

V-214 シート状炭素繊維を貼付けて補強した既存部材の耐久性に関する試験

(株)大林組 正会員 ○岡野 素之
 大阪市立大学 正会員 中西 克佳
 三菱化成(株) 田中 常雄
 (株)大林組 正会員 小島 克朗

1. まえがき

炭素繊維の『軽量、高強度、高弾性、および高耐久性』などの優れた特長を生かし、既存部材のコンクリート表面にシート状の炭素繊維を樹脂で貼付けて補強する工法を開発してきた。これは耐震補強としてすでにRC煙突に採用され¹⁾、またRC橋脚への適用も検討されている^{2)、3)}。この工法では、炭素繊維とコンクリートの接着面で応力を伝達するため、繰返し荷重の作用する部材では接着面の疲労性能が、また屋外に暴露されるため耐候性能がともに重要な検討課題である。本報告は、接着面のこれらの性能を検討するために実施した①炭素繊維を貼付けて補強したプレストレストコンクリート(以下PCと呼ぶ)はりの曲げ疲労試験と、②接着面の促進暴露試験について述べるものである。

2. 炭素繊維を貼付けて補強したPCはりの曲げ疲労試験

2.1 試験概要

試験体：試験体は図-1に示すような、高さ30cm、幅20cm、および長さ280cmのポストテンション方式PCはり1体である。まず先行して曲げ載荷しひびわれを発生させたが、この時の最大ひずみは、コンクリートで $2,900 \times 10^{-6}$ (圧縮)、鉄筋で $31,000 \times 10^{-6}$ (引張)であった。除荷後、エポキシ注入によりひびわれを補修し、プレストレス導入・グラウト充填後、はりの下縁に炭素繊維を貼付けた。疲労載荷時のプレストレスレベルは、コンクリート圧縮応力度に換算して、はりの上縁 13 kgf/cm^2 、下縁 40 kgf/cm^2 であった。

使用材料：炭素繊維と鋼材の性質を表-1に示す。実験時のコンクリートは、圧縮強度 349 kgf/cm^2 、またヤング係数 $1.93 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ (1/3割線勾配)であった。

載荷方法：載荷は、単純ばり形式の2点曲げ載荷とし、アクチュエーター(容量50tf)で行なった。疲労載荷は、上限荷重は4.5tf(下縁応力度が 30 kgf/cm^2 の引張りに相当する荷重)、下限荷重は0.5tfで、また振動数は2~4Hzで行なった。200万回に至る疲労載荷を行ない、途中の変位、ひずみ、およびひびわれを観察した後、静的破壊試験を実施した。

2.2 試験結果

疲労載荷：200万回の疲労載荷終了に至るまで、接着面における炭素繊維の剥離・破断等の異状は見られず新たなひびわれも発生しなかった。上限荷重時の、炭素繊維のひずみと繰返し回数との関係を、図-2に

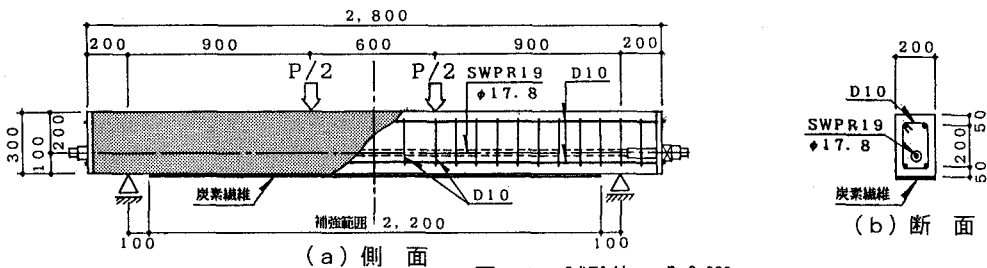


図-1 試験体

表-1 炭素繊維と鋼材の性質

使用材料	形状	品質	引張強度 kgf/cm ²	降伏強度 kgf/cm ²	ヤング係数 kgf/cm ²	伸び %
炭素繊維	シート状	ビッチ系	35,500*	—	2.58×10^6 *	1.3
鉄筋	D10	SD30	5,180	3,680	1.82×10^6	18.0
PC鋼より線	φ17.8	SWPR19	19,500	17,900	1.99×10^6	7.0

*炭素繊維の実断面積(1.94mm²/cm)で評価

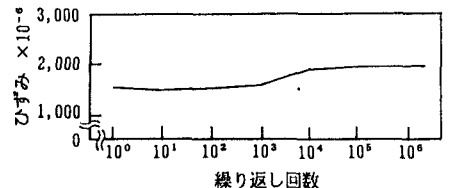


図-2 炭素繊維のひずみ-繰返し回数の関係

示す。測定は、先行載荷時に発生したひびわれ位置で行なった。1万回程度の繰り返しまではひずみが増加する傾向であるが、それ以降はほぼ一定であり、安定した性状を示している。

