

V-469

炭素繊維帯状緊張材を用いたプレテンションPCはりの曲げ実験

大林組技術研究所 正会員 岡野 素之

大林組技術研究所 正会員 大内 一

1. まえがき

高強度の連続繊維を用いた緊張材は、定着・運搬などの理由から1本の大容量化には問題がある。そこで断面が扁平な帯状の緊張材とし表面に異形加工を施すと、付着面積が増え定着が容易となり、また巻取り可となるなど大容量化が可能となる。今回、炭素繊維を用いた帯状緊張材（引張荷重約270kN）を製作し、PC緊張材への適用性を検討するためプレテンションPCはりの曲げ実験を実施した。

2. 試験概要

2.1 試験体 試験体の一覧を表-1に、試験体の形状・寸法と配筋を図-1にそれぞれ示す。試験体は、断面が高さ40cm、幅40cm、ウェブ幅15cmのT型、長さ4.4mのはりで、PC鋼より線と帯状緊張材の比較をするPC70・CF70、および導入緊張レベルで比較するCF70・CF35・CF00の合計4体とした。試験体名の下2桁は緊張材の破断荷重に対する緊張力の比率を表す。プレストレスによるコンクリートの圧縮応力度はCF70の場合、上縁でゼロ、下縁で14N/mm²とした。

2.2 使用材料 帯状緊張材はPAN系の炭素繊維をエポキシ樹脂を用いPultrusion法で製造したもの（断面40×3.6mm）で、表面は異形加工してある。PC鋼より線は7本より15.2mm（SWPR7A）を、また鉄筋は異形棒鋼SD295Aを使用した。コンクリートはレデーミクストコンクリートを使用した。補強筋とコンクリートの性質を表-2、3にそれぞれ示す。

2.3 載荷方法 加力の形式は2点載荷の単純ばり型とし、曲げひびわれ発生後いったん除荷しその後破壊まで加力した。

3. 実験結果

3.1 破壊状況 PC鋼より線を用いたPC70は、ひびわれ発生後PC鋼より線が降伏しコンクリートが圧壊し破壊した。帯状緊張材を用いた試験体はすべて、ひびわれ発生後引張側緊張材の破断により破壊した。

3.2 変位性状 各試験体の荷重とはりの中央のたわみを図-2に重ね書きで示す。緊張材の種類で（PC70vs.CF70）比較すると、PC鋼より線が0.2%耐力に至るまでは両者の荷重とたわみの関係はほぼ同じであるが、その後CF70は荷重がさらに増大するのにに対し、PC70は鋼材が降伏するため荷重の上昇が緩やかになる。プレストレス導入量で

表-1 試験体の一覧

試験体名	緊張材の種類と構成	導入緊張力レベル*
PC70	SWPR7A 3本-φ15.2	70%
CF70	炭素繊維帯状緊張材 3本-40×3.6	70%
CF35		35%
CF00		0%

*：緊張材の破断強度に対する緊張荷重の比

表-2 補強筋の性質

種類	公称断面積 (mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	破断時伸び (%)	ヤング係数 (N/mm ²)
PC鋼より線 φ15.2	138.7	1612	1820	7.0	195800
帯状緊張材 40×3.6	146	—	1808	1.56	115600
SD295A D10	71.3	341	511	22.7	190100
SD295A D13	126.7	341	529	22.6	200900

表-3 コンクリートの性質

圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 1/3割線勾配 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
41.4	30280	3.39

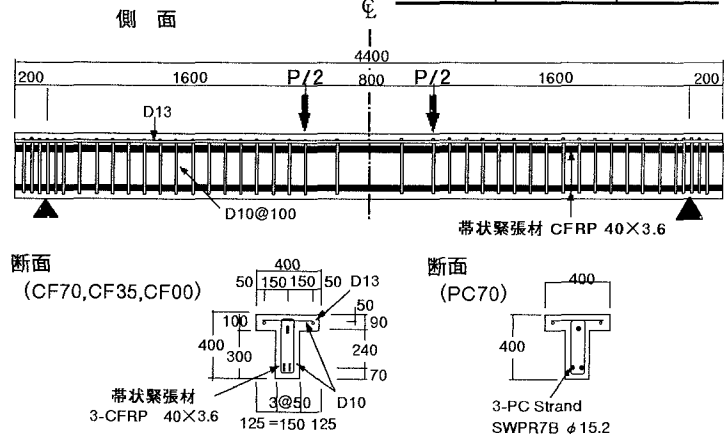


図-1 試験体の形状・寸法と配筋

（CF70、CF35およびCF00）比較すると、プレストレスの小さな試験体ほどたわみが大きくなっている。また曲げひびわれ発生後の勾配は3者とも近い傾向を示している。

3.3 ひずみ性状 荷重とひずみの関係（緊張力の比較）を図－3.1に示す。同図のひずみは純曲げ区間での引張側緊張材の各測定点の平均を示す。9000 μ 程度以降は3者とも近似した荷重とひずみの関係である。素材の破断ひずみを引張試験結果から15600 μ と想定すると、曲げ実験による最大ひずみの平均はほぼ素材の破断ひずみを満足しており、部材中に埋め込むことによる強度の低下は無いことが分かる。

