

(65) アラミドFRPポステン橋の設計と施工

住友建設株式会社	土木部	正会員	○水谷 淳
同 上	土木部	正会員	則武 邦具
同 上	土木部	正会員	益子 博志
同 上	技術研究所		中井 裕司

1. はじめに

近年、新素材FRP(Fiber Reinforced Plastics)を建設分野で用いようとする気運が高まってきた。中でも、アラミド(Aramid)繊維や炭素繊維の持つ高張力特性を利用し、これらの材料を従来の高張力鋼に替わるPC緊張材として用いようとする研究開発が盛んに行われている。著者らは、高張力繊維の中でも特に耐久性・耐アルカリ性に優れ、安定した高張力特性を発揮するアラミド繊維(帝人(株)テクノラ®)に注目し、新しいPC緊張材の研究開発を行ってきた。各種の基礎研究の結果、アラミドFRPを用いた新しい緊張材の研究は実用化の段階に達したと判断し、その実用性を証明するためにアラミドFRP緊張材を用いた実用規模のプレストレストコンクリート道路橋を建設した。

アラミドFRPを緊張材に用いた実証橋は、プレテンション合成床版橋(L=12.5m)とポストテンション箱桁橋(L=25.0m)の二種類で、両橋とも緊張材には全てアラミドFRPを使用している。尚、プレテン橋の設計・施工については前回の同シンポジウムで既に報告している。⁽¹⁾⁽²⁾そこで今回は、ポステン橋の設計及び施工について述べる。

2. アラミドFRPポステン橋の概要

アラミドFRPを緊張材に用いたプレストレストコンクリート道路橋は、住建コンクリート工業(株)小山工場内に資材やコンクリート製品の搬入出用の道路橋として建設された。本橋は図-1に示すように片車線づつをプレテン橋とポステン橋で並列に作ったものである。プレテン橋は橋長12.5mの3主桁合成床版橋、ポステン橋は橋長25.0m、桁高1.90mの箱桁橋である。

ポステン橋におけるアラミド緊張材の配置は図-2(断面図)、図-3(側面図)に示すようである。主ケーブルとしてはウェブ内に配置した内ケーブルとボックス内に配置した外ケーブルの2種類を用いている。内ケーブルはφ6mm異形ロッドを19本束ねたものを1本の主ケーブルとし、同一角度(7°)で曲げ上げ配置した。外ケーブルにはφ6mm異形ロッドを7本束ねたものを用い、直線配置とした。

