

V-277 セン断耐荷機構におけるカーボンファイバーの効果

大成建設（株）技術研究所 正会員 ○宇治公隆

正会員 杉山浩章

正会員 横田和直

東燃（株）総合研究所

斉藤 誠

1. はじめに

カーボンファイバーは、高い引張り強度を有し、腐食の問題がなく、また軽量であるという特徴から、今後の土木分野での使用が期待される新素材である。本研究は、カーボンファイバーのせん断耐荷機構における基礎的性質の把握及び実構造物への適用について検討したものである。

2. カーボンファイバーの基礎的性質に関する試験

2.1 試験概要

梁供試体のせん断載荷試験を実施し、カーボンファイバーによるせん断耐荷機構の改善効果を検討した。供試体は表-1および図-1に示す4ケースとした。No.1はスターラップの基準供試体とし、せん断スパンけた高比 $a/d=$

表-1 供試体諸元

No.	スターラップ	カーボン補強状況	備考
1	なし	なし	基準供試体
2	あり	なし	スターラップ $\phi 6$ 70mmピッチ
3	なし	一周巻き	カーボン 175 g/m ²
4	なし	側面貼付	カーボン 175 g/m ²

2.5 で2点集中載荷とした。No.2は基準供試体をスターラップで補強（降伏応力度 3400kgf/cm^2 の $\phi 6$ mm筋を70mmピッチで配置）したものである。No.3,4は基準供試体のせん断スパン部をカーボンファイバーで補強したものであり、No.3はカーボンファイバーを試験体に一周フープ状に巻きつけ、またNo.4は梁の側面にのみカーボンファイバーを貼付けたものである。カーボンファイバーは一方配列の帯状シートとし、施工性を考慮して樹脂を予め含浸せず、施工の時点で樹脂をカーボンファイバー間に浸透させ、コンクリートに接着するように配慮した。

カーボンファイバーは引張り強度 27000kgf/cm^2 であり、スターラップとの強度比および面積比を考慮して 175g/m^2 配置したものを使用した。なお、カーボンファイバーで補強することにより、目視によるひびわれ発生状況の観察が不可能であることから、アコースティックエミッション（AE）の測定を実施した。試験時のコンクリートの圧縮強度は 246kgf/cm^2 であった。

2.2 試験結果

試験結果を表-2に示す。基準供試体No.1は、4.35t で斜めひびわれが発生し、5.0t でせん断破壊した。AE発生音は斜めひびわれ発生荷重4.35t で大きなカウント数のピークが確認され、その他の荷重段階では顕著な発生は見られず、脆性的な破壊であることを示していた。スターラップで補強したNo.2は斜めひびわれ発生荷重が4.75t で、13.0t でせん断で破壊した。AE測定の結果、5.0t でカウント数が最大となり、その後も継続的にAE発生が確認され、ひびわれが進展していることが推測された。カーボンファイバーを一周巻いて補強したNo.3は、11.9t で曲げに

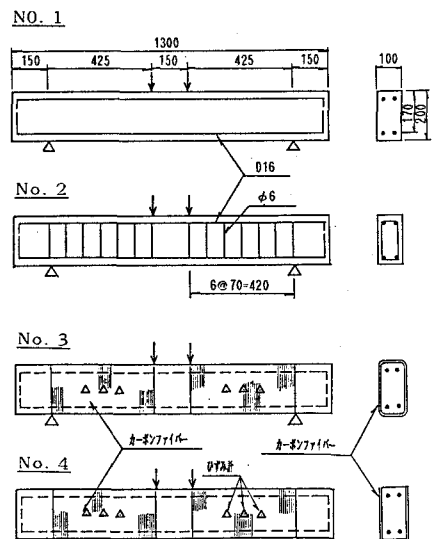


図-1 供試体形状・寸法

表-2 試験結果

No.	斜めひびわれ荷重	最大荷重	破壊形態	カーボンファイバーの最大引張り応力
1	4.35t	5.0t	せん断破壊	—
2	4.75	13.0	せん断破壊	—
3	*(4.4)	11.9	曲げ破壊	12000 kg/cm ²
4	*(3.3)	9.1	せん断破壊	6900 kg/cm ²

* AE測定の結果より推定

断で破壊した。AE測定の結果、5.0t でカウント数が最大となり、その後も継続的にAE発生が確認され、ひびわれが進展していることが推測された。カーボンファイバーを一周巻いて補強したNo.3は、11.9t で曲げに

