

CFRP グリッド表面貼付けによる PC 梁のせん断補強

広島工業大学大学院 学生会員 ○出原 豊
 広島工業大学工学部 フェロー 米倉 亜州夫
 極東工業株式会社 正会員 江良 和徳
 株式会社さとうベネック 正会員 財津 公明

1. 研究目的

コンクリート構造物の寿命は、建設当時では予想できなかった材料の欠陥、社会情勢や自然環境の変化などによって急激に低下してきている。既設構造物延命化のための補修、補強技術に関する研究が急務とされている。数ある補強材料のなかで炭素繊維（以下、CFRP と称す）は軽量、高強度で施工性にも優れているため、コンクリート構造物の補強材として近年特に注目を集めている。その中でも CFRP を格子状に形成した CFRP 格子と、ポリマーセメントモルタルを組み合わせた補強方法について、曲げ補強効果や疲労耐久性に関する研究がなされている。そこで本研究では CFRP 格子とポリマーセメントモルタル吹付けによるせん断補強効果を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

1) 供試体の種類と材料特性

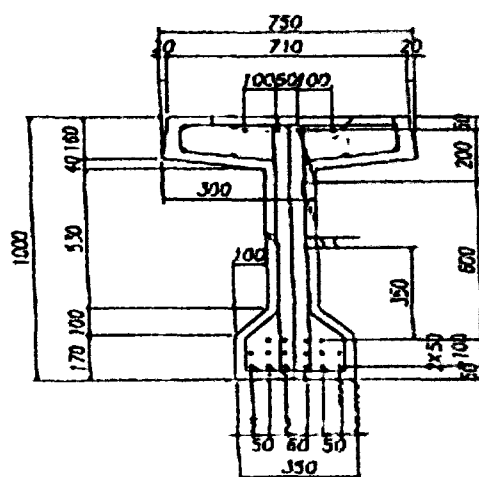
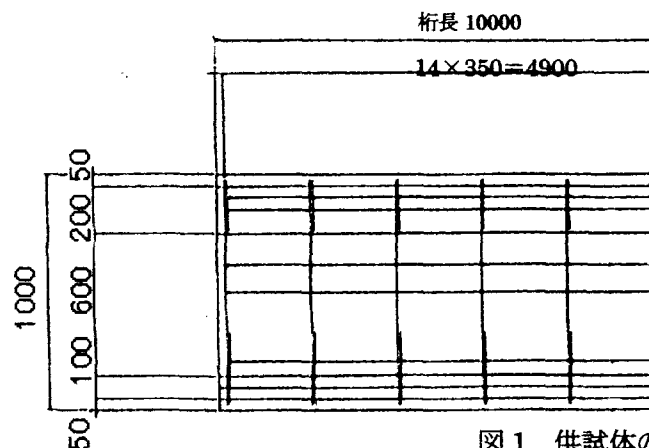


図1 供試体の形状寸法

供試体の形状寸法を図1に示す。桁高 $H=1.0\text{m}$ 、桁長 $L=10.0\text{m}$ 、ウェブ厚 150mm のプレテンション方式 PC 橋げた（旧 JIS A 5316）を4本製作した。コンクリート設計基準強度は 50N/mm^2 とし、スターラップ D10 (SD295) を 350mm ピッチで配置した。PC 鋼材は7本より 12.7mm を22本配置した。実験に用いた供試体の補強種類を表1に示す。各供試体の両端をそれぞれ A 端、B 端とし、1本の供試体につき計2回の載荷を行うため、実験ケースは合計8種類とした。供試体 No.2-A、2-B、3-A、3-B は、CFRP 格子（厚さ $t=4\text{mm}$ ）をウェブの両面にリベットアンカーまたはエポキシ樹脂にて固定し、その上からポリマーセメントモルタルをかぶり厚さ 10mm 吹付け、一体化した。補強効果に影響を与える因子として、CFRP 格子配置角度（ 90° と 45° ）、CFRP 格子固定方法（リベットアンカー固定とエポキシ樹脂接着）を設定した。供試体 No.1-B はウェブに CFRP 格子を接着しただけのケース、供試体 No.4-A はウェブにポリマーセメントモルタルを吹付けただけのケースとした。供試体 No.4-B は、比較対象として CFRP シート接着によるせん断補強を施した。

2) 載荷方法

図2に示すようにスパンは 7.4m とし、せん断スパン比 $a/d=2.5$ の位置を載荷点とした。1本の供試体の両端で1回ずつ載荷試験

表1 供試体の補強種類

供試体 No.	補強種類	CFRP 格子配置角度	CFRP 格子固定方法
1-A	無補強	—	—
1-B	CFRP 格子のみ	90°	エポキシ樹脂
2-A	CFRP 格子 + ポリマーセメントモルタル	90°	リベットアンカー
2-B			エポキシ樹脂
3-A	CFRP 格子 + ポリマーセメントモルタル	45°	リベットアンカー
3-B			エポキシ樹脂
4-A	ポリマーセメントモルタルのみ	—	—
4-B	CFRP シート	—	—

を行うため、A 端の載荷後、支点を移動して B 端の載荷を行う手順とした。荷重は単調載荷とし、破壊に至るまで載荷した。

3. 実験結果および考察

各供試体における曲げひび割れ発生荷重、せん断ひび割れ発生荷重および終局荷重の実験値を図3に示す。CFRP 格子の配置角度に着目して比較すると、格子を 45° で配置した場合のほうが 90° の場合よりも 10% 程度高い終局耐力を示した。CFRP 格子の固定方法に着目して比較すると、格子を 90° で配置したケースでは、アンカー固定とエポキシ樹脂接着の違いによる補強効果の差は見られなかったが、 45° で配置したケースでは、格子をアンカーで固定した方が、エポキシ樹脂で接着するよりも 10% 程度高い終局耐力を示した。また今回の実験では小型の模型実験もあわせて行った。小型模型実験の結果得られた体力を図4に示す。小型供試体による実験では大型供試体の場合と異なり格子配置角度 45° の有効性は確認出来なかった。