帯状緊張材の上側と下側のひずみに関して、荷重とひずみの関係の例を図－3.2に示す。上縁ひずみの方が下縁ひずみより小さく、平面保持の仮定に従っていると考えられる。

3.4 強度 実験結果の一覧を表－4に示す。

1) ひびわれ発生荷重 計算値は、曲げによるコンクリートの引張応力度が、プレストレスによる圧縮応力度とコンクリートの引張強度の和と等しくなる値とした。全体にひびわれ発生荷重は実験値の方が計算値よりも低い傾向であるが、CF00の結果からコンクリートの引張強度を高め評価していることを考慮すれば、ほぼ導入プレストレスは計算できると言えよう。

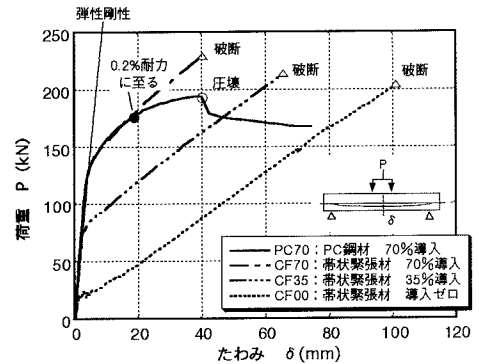
2) 最大荷重 計算値は、平面保持、コンクリートの矩形応力ブロックを仮定し計算した。帯状緊張材を用いた試験体の計算値は、緊張材のひずみが破断ひずみに達した荷重とした。PC70試験体の場合、実験値は計算値を9%上回った。帯状筋を用いた試験体の場合、実験値は計算値をすべて上回り、また両者はほぼ整合しており、曲げ耐力は既存の方法で計算して実用上問題ないと考えられる。

4. まとめ

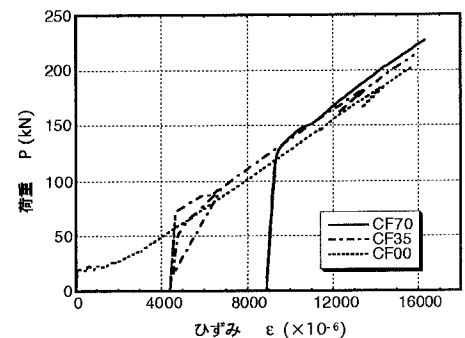
- 1) 炭素繊維を用いた帯状緊張材で、実用レベルのプレストレスの導入が可能である。
- 2) 帯状緊張材はコンクリートはりの中に埋め込まれた状態で、素材の引張試験で得られる引張強度をほぼ発揮する。
- 3) 帯状緊張材は縦に配置すると、帯状筋の上縁と下縁で応力勾配を持つ。
- 4) はり部材の曲げ終局耐力は、PC鋼より線の場合と同様に計算できる。

謝 辞

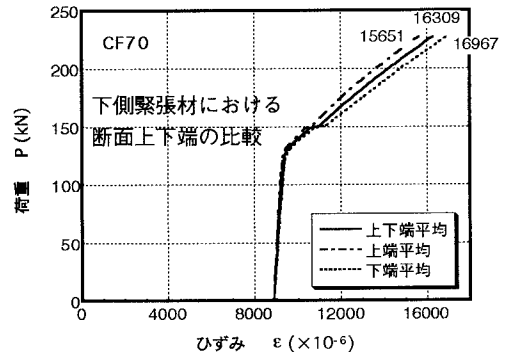
炭素繊維帯状緊張材の提供にご協力いただきました東レ複合材料研究所、京野哲幸主任研究員に深謝致します。



図－2 荷重－変位関係



図－3. 1 荷重－ひずみ関係（緊張力の比較）



図－3. 2 荷重－ひずみ関係（上下端の比較）

表－4 実験結果の一覧

試験体 No.	ひびわれ発生荷重			最大荷重			破壊形式
	実験値 ⁱ⁾	計算値 ⁱⁱ⁾	実/計	実験値 ⁱ⁾	計算値 ⁱⁱⁱ⁾	実/計	
PC70	129	136	0.95	199	182	1.09	PC鋼材降伏後Conc.圧壊
CF70	125	133	0.94	232	207	1.12	帯状緊張材破断
CF35	74	84	0.88	218	207	1.05	帯状緊張材破断
CF00	25	33	0.75	207	207	1.00	帯状緊張材破断

i) 載荷荷重に自重による荷重分（5kN）を加えた
ii) コンクリート標準示方書（土木学会）によりプレストレス導入量を計算
クリープ係数：2.3、リラクセーション率：PCStrand：5%、帯状緊張材：15%
iii) 材料試験結果を用い、平面保持、矩形応力ブロックを仮定し計算した終局耐力