静的破壊試験：破壊時のひびわれ発生状況を図-3に、荷重とはり中央における変位の関係を図-4にそれぞれ示す。荷重の増加とともに変位が増大し、最大荷重18.0tfで炭素繊維が破断し、直後にコンクリートが圧壊し破壊した。最大荷重に至るまで炭素繊維の剥離・破断は発生しなかった。最大荷重は、無補強の場合の計算値（14.5tf）に比較し24%高く十分な補強効果が認められた。なお、純曲げ区間における破壊直前（ $P=17.5$ tf）の炭素繊維の最大ひずみ（測定値： $9,400 \times 10^{-6}$ ）を用いて最大荷重を計算（ e 関数法）してみると18.0tfであり、試験値にほぼ近似した。



図-3 破壊時のひびわれ発生状況

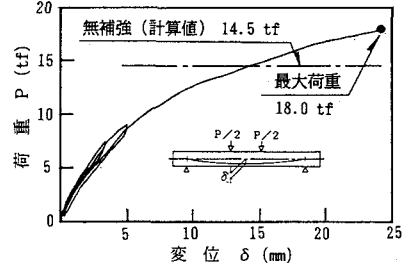


図-4 荷重-変位関係

3. 接着面の促進暴露試験

3.1 試験概要

試験体：試験体を試験装置とともに図-5に示す。図中の試験体は断面 40×40 mm、長さ100mmのコンクリートブロックを2体つき合わせた形式である。つき合わせ部の側面（片側）には炭素繊維を貼付け（ 25×25 mm）であり、ブロック相互は炭素繊維だけで連続している。試験体は各3体とし、パラメーターは促進暴露時間（0~4000hr）とした。

促進暴露：促進暴露はJIS A1415にしたがいサンシャインカーボンタイプのウエザロメーターで実施した。またコンクリートの圧縮強度は暴露終了時で 597kgf/cm^2 であった。

接着力試験：促進暴露の後、試験体を上下方向に引張る形式でコンクリートと炭素繊維との間の接着力を測定した。

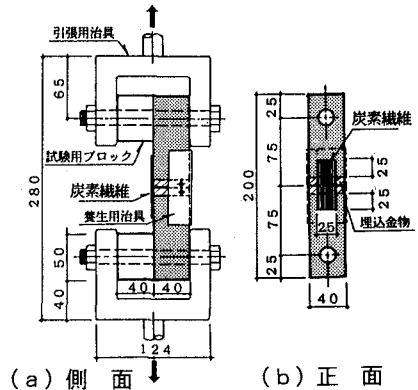


図-5 試験体

3.2 試験結果

破壊状況：破壊状況は2種類にわかれた。暴露なしの3体と暴露2,000時間の内1体は、炭素繊維にコンクリート表面が付着したまま剥離し、これに対しその他は接着面で剥離した。

強度：最大荷重と促進暴露時間の関係を図-6に示す。最大荷重は、炭素繊維にコンクリート表面が付着して剥離した試験体の方が、接着面で剥離した試験体に比較して大きい傾向がある。また最大荷重は、全体に促進暴露によりやや低下する傾向が見られるが、低下の割合は少なく（平均13%）、 45kgf/cm^2 以上の接着力があり、構造的には特に問題にならないといえる。

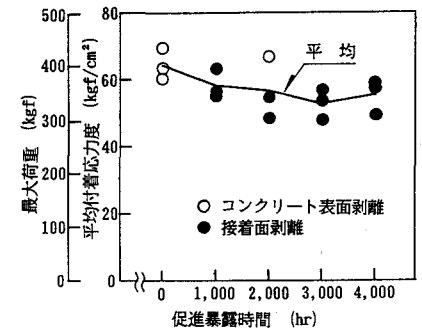


図-6 最大荷重-促進暴露時間の関係

4. まとめ

炭素繊維とコンクリートの接着面の耐久性能に関し、2項目の試験を実施した結果次のことがわかった。

- ①炭素繊維を貼付けて補強したPCはりには、200万回の疲労載荷後も十分な補強効果が期待できる。
- ②接着面の強度は、促進暴露によりやや低下する傾向はあるが構造的には特に問題とはならない。

謝辞：本試験の実施にあたり、御指導を頂きました大阪市立大学中井博教授、並びに大林組技術研究所木村耕三主任研究員に感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) 木村、小島他：炭素繊維による既存煙突の耐震補強工法の開発（その1）大林組研究所報、No.37
- 2) 小島、勝俣他：炭素繊維による既存RC橋脚の耐震補強（その1補強方法、その2載荷実験）土木学会第45回年次講演会
- 3) 岡野、木村他：炭素繊維貼付けによる既存部材の補強に関する研究（その1）大林組研究所報、No.43