CFRP 格子+ポリマーセメントモルタルによる各種補強ケースにおける荷重と変位の関係を図5に示す。ひび割れ発生より前の弾性領域に着目すると、全ての補強ケースの荷重-変位曲線がほぼ一致しており、同一荷重載荷時に生じた変位は無補強のものよりも小さい値を示した。CFRP 格子の配置角度、固定方法に関わらず、ほぼ同等の変位抑制効果すなわち剛性寄与の効果が見られた。しかし、供試体内部のスターラップと、供試体表面の CFRP 格子の荷重と変位の関係では、格子の配置角度の違いによって明確な差が見られた。スターラップは、供試体コンクリートにひび割れが生じた後に荷重を負担する。ひずみゲージの測定結果から CFRP 格子を 90° で配置した場合、格子が荷重を負担するのは、スターラップと同様にコンクリートのひび割れ発生後であったのに対し、格子を 45° で配置した場合には、載荷開始当初から格子が荷重を負担しているという結果が得られた。また CFRP シート補強した供試体は、弾性領域、塑性領域ともに CFRP 格子+ポリマーセメントモルタルにて補強した No. 2-A, B および No. 3-A, B とほぼ同等の挙動を示した。せん断補強工法として研究報告がなされている CFRP シート接着工法と、本実験でとりあげた CFRP 格子+ポリマーセメントモルタル吹付けによる工法とが同等の挙動を示したことから、本工法によるせん断補強は十分信頼性の高い工法であるといえる。

4. まとめ

CFRP 格子とポリマーセメントモルタルによるせん断補強効果を明らかにするために、実物大の PC 梁供試体を用いた静的載荷実験を行った。その結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1) PC 梁を CFRP 格子とポリマーセメントモルタル吹付けにて補強することにより、弾性領域および塑性領域での変位抑制効果とせん断耐力増大が得られ、十分なせん断補強効果を期待できることが確認された。
- (2) CFRP 格子を 45° で配置し、アンカーで固定した後にポリマーセメントモルタルを吹付けた補強ケースの補強効果が最も高いことが明らかになった。このケースではせん断ひび割れの発生状況や破壊時の粘り強さにおいても優位性が認められた。

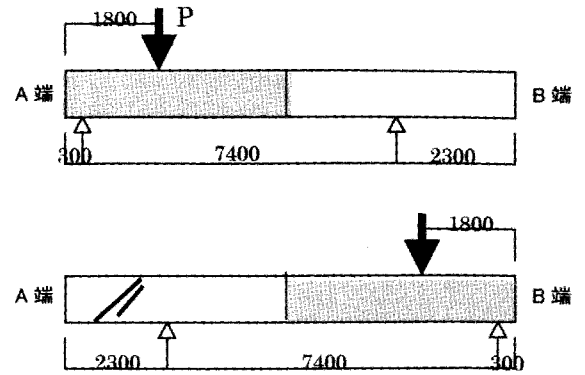


図2 A, B 端の載荷手順

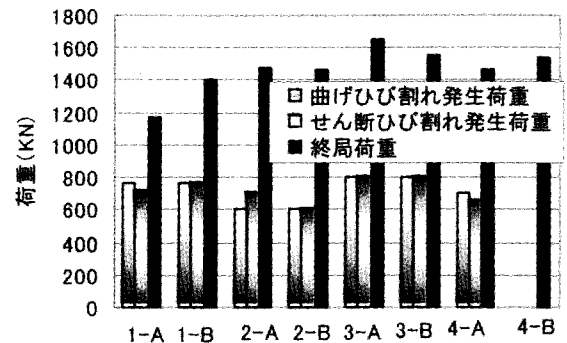


図3 大型供試体体力一覧

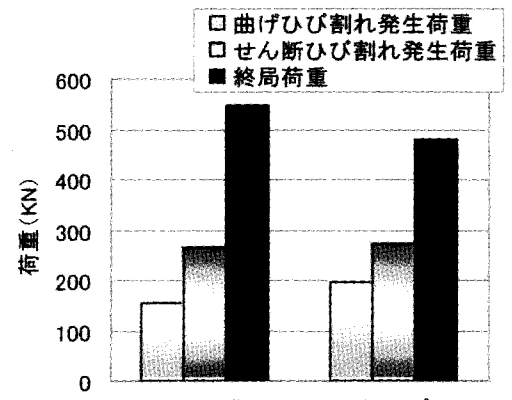


図4 小型供試体体力一覧

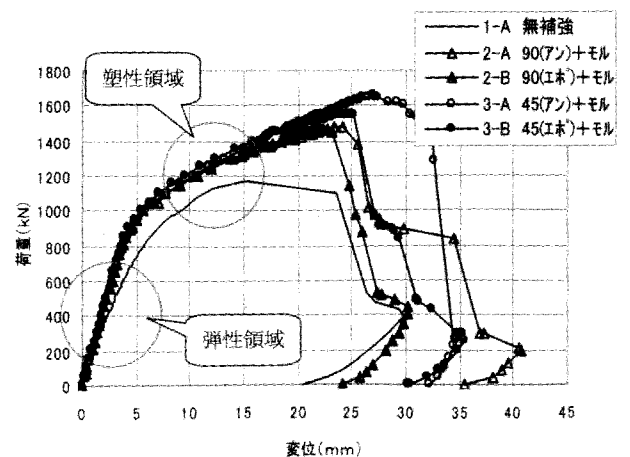


図5 CFRP 格子配置角度と固定方法