施工手順は従来のポステン橋の施工と同様である。

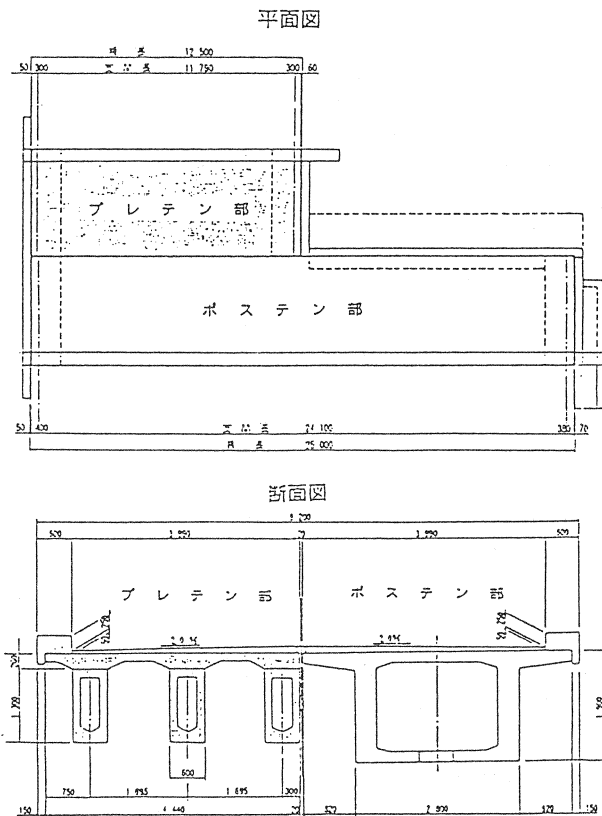


図-1 アラミドFRP実証橋の概要

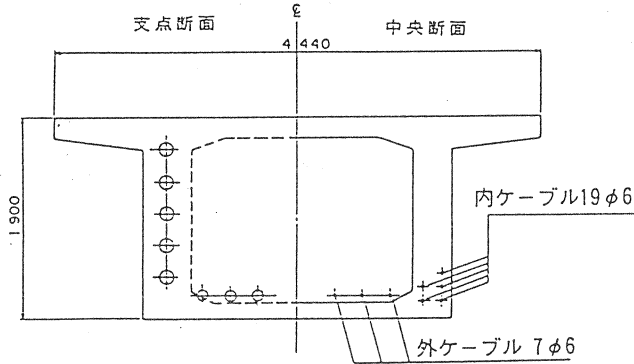


図-2 アラミドFRP緊張材配置断面図

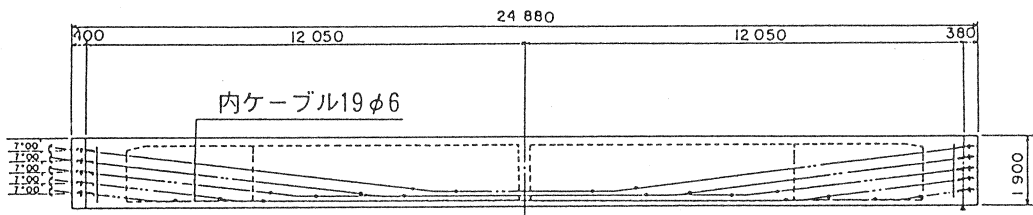


図-3 アラミドFRP緊張材配置側面図

3. アラミドFRP緊張材について

アラミドFRP緊張材はアラミド繊維(テクノーラ®)をビニルエステル樹脂で固めた複合材料で、優れた強度特性や耐久性を持っている。材料が高分子材料であるので、厳しい腐蝕環境下でも全く錆びる心配はない。

アラミドFRP緊張材の基本物性は表-1に示すようであり、PC鋼材と同等以上の安定した高い引張り強度を発揮する。アラミドFRP緊張材は各種類のものが作られているが、本実証橋ではコンクリートとの付着特性を高めたφ6mm異形ロッドを緊張材として用いた(図-4)。

表-1 アラミドFRPロッドの基本物性

マトリックス樹脂	ビニルエステル
繊維含有率(Vf) (%)	65
引張強度(kgf/mm ²)	190
引張弾性率(kgf/mm ²)	5,400
破断時の伸度(%)	3.7
純リラクセーション率(%)	7~14

4. 設計条件

本橋は道路橋示方書に従って設計を行っている。設計条件は表-2に示すようである。荷重はTL-20を用いているが、コンクリート製品の搬出用トレーラー荷重(軸重30t)についても検討を行っている。

アラミドFRP緊張材の仕様は表-3に示すようであり、その許容引張応力度は現行の基準値と同じ値を使用している。

アラミドFRP緊張材のリラクセーションはリラクセーション試験より30年後の推定値として約14%という値が得られており、設計ではこの値を用いた。

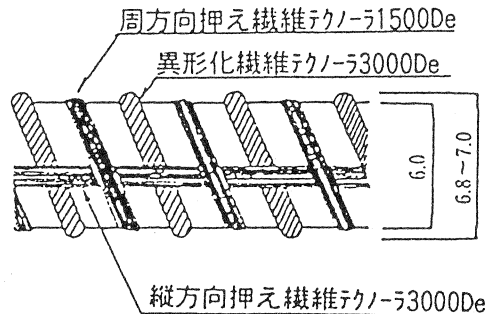


図-4 アラミドFRPφ6mm异形ロッド

表-2 設計条件

橋 長	25.000 m
支 間 長	24.100 m
幅 員	0.6m + 3.99m
横 断 勾 配	2.0 %
活 荷 重	TL-20
衝 撃 係 数	$i = \frac{10}{25+L}, \frac{20}{50+L}$
設計水平震度	Kho=0.2