より破壊した。試験終了後カーボンファイバーをはがして斜めひびわれの発生を確認した。なお、図-2に示すように、6.0tよりカーボンファイバーのひずみが増加していた。No. 3の場合4.4tでAE発生が顕著になりその後継続的に発生が確認された。カーボンファイバーを側面にのみ貼付けたNo. 4は、4.25t からカーボンファイバーのひずみが増加し、最終的にカーボンファイバーの破断により、9.1tでせん断により破壊した。また、No. 4は3.3tでAEが発生しており、さらにそれ以降もAE発生が継続していた。AE測定の結果は、ひびわれ発生、進展の状況によく合っており、コンクリート内部におけるひびわれの発生状況を的確に検出していた。

以上の結果より、No. 1の5.0tとNo. 3の11.9t またはNo. 4の9.1tとの差がカーボンファイバーが分担するせん断力となる。すなわち、No. 3では12000 kgf/cm²、No. 4では 6900 kgf/cm²となり、カーボンファイバーの引張り強度の 1/4～ 1/2 程度の応力度であった。

3. 実構造物への適用に関する検討

3. 1 試験概要

基礎試験より、カーボンファイバーによるコンクリートの拘束効果が期待されたことから、脆性破壊を起こす橋脚段落し部の補強効果について検討した。試験体は、既往の研究¹⁾を参考に図-3に示すように、実構造物の 1/3程度に相当する断面40cm×60cmで高さ2.6 mとし、段落し部はフーチングより90cmの位置として、そこより上方の鉄筋断面積を1/2 とした。カーボンファイバーは軸方向鉄筋を補うため、350g/m²を段落しの上下30cmの位置まで貼付けた。また、段落し部のコンクリートの圧壊を拘束するため、フープ方向に 350g/m²のカーボンファイバーを段落しの上30cmの位置からフーチングまで巻き付けた。試験は水平加力による正負交番载荷とした。コンクリートの圧縮強度は 310kgf/cm²であった。

3. 2 試験結果

荷重・変位曲線を図-4に示す。5 δy (δy ; 鉄筋降伏変位) において荷重の低下が認められた。なお、カーボンファイバーを軸方向、フープ方向に巻いた部分の下端位置からひびわれが発生し上方へフープ方向のカーボンファイバーが順次破断していき、最終的には段落し部のコンクリート圧壊により破壊した。段落しを挟んだ上下30cmの補強部の剛性が増加しひびわれ位置が軸方向カーボンファイバーの下端部に移行し、このひびわれが支配的となっている。ただし、既往の研究の結果¹⁾では、橋脚は3 δy で破壊しており、カーボンファイバーによる拘束効果が確認された。

4. まとめ

- 1) カーボンファイバーはコンクリートの脆性破壊を拘束できる。
- 2) カーボンファイバーはひびわれの進展を抑制する効果が期待できる。
- 3) 梁の側面にのみ張り付けた場合でも、せん断耐荷機構の改善効果は期待できる。ただし、最終耐力はカーボンファイバーの定着の良否に左右される。
- 4) カーボンファイバーの有効引張り応力度は材料の強度の 1/2 程度までである。
- 5) 橋脚の段落し部の補強として、カーボンファイバーの拘束効果が期待できる。ただし、部材としての靱性を増大させるためには、段落し補強部の剛性をも考慮に入れた補強方法の検討が必要である。

＜参考文献＞ 1) 安松 他：RC巻による橋脚段落し部の補強効果，第44回土木学会年次講演会概要集 V-214

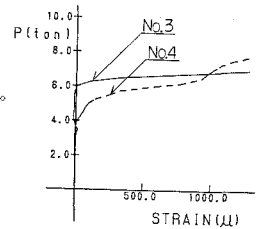


図-2 カーボンファイバーのひずみ測定結果

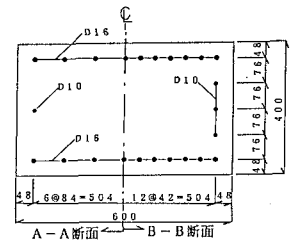
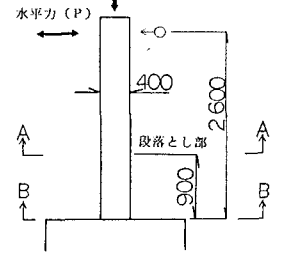


図-3 試験概要

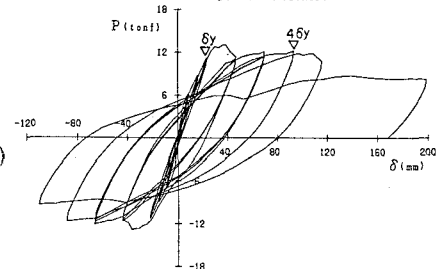


図-4 荷重-変位曲線