

報告

[2137] 外ケーブル用マルチタイプ連続繊維補強材の定着システムと曲げ引張性状

徳光 卓\*1・樋野勝巳\*2・丸山久一\*3・睦好宏史\*4

1. まえがき

外ケーブル工法はケーブルの損傷状況が目視でき、取り替え・再緊張が容易となるなど、維持管理に優れており、また、損傷した既設橋梁の補強だけでなく、新設橋梁においても内ケーブルと併用することにより現場の大幅な省力化が図れるなど様々なメリットを有する。

外ケーブルの場合、緊張材が露出するため、材料の選定にあたっては将来的に取り替えを前提とするか、耐久性に優れた材料を用いるかの2通りがあり、後者の場合には連続繊維緊張材の使用が考えられる。

現在、連続繊維緊張材は材料・形状など様々な製品が開発されているが、外ケーブル工法に適用するには、曲げ上げや定着方法など解決すべき課題も多い。筆者らは連続繊維緊張材を外ケーブル工法の緊張材料として用いるための基礎的な実験を行い種々のデータを得た。

本論では、連続繊維緊張材をマルチケーブルとして用いた場合の、定着システムと曲げ引張性状などについて報告する。

2. 使用材料

連続繊維材料として、より線状炭素繊維ケーブル、組み紐状アラミド繊維ケーブル、並行束状アラミド繊維ケーブルの3種類を用いた。材料の概要を表-1に示す。

より線状炭素繊維、組み紐状アラミド繊維ケーブルは樹脂含浸成形されたものであり、並行束状アラミド繊維ケーブルはアラミド繊維を並行に束ね、これをポリエチレンシースで被覆することにより一体としたもので樹脂は使用されていない。また、炭素繊維ケーブルも破断時の飛散防止と曲げ上げ部での摩擦低減のためにポリエチレン被覆を施したものを使用した。

3. 定着装置

マルチケーブルの緊張能力は実用性を考慮し60 t以上に定めた。各定着具の概要は表-2に示す通りである。くさび式定着具の例を図-1に示す。くさび式定着具はセ

表-1 使用連続繊維材料の諸元(カタログ値)

繊維の種類	加工形状	線径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	保証破断荷重 (kgf)	引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kgf/mm <sup>2</sup> )
炭素繊維	より線状	φ12.5mm	76.0	14,500	190.8	14,300
アラミド繊維	組み紐状	φ14.7mm	170	24,000	141.2	7,000
アラミド繊維	並行束状 (*ポリエチレンシース被覆)	φ24mm	452	60,000	132.7	12,900

\*1 (株)富士ピー・エス本店技術部開発課 (正会員)  
 \*2 ショーボンド建設(株)エンジニアリング本部技術部課長  
 \*3 長岡技術科学大学助教授 工学部建設系、Ph. D. (正会員)  
 \*4 埼玉大学助教授 工学部建設工学科、工博(正会員)

ット後ただちに緊張が行える反面、構造上、定着部において各ケーブルの張力差を吸収できないためセットに熟練を要し、定着具の外径が大きくなる難点がある。

定着用膨張材による定着具を図-2に示す。本方式はくさび式に比べ定着具の径を小さくでき、シングルケーブルの保証破断荷重から求めたマルチケーブルの緊張能力を上回る耐力が得られる利点を持つ。[1]

反面、本方式は膨張材の充填に熟練を必要としないものの実用膨張圧発現に2日を要し、ケーブル配置から緊張までの工程ロスを生ずる難点がある。

表-2 定着具の概要

使用材料	線径×使用本数 (mm)	緊張能力 (tf)	定着方法	定着具 の材質
より線状 炭素繊維	φ12.7×6本	87	ダイカスト付きくさび定着方式	鋼製
			定着用膨張材定着方式	鋼製
組み紐状 アラミド繊維	φ14.7×4本	96	くさび定着方式	鋼製
並列束状 アラミド繊維	φ24×1本	60	くさび定着方式	アルミ

