

I - A279

炭素、あるいはアラミド繊維と鋼線とで構成されたハイブリッド・ケーブルを使用するニールセン・ローゼ橋の耐荷力特性について

大阪市立大学大学院 学生員 内田 諭
大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
㈱神戸製鋼所 正 員 三田村武
㈱神戸製鋼所 稲山正幸

1. まえがき 最近、表-1に示すように、鋼線に比べて著しく軽量で、引張強度の高い種々な新素材が開発されている。そこで、鋼線とこれらの新素材とを組み合わせれば、新素材の脆性であるという欠点と鋼線が腐食するという欠点とを互いにカバーでき、両者の利点とがともに最大限発揮できるケーブルが開発されるはずである。そこで、本研究においては、鋼線の周りを新素材で覆ったハイブリッド・ケーブル¹⁾を考案し、それをニールセン・ローゼ橋に適用した場合の耐荷性・安全率を弾塑性有限変位解析によって検討した。

2. ハイブリッド・ケーブルの限界状態と安全率 文献1)と同様に、以下の3つの限界状態について、それぞれ異なる安全率 ν を設定した。すなわち、①鋼線の降伏限界状態に対しては $\nu_Y=1.7$ 、②終局限界状態に対しては $\nu_U=3.0$ 、また③何らかの理由で新素材が破断するハザード状態に対しては $\nu_R=1.1$ を設定する。図-1には、ハイブリッド・ケーブルを用いた橋梁の模式的な荷重-ひずみ曲線を、上記の安全率 ν とともに例示する。ここで、図中の D は死荷重、 L は活荷重、また PS はプレストレス力を意味する。

3. ハイブリッド・ケーブル断面の設計 ハイブリッド・ケーブルの断面積比の決定は、各限界状態における力のつり合い条件式にもとづくこととした。

まず、鋼ケーブル・モデルの鋼線の断面積を $A(\text{cm}^2)$ 、降伏点を $\sigma_{YS}(\text{kgf/cm}^2)$ 、および安全率を $\nu=2.5$ とみなすと、ケーブルの引張強度 P は、次式で与えられる。

$$P=A \times \sigma_{YS}=2.5 \times P_0$$

ここに、 P_0 は、ケーブルの許容引張力である。

つぎに、ハイブリッド・ケーブルの鋼線、および新素材の断面積を、それぞれ $A_S(\text{cm}^2)$ 、および $A_n(\text{cm}^2)$ とすると、ハザード状態における力のつり合い条件式は、次式で与えられる。

$$1.1P_0=\sigma_{YS} \times A_S \quad (2)$$

また、新素材の引張強度を σ_n とすると、終局限界状態における力のつり合い条件式は、次式となる。

$$3.0P_0=1.1P_0+\sigma_n \times A_n \quad (3)$$

さらに、降伏限界状態における力のつり合い条件式は、鋼線の降伏ひずみ ϵ_{SY} 、また鋼線、および新素材のヤング係数をそれぞれ、 E_S 、および E_n とすると、

$$1.7P_0=\epsilon_{SY}(E_S A_S+E_n A_n) \quad (4)$$

で与えられる。それらの式による試設計を行った結果によると、炭素繊維の断面積は終局限界状態で決定され、またアラミド繊維は降伏限界状態で決定されることがわかった。

4. 解析モデル 図-2には、支間長が254mのニール

セン・ローゼ橋の解析モデルを示す。なお、この解析モデルでは、アーチリブ、上横繋ぎ材、および補剛桁に弾塑性箱形断面梁・柱要素、またケーブルに弾塑性ロッド要素を用いた。そして、この解析モデルのケーブル

表-1 各ケーブル材料の機械的性質

項 目	降伏点 $\sigma_{YS}(\text{kgf/cm}^2)$	ヤング係数 $E(\text{kgf/cm}^2)$
鋼 線	16,000	2.00×10^6
炭素繊維	50,000	2.35×10^6
アラミド	35,000	1.00×10^6

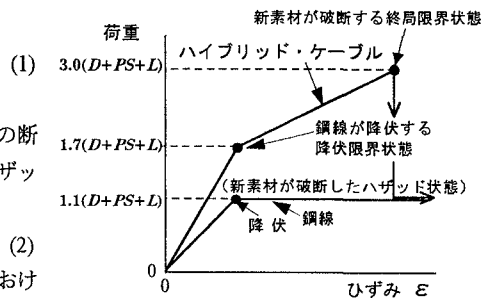


図-1 ハイブリッド・ケーブル素線に対する模式的な荷重-ひずみ曲線

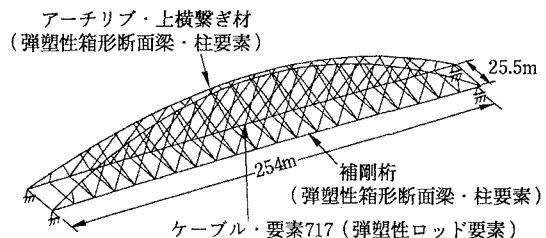


図-2 解析モデル

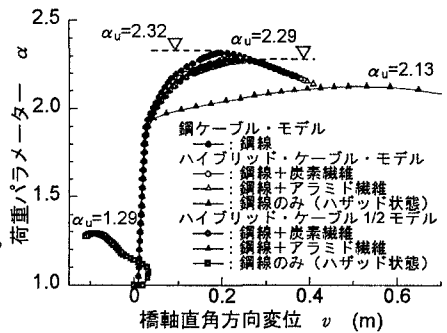
Key Words : ハイブリッド・ケーブル、新素材繊維、ニールセン・ローゼ橋、耐荷力、安全率

