糸：炭素繊維 (12k) 緯糸：炭素繊維 (24k)	2 本 1 本
引 張 特 性	引張強度 (kgf/mm^2)	引張弾性率 (tonf/mm^2)	破断歪 (%)
	経糸：262 緯糸：129	19.3 17.9	1.36 0.67

表-2 供試体の諸元

供試体の 種類	CFNの 補強条件	緯糸の 有無	コンクリート圧縮 強度 (kgf/cm^2)
A-1	無補強	—	534
B-1	CFN 2層	有	534
C-1	CFN 4層	有	534
A-2	無補強	—	589
B-2	CFN 2層	有	589
C-2	CFN 4層	有	589
A-3	無補強	—	555
D-1	CFN 4層	無	555
D-2	CFN 4層	無	555

た。そこで、CFN
によるせん断耐力の
増加量を明確にする
ため、B、C、Dタ
イプの最大荷重から
Aタイプの最大荷重
を引いた値を図-2
に示す。同図より、
CFN補強がせん断
耐力向上に寄与して
いることが判る。ま
た、CFNの緯糸の
有無によるせん断耐
力向上効果の差異は
認められず、緯糸の
影響を無視した計算
法(計算値2)の有
用性が確認された。

表-3 実験結果の一覧

供試体 の種類	ひびわれ発生荷重(tf)					最大荷重(tf)			破壊形態
	曲げ		せん断			実験値	計算値1	計算値2	
	実験値	計算値	実験値	計算値1	計算値2				
A-1	1.4	1.8	9.0	7.0	4.4~9.4	17.2	7.0	6.6~17.3	せん断圧縮破壊
B-1	2.2	1.8	9.2	7.0	4.4~9.4	18.3	12.1	9.7~20.4	〃
C-1	1.2	1.8	12.4	7.0	4.4~9.4	20.5	17.2	11.0~21.7	〃
A-2	1.6	1.9	9.2	7.2	4.6~9.9	17.8	7.2	7.1~18.6	せん断圧縮破壊
B-2	1.2	1.9	9.2	7.2	4.6~9.9	20.9	12.2	10.2~21.7	〃
C-2	1.4	1.9	10.8	7.2	4.6~9.9	21.9	17.3	11.5~23.1	〃
A-3	1.6	1.8	10.0	7.0	4.5~9.6	16.8	7.0	6.8~17.8	せん断圧縮破壊
D-1	1.2	1.8	9.4	7.0	4.5~9.6	20.5	17.2	11.2~22.2	〃
D-2	1.2	1.8	9.2	7.0	4.5~9.6	20.5	17.2	11.2~22.2	〃

計算値1: コンクリート標準示方書³⁾

$$\text{せん断ひびわれ荷重: } P_{cr} = 2 \times 0.9 \times \sqrt{f'_c} \cdot \sqrt{100/d} \cdot \sqrt{100A_w} / (b \cdot d) \quad \dots (a)$$

$$\text{せん断破壊荷重: } P_{rd} = P_{cr} + 2 \times A_w \cdot f_{wy} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot z / s \quad \dots (b)$$

計算値2: 日本建築学会³⁾

$$\text{せん断ひびわれ荷重: } P_{cr, min} = 2 \times 0.71 \tau_c \cdot b \cdot j = 2 \times \left\{ \frac{0.065 \cdot k_c (500 + f'_c)}{M/Qd + 1.7} \right\} \cdot b \cdot j \quad \dots (c)$$

$$P_{cr, max} = 2 \times 1.65 \tau_c \cdot b \cdot j \quad \dots (d)$$

$$\text{せん断破壊荷重: } P_{u, min} = 2 \times \{ 0.8 \tau_u (p_{w=0}) + 2.7 \sqrt{p_w \cdot f_y} \} \cdot b \cdot j \quad \dots (e)$$

$$= 2 \times \left\{ \frac{0.092 \cdot k_u \cdot k_p (180 + f'_c)}{M/Qd + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_w \cdot f_y} \right\} \cdot b \cdot j$$

$$P_{u, max} = 2 \times \{ 2.10 \tau_u (p_{w=0}) + 2.7 \sqrt{p_w \cdot f_y} \} \cdot b \cdot j \quad \dots (f)$$

次に、スパン中央の荷重・たわみ曲線を図-3に示す。同
図よりCFN補強によって、せん断ひびわれ発生時の急激な
剛性低下が抑制できることが認められる。図-4にCFNの
経糸(N3)の荷重・ひずみ曲線を示す。同図より、せん断ひ
びわれ発生後のCFNのひずみは補強量が2倍になるとほぼ
半減するが、緯糸の有無による差異は認められなかった。

4. まとめ

本研究の結果、1)CFNを鉄筋コンクリートはりのせん断
補強材として適用することにより、はりのせん断耐力および
ひびわれ発生後のたわみ剛
性を向上することが可能な
こと、2)CFNによるせん
断耐力は緯糸のない経糸だ
けのものと差異が認められ
ないことなどの知見が得ら
れた。今後、さらに、様々
な断面諸元のはりについて
実験を行い、炭素繊維ネッ
トのせん断補強材としての

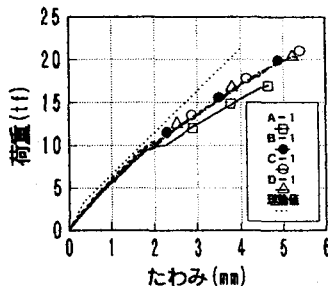


図-3 荷重・たわみ曲線

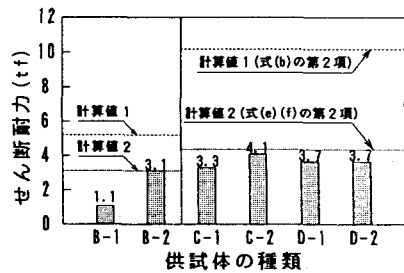


図-2 CFNによるせん断耐力増加量

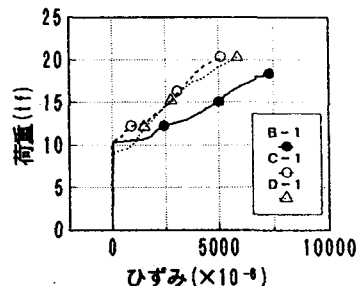


図-4 荷重・ひずみ曲線(N3)

適用において設計及び複合システムへの応用に関し必要な基礎的知見を得るべく研究していく予定である。

参考文献

- 1) 太田俊昭他: 複合構造型腹板によるP C箱桁橋の軽量化に関する一考察, 土木学会年講, 1991
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 平成3年版 設計編, PP. 56~58
- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, PP. 174~178