※緊張能力は保証破断荷重×使用ケーブル本数による

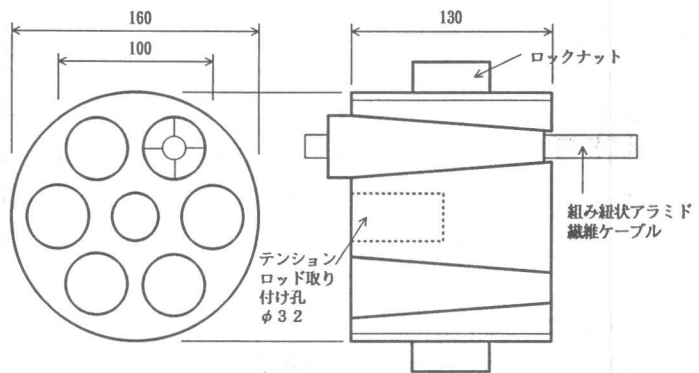


図-1 くさび式組み紐状アラミド繊維ケーブルマルチ定着具

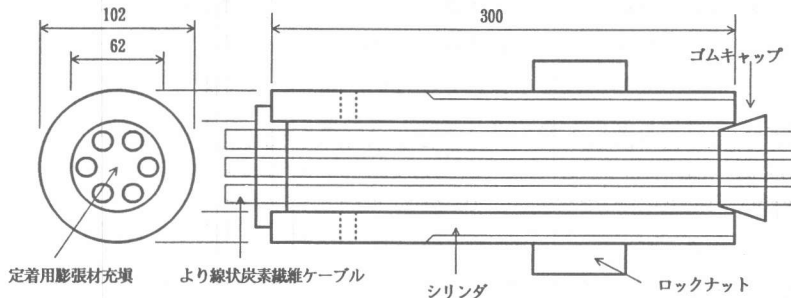


図-2 定着用膨張材定着炭素繊維ケーブルマルチ定着具

#### 4. デビエータ

外ケーブル工法に連続繊維緊張材料を適用する場合、デビエータ部において角度が急変するため、角変化による緊張力のロスと同時に、ケーブル自体の強度低下が問題になる。[2]

そこで、本試験では新たに連続繊維緊張材マルチケーブル用曲げ上げブロックを考案した。くさび定着用曲げ上げブロックの例を図-3に示す。くさび定着用曲げ上げブロックはモルタル製であり、各ケーブル毎に塩ビパイプφ25mm製のケーブル孔を設けることにより接触面の摩擦を小さくし、かつ接触面が出来るだけ面タッチとなるよう工夫されている。また、パイプの両端は曲げ上げ方向にR=250~100mmで拡幅し、曲げ上げによる角当りが無いようにしている。定着用膨張材定着・並列束状アラミド用は6穴をφ65mmの1穴としたもので、同様な工夫を施している。

## 5. 曲げ上げ破断実験

曲げ上げ破断実験は図-4に示されるような装置により実施した。

曲げ上げ角度は外ケーブル工法における実際を考え、 $11.5^\circ$ に設定し、また、装置の定着板～定着板間隔はケーブル間の張力のばらつきを抑えるため、 $3.9\text{m}$ と長めに設定した。

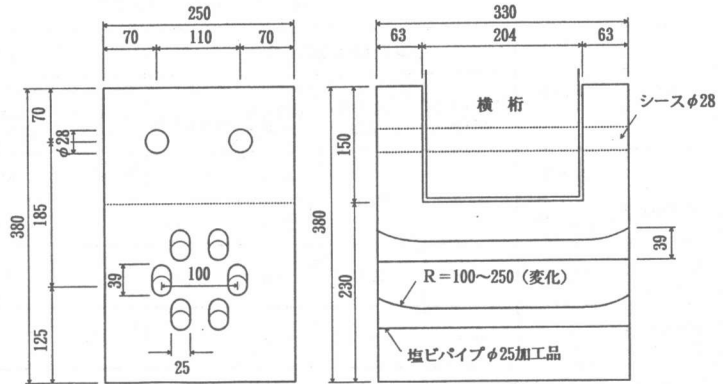


図-3 くさび定着式マルチケーブル用曲げ上げブロック

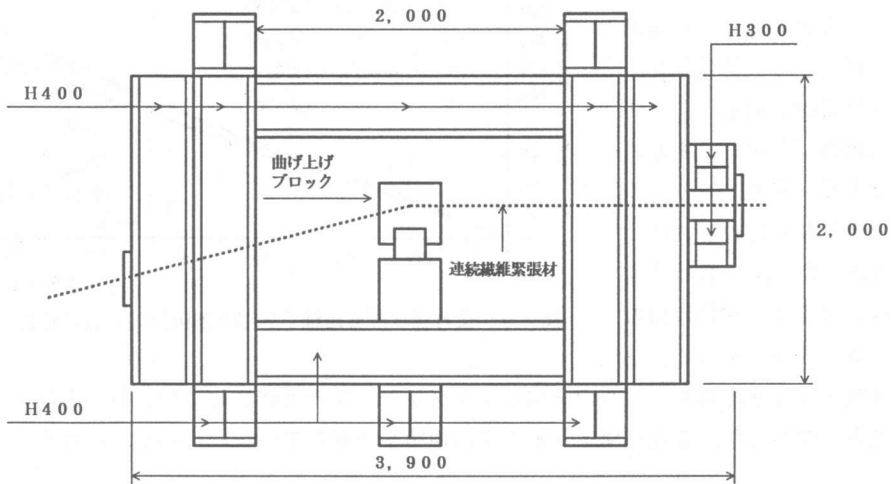


図-4 曲げ上げ緊張試験装置

## 6. 実験結果

実験結果の総括を表-3に示す。マルチケーブル曲げ上げ緊張供試体の数は、より線状炭素繊維ケーブル供試体の内、くさび定着が2体、定着用膨脹材定着が1体であり、組み紐状アラミド供試体、並列束状アラミド供試体は各1体である。