〒558 大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL 06-605-2735 FAX 06-605-2765

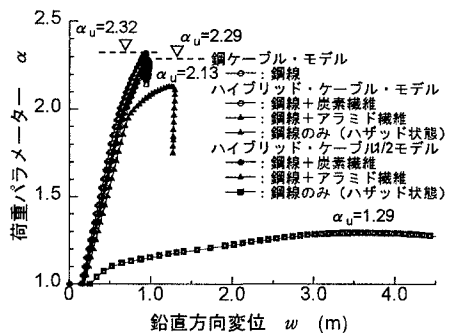
に鋼線を用いた①鋼ケーブル・モデル、ハイブリッド・ケーブルを用いた②ハイブリッド・ケーブル・モデル、そして鋼線の断面積を1/2に減らし、式(2)を無視して断面を設計した③ハイブリッド・ケーブル1/2モデルの3つに対して、弾塑性有限変位解析²⁾を行った。なお、対象とした荷重の組合わせは、死荷重と活荷重とである。このうち、活荷重は、満載するものとした。

5. 解析結果とその考察 解析結果を、図-3、および表-2に示す。これらの図表において、係数 α は設計荷重に対する倍率を表す荷重パラメータであり、また α_u は終局限界状態における α の値である。これらの解析結果によると、以下の諸点が、明らかとなった。

- (1) 鋼ケーブル・モデル、ハイブリッド・ケーブル・モデル、およびハイブリッド・ケーブル1/2モデルとを比較すれば、アーチクラウン、および支間中央部の変位 v 、および w には、大差が見られなかった。
- (2) 同様に、終局強度についても、大差が見られなかった。これは、ニールセン・ローゼ橋の場合、ケーブルの剛性の終局強度に及ぼす影響が小さいためであると考えられる。また、ハイブリッド・ケーブル・モデルでは、ハザード状態に対して設定した安全率 $\nu_R=1.1$ を著しく上回り、実安全率が2.13となった。しかし、ハイブリッド・ケーブル1/2モデルでは、ハザード状態に対する実安全率が1.29となった。



(a) アーチクラウン



(b) 支間中央部

図-3 荷重パラメータ—変位曲線

表-2 各モデルのケーブル(要素 717)の諸定数、および終局荷重パラメータ

項目		鋼線の断面積	新素材の断面積	ハイブリッド・ケーブル	伸び剛性	終局荷重パ
ケーブルの種類	構成材料	$A_s(\text{cm}^2)$	$A_n(\text{cm}^2)$	の断面積 $A_s+A_n(\text{cm}^2)$	$EA(\times 10^6\text{kgf})$	ラメーター α_u
鋼ケーブル	鋼線	21.17	—	21.17	42.34	2.32
ハイブリッド・ケーブル	鋼線+炭素繊維	9.314	5.149	14.463	30.73	2.29
	鋼線+アラミド	9.314	10.144	19.458	28.77	2.28
	ハザード状態	9.314	—	9.314	18.63	2.13
ハイブリッド・ケーブル1/2	鋼線(1/2)+炭素繊維	4.658	6.639	11.297	24.92	2.28
	鋼線(1/2)+アラミド	4.658	19.456	24.114	28.77	2.29
	ハザード状態(鋼線1/2)	4.658	—	4.658	9.32	1.29

6. まとめ ハイブリッド・ケーブルを使用したニールセン・ローゼ橋の挙動は、鋼線を用いたニールセン・ローゼ橋の挙動と比較すれば、大差が無い。また、鋼線の断面積を1/2と少なく、新素材の断面積を多くしたハイブリッド・ケーブルについても、ハザード状態における安全率が十分に確保できることが確認された。したがって、ニールセン・ローゼ橋の場合、鋼線の断面積を1/2に減らしたハイブリッド・ケーブルは、実橋への適用が可能であると考えられる。今後は、鋼ケーブルとハイブリッド・ケーブルとの断面積を等しくし、ハイブリッド・ケーブルの本数、すなわちケーブル定着部の数を少なくすることによる経済効果についても、検討を加える必要がある。

なお、本研究は、平成7～9年度の文部省・科学研究費補助金・基盤研究B(1)(研究代表者：中井 博)の研究活動の一環として行っているものである。

参考文献 1)中井 博・北田俊行・内田 諭：ハイブリッド・ケーブルの斜張橋への適用に関する基礎的研究、

平成8年度土木学会関西支部年次学術講演会・講演概要集、pp. I-60-I-61、平成8年5月15日

2)北田俊行・大南亮一・丹生光則・田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐荷力解析用の汎用プログラム開発、構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、日本鋼構造協会、第13巻、pp. 89～94、1989年7月