

V-167

CFRPロッドを緊張材としたアンボンドPC梁の曲げ性状

運輸省港湾技術研究所 正会員○山本邦夫

同 上 正会員 大即信明

同 上 正会員 浜田秀則

1. まえがき

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）ロッドは、海洋環境下においても全く腐食せず、また従来のPC鋼棒と比較して同等の引張強度を有し、かつリラクセーションもそれほど大きくないことより、PC港湾構造物の新しい緊張材として有望な材料である。このCFRPロッドを緊張材としたPC部材は、緊張材の腐食に対する配慮がいらないため、アンボンド工法とすることが可能である。

本研究は、CFRPロッドを緊張材として使用したアンボンドPC梁（一体梁、ブロック梁）の曲げ性状を把握すること、および長期の有効プレストレスの安定性を把握することを目的としている。

2. 研究の内容

曲げ載荷試験を行った供試体は表-1に示す通りである。供試体PIとCIの曲げ性状を比較することにより、従来のPC鋼棒を使用した場合とCFRPロッドを使用した場合で曲げ性状がどのように異なるかを検討した。さらに、供試体CIとCBを比較することにより、一体梁とブロック梁で曲げ性状がどのように異なるかを検討した。なお、供試体CBの一部は有効プレストレスの安定性を検討するための供試体とした。

また、アンボンドPC梁の解析にあたり、坂・六車の提案した手法¹⁾を一部改良した断面耐力算定手法、およびひびわれ発生後の解析手法を提案し、供試体PI、および供試体CIの試験結果との比較検討を行った。

3. 実験の概要

供試体の形状、寸法および配筋状況を図-1に示す。断面形状は幅50cm、高さ40cmである。緊張材は、供試体PIではφ9.2mmのPC鋼棒（C種1号）が12本、供試体CIおよびCB-6〜10ではφ8mmのCFRPロッドが12本、供試体CB-1〜5ではφ8mmのCFRPロッドが6本である。緊張材の物性、および応力ひずみ曲線は、表-2、および図-2に示す通りである。コンクリートは、粗骨材最大寸法20mm、水セメント比37%、設計基準強度500kgf/cm²である。

載荷は、支点間距離4.2mの三等分点載荷とした。曲げ性状を検討するための供試体は材令3ヶ月で載荷試験を行い、有効プレストレスを検討するための供試体は図-3に示すようなフローで載荷試験を行った。

4. 実験結果と考察

(1) PC鋼棒を緊張材とした一体梁とCFRPロッドを緊張材とした一体梁との曲げ性状の比較

①両梁とも破壊形式は同様で、下段緊張材の破断によるものであった。また、両梁の破壊荷重は、設計通りほぼ同等となった（表-3に示す）。

②両梁のひびわれ発生荷重、およびひびわれ性状は同様であった。

③たわみ量の比較を図-4に示す。ひびわれ発生前のたわみはほぼ一致したが、ひびわれ発生後のたわみ量は、緊張材の弾性係数の影響により、CFRPロッドの場合の方が大きくなる傾向であった。

表-1 供試体の種類

供試体	梁形状	緊張材(本数)	σ_{es} (kgf/cm ²)
PI-1	一体梁	PC鋼棒	25.4
PI-2		(12本)	25.4
CI-1		CFRPロッド	25.8
CI-2		(12本)	24.9
CB-1	ブロック梁	CFRPロッド	12.5
CB-2			12.5
CB-3			12.5
CB-4*			12.3
CB-5*			12.3
CB-6		CFRPロッド	25.0
CB-7			25.0
CB-8			25.0
CB-9*			24.5
CB-10*			24.5

*有効プレストレスの安定性を検討するための供試体
 σ_{es} :試験時の有効プレストレス

表-2 緊張材の物性

	PC鋼棒	CFRPロッド
直径 (mm)	9.2	8.0
引張強度 (kgf/mm ²)	153	147
弾性係数 (kgf/mm ²)	20500	15600
破断時伸び (%)	10.00	0.95

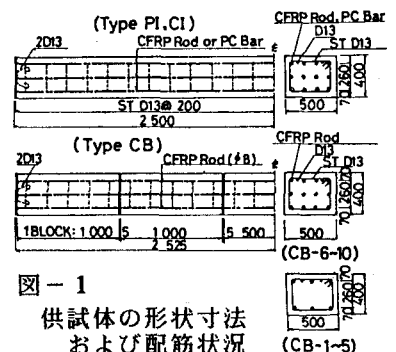


図-1 供試体の形状寸法および配筋状況

④両梁とも最大荷重時の曲率は、約 $8.8 \times 10^{-5} \text{cm}^{-1}$ でほぼ等しかった（表-3に示す）。

(2) CFRPロッドを緊張材とした一体梁とブロック梁との曲げ性状の比較

①両梁とも破壊形式は、下段緊張材の破断によるもので、同様であった。

②ブロック梁の破壊荷重は、一体梁の破壊荷重の5%減となった（表-3に示す）。

③たわみ量の比較を図-5に示す。ブロック梁の接合部の開口までは両梁のたわみ量は一致したが、開口後はブロック梁のたわみ量の方が一体梁のたわみ量に比べて大きくなり、一体梁のひびわれ発生荷重より3割程度大きい荷重から破壊までは、両梁のたわみ量の差は一定となった。たわみ量が一定となった時のブロック梁のたわみ量 δ_B と一体梁のたわみ量 δ_I との比（ δ_B/δ_I ）は、約2.0であった。