表-3 アラミドFRP緊張材の仕様

項 目		緊張材の種類	
		外ケーブル (7φ6)	内ケーブル (19φ6)
保証引張耐力 (Pu)		35.7 tf	80.0 tf
許容引張力	プレストレス中	0.8 Pu	
	プレストレス導入直後	0.7 Pu	
	設計荷重時	0.6 Pu	
リラクセーション率		1.4 %	

5. 緊張力とプレストレス

導入プレストレスは、アラミドFRP緊張材とシースの摩擦及びコンクリートの弾性変形を考慮して計算する。有効プレストレスは導入プレストレスにコンクリートのクリープ乾燥収縮及びアラミドFRP緊張材のリラクセーションを考慮して計算する。摩擦係数は角変化1ラジアン当りの摩擦係数 $\mu = 0.23$ (試験結果より)、緊張材単位長さ当りの摩擦係数 $\lambda = 0.004$ とした。尚、シースにはアラミドFRP緊張材との摩擦が少ない硬質ポリエチレンシースを用いている。

アラミドFRPによるプレストレス力は表-4に示すようである。アラミドFRPはリラクセーションによる応力損失は大きい、その反面、弾性係数がPC鋼材の1/4と小さく、コンクリートのクリープや乾燥収縮による応力損失は小さい。従って、全体の応力損失を比較した場合、アラミドFRP緊張材とPC鋼材とはほぼ同じ程度となる。⁽³⁾

表-4 アラミドFRP緊張材のプレストレス力

項 目		緊張材の種類	
		外ケーブル (7φ6)	内ケーブル (19φ6)
導入時のプレストレス力(Pt)		51.7 tf	24.8 tf
有効プレストレス力 (Pe)		43.3 tf	20.9 tf
有効係数 (Pe)/(Pt)		0.84	0.84

6. ケーブル及び定着体

今回使用したケーブルは内ケーブル10本と外ケーブル6本の2種類、計16ケーブルである。内ケーブルはケーブル製作段階でシースを付けて製作し、それを現場に搬入して配置した。外ケーブルはコンクリート硬化後、緊張前に配置した。外ケーブルが桁内で露出する部分は透明ビニールホースで保護した。

定着体はアラミドFRP緊張材用に開発した付着定着体を使用した。特に、外ケーブルに使用した定着体は耐蝕性を考慮してFRP製の定着体とした。内ケーブル、外ケーブルともネジ式定着体である。

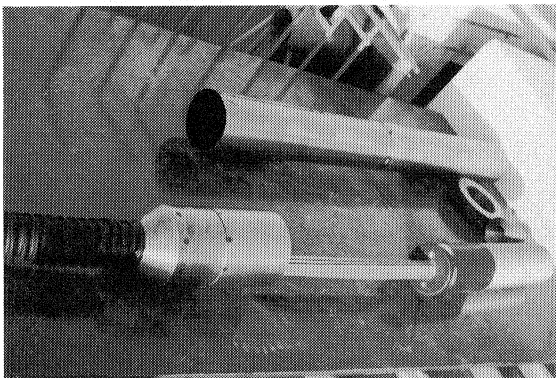


写真-1 外ケーブル (19φ6)鋼製定着体

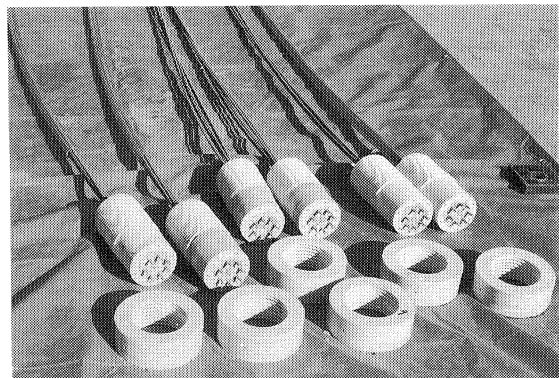


写真-2 内ケーブル (7φ6)FRP製定着体

7. 緊張及び緊張管理

アラミドFRP緊張材は弾性係数が小さく伸びが大きい。橋長25mのポステン橋では全体で500mm以上の伸びが生じ、緊張時のジャッキの盛り替え作業が多くなる。そこで、緊張作業には盛り替え作業が自動的に行える自動緊張ジャッキ(住友建設(株)開発)を用いて行った。(写真-3参照)