終局状態は各材料とも多本数の内1本の破断によるものである。破断箇所は炭素繊維が曲げ上げ部、組み紐状アラミドが定着部前面であり、並列束状アラミドはその特定が不可能であった。

より線状炭素繊維マルチケーブル曲げ上げ緊張での破断荷重は、シングルでの曲げ上げによる強度低下率に直線緊張でのマルチケーブルの破断荷重を乗じた値に比べ、1割程度安全側の値となっており、マルチケーブルを曲げ上げることで新たな強度低下要因の発生は見られなかった。

組み紐状アラミド繊維ケーブルは定着部で破断しており、ここで見られる強度低下は曲げ上げによる強度低下でなく、くさび定着工法が持つ定着効率のばらつきによるもの推定される。

また、炭素繊維ケーブルの曲げ上げ試験結果において、定着方法の差、および曲げ上げブロックでのケーブル接触面の差による破断荷重の違いは見られなかった。

表-3 試験結果総括

使用材料	定着方法	直線緊張での破断荷重(tf)				曲げ上げ緊張での破断荷重(tf)				
		① シングル 破断荷重	②マルチ 破断荷重 の理論値	③マルチ 破断荷重 の実測値	③/② 強度低下率	④ シングルでの 強度低下率	③×④ マルチ破断 荷重推定値	⑤マルチ 破断荷重 の実測値	⑤/③ 強度低下率	⑤/(③×④) 実測値 /推定値
より線状 炭素繊維	ダイキャスト	17.3	103.8	*a 82.0	0.80	*c 0.74	61	69	0.84	1.13
	定着用膨張材			*b 92.5	0.89	—	—	70	0.76	—
組み紐状 アラミド	くさび	20.8	41.6	*a 41.3	0.99	*a 0.80	33	*d (38.5)	>0.93	1.17
並列束状 アラミド	くさび	65.2	—	65.2	—	*a 1.00	65.2	*e (66)	(1.01)	1.01

※上表中、組み紐状アラミドは4本マルチで破断しなかったため、2本マルチで実施した。 \*aはメーカーによる試験値(ロットは異なる)

\*bは原田らによる [1] \*cは榎本らによる [2] \*dは定着部での破断 \*eシングルケーブルでの値

試験時、各ケーブルにストレインゲージを貼付しひずみを測定した。図-5に炭素繊維ケーブルくさび定着の例を示す。炭素繊維の場合、ケーブル相互の張力差は15%程度であり、曲げ上げによる緊張力のロスは5%程度であった。組み紐状アラミド繊維の場合は、同様に張力差3%、ロス7%であった。

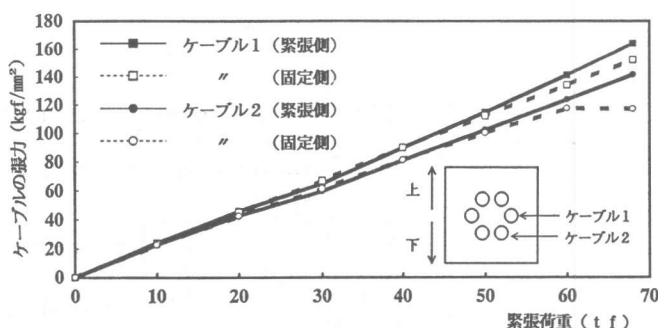


図-5 より線状炭素繊維くさび定着供試体における張力測定結果

並列束状アラミド繊維ケーブルの試験はシングルケーブルで実施したが、曲げ上げによる強度低下は見られなかった。これはマトリックスに樹脂を使用していないためと思われる。

## 7. まとめ

- 1) より線状炭素繊維マルチケーブルを曲げ上げた場合の強度低下率は、マルチケーブル・曲げ上げによる各々の強度低下率を乗じた値に比べて安全側となった。
- 2) より線状炭素繊維マルチケーブルの定着方法による曲げ上げ耐力差はみられなかった。
- 3) ケーブル張力のばらつきは、より線状炭素繊維で15%、組み紐状アラミドで3%程度であった。曲げ上げによる緊張力のロスは、各々5%、7%程度であった。
- 4) 並列束状アラミド繊維ケーブルの曲げ上げによる強度低下はみられなかった。

今後、さらに実験を進め曲げ引張性状の確認を行ってゆきたい。実験にあたり東京製綱(株)、神鋼鋼線工業(株)、帝人(株)より多大な協力を戴いた、深謝致します。

## (参考文献)

- [1] 原田哲夫、ミヨーキン、樋野勝巳、徳光卓：定着用膨張材を用いた連続繊維緊張材マルチケーブルの定着法、プレストレストコンクリートの発展に関するソポゾウム論文集、P285-290、1992.11
- [2] 榎本剛、山藤紀彦：CFRPストランドの曲げ引張耐力に関する実験的研究、土木学会第46会年次学術講演会、P232-233、1991.9