(3) CFRPロッドを緊張材としたアンボンドP C梁の有効プレストレスの長期の安定性

CFRPロッドを緊張材としたP C梁の有効プレストレスの実験値は、図-6に示す通り、土木学会コンクリート標準示方書に沿って計算した値にほぼ一致し、材令1年の範囲での有効プレストレスは安定していることが確認された。

(4) 改良したアンボンドP C梁の断面耐力算定手法およびひびわれ発生後の解析手法の評価

①断面耐力算定手法

改良手法によるアンボンドP C梁の断面耐力の計算値は、一体梁の断面耐力の実験値によく一致した（表-3に示す）。改良手法によって、精度よくアンボンドP C梁の断面耐力の算定が出来る。

②ひびわれ発生後の解析手法

圧縮縁コンクリートひずみについては、実験値に対して10~20%程度安全側に算出された。また、緊張材のひずみ、たわみについては、実験値に対して20~40%程度安全側に算出された（図-4に示す）。

5. まとめ

CFRPロッドを緊張材としたアンボンドP C一体梁は、P C鋼棒を緊張材としたアンボンドP C一体梁と同等程度の曲げ性状を持つことが示された。また、ブロック梁と一体梁との曲げ性状の関係も把握できた。さらに解析も可能であることから、CFRPロッドを緊張材としたアンボンドP C一体梁、およびブロック梁は、曲げ部材として設計することが可能であると考えられる。

<参考文献> 1) 坂静雄, 六車 照: 付着のないP C梁の破壊耐力, 日本建築学会論文報告集, 1958年

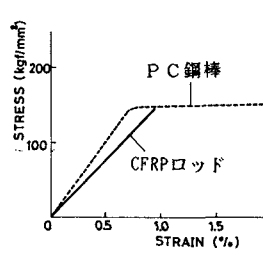


図-2 緊張材の応力-ひずみ曲線

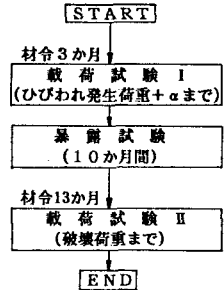


図-3 有効プレストレスを検討するための試験

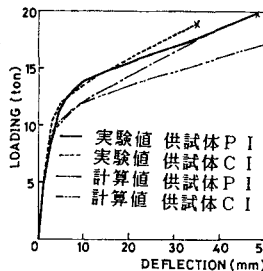


図-4 荷重-たわみ曲線 (PIとCIの比較)

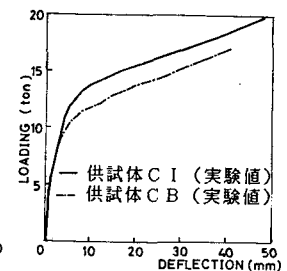


図-5 荷重-たわみ曲線 (CIとCBの比較)

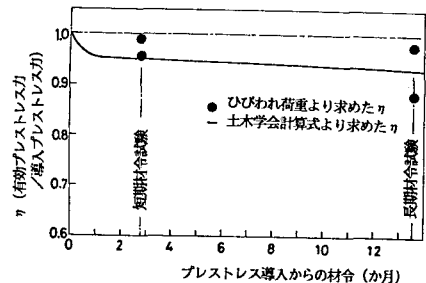


図-6 材令とηの関係

表-3 破壊荷重および最大荷重時曲率

	供試体名	破壊荷重		付着のある場合の計算値 (tf)	最大荷重時曲率 実験値 (10^{-5}cm^{-1})
		実験値 (tf)	改良手法による計算値 (tf)		
一体梁	PI-1	19.1			8.00
	PI-2	19.7	18.8	17.7	9.42
	平均	19.4	(0.97)	(0.91)	8.71
	CI-1	16.7			8.90
	CI-2	19.9	18.2	17.2	10.91
ブロック梁	平均	18.3	(0.99)	(0.94)	8.91
	CB-1	10.6			14.23
	CB-2	9.4			-
	CB-3	9.7	9.6	9.2	13.35
	CB-4	9.5	(1.00)	(0.96)	11.40
アンボンドP C梁	CB-5	8.8			8.38
	平均	9.6			11.84
	CB-6	16.7			10.52
	CB-7	17.1			9.28
	CB-8	18.1	19.2	18.4	11.40
アンボンドP C梁	CB-9	16.7	(1.10)	(1.05)	6.90
	CB-10	18.7			8.64
	平均	17.5			9.34

() 内は、実験値の平均値との比を表す。