緊張管理は、内ケーブルに関しては摩擦係数により管理した。緊張作業に先立ち、試験緊張を行って摩擦係数及び見掛けのヤング係数を求めて緊張管理を行った。摩擦係数、見掛けのヤング係数は以下のである。

- ・摩擦係数 $\mu = 0.20$
- ・見掛けのヤング係数 $E_p = 4930 \text{ kgf/mm}^2$

摩擦係数の管理限界は $\mu \pm 0.4$ とした。

尚、外ケーブルに関しては、摩擦がないので、緊張材の伸びと荷重によって管理した。

以上の結果より、アラミドFRP緊張材を用いた場合でも、緊張管理は従来の緊張管理方法で管理できることが明らかになった。

8. おわりに

アラミドFRPを緊張材に用いたプレストレストコンクリート道路橋は世界でも初めてのものである。プレテン橋も含め、アラミドFRP橋梁の建設に際しては、緊張材の取扱い方や施工に関するあらゆる種類の確認試験を実施した上で施工を行った。これら一連の試験や実橋の建設を通して、アラミドFRPを緊張材に用いたPC構造物の実用化技術が確立された。

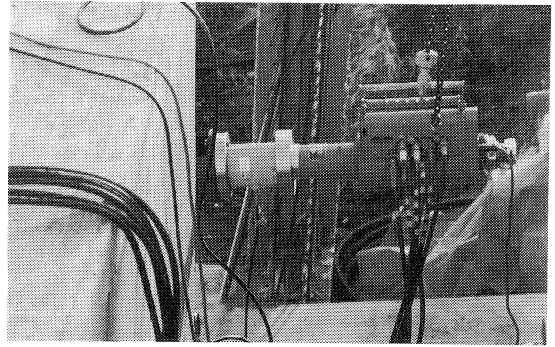


写真-3 自動緊張ジャッキによる緊張作業

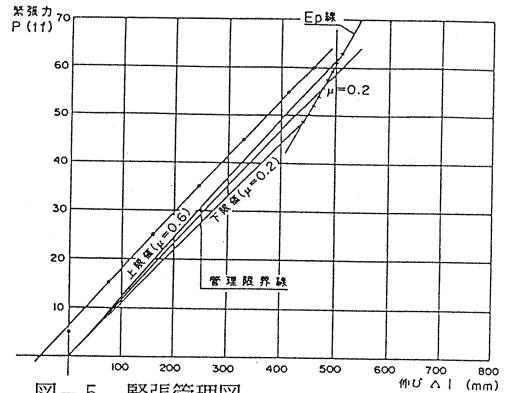


図-5 緊張管理図

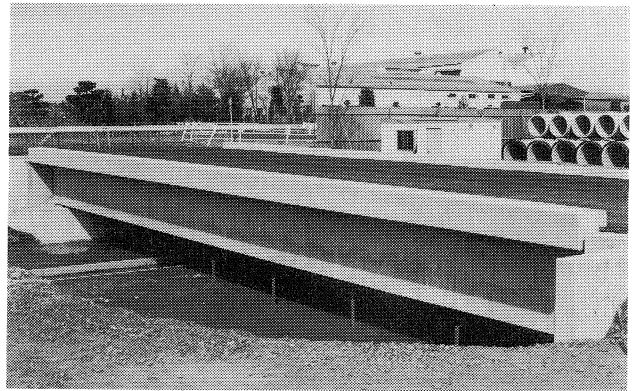


写真-4 アラミドFRP実証橋完成写真

[参考文献]

- (1) 則武, 中井, 熊谷, 水谷: アラミドFRP緊張材の使用特性、プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集。1990.10, pp257~260
- (2) 則武, 板井, 新井, 益子: アラミドFRPプレテン橋の設計と施工、プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集。1990.10, pp261~264
- (3) 水谷, 則武, 中井, 益子: AFRPロッドを緊張材に適用した実証橋の設計施工、JCIシンポジウム「プレストレス原理・技術の有効利用」論文集。1991.7