

京都大学大学院 学生員○高津 徹

京都大学工学部 正会員 松本 勝

三菱重工業株式会社 正会員 所 伸介¹⁾

京都大学大学院 学生員 本田 肇

1) 研究当時 京都大学大学院

1. まえがき 本研究は、橋梁の中でも比較的設計自由度の高い斜張橋について、そのケーブル張り渡し形状を考究するものである。まず、2面吊りケーブルの造形因子として面構成及び錯綜感を抽出し、ケーブル段数と視点場を変化させた図を用いてアンケート調査を行った。その結果に基づく回帰式から各種張り渡し形状のパラメータを様々に変化させたときの面構成と錯綜感の変化について考察し、視点場による影響を考慮した美しいケーブルの張り方を考究することを主たる目的とした。

2. ケーブル形状の造形美 ケーブル形状の背後に視界を妨げるものがないとした場合、ケーブル形状の美観評価を決定づける要素としては様々なものが考えられるが、本研究では、ケーブル形状の定量的評価を進めるために、錯綜感に注目し定量的評価を試みることにした。

3. 視点場および各パラメータの定義 視点場を決定づけるパラメータとして、図-1に定義するが、2面吊りではこれらのパラメータの変化によって前後のケーブル面の重なり具合が変化し、それ故錯綜感の強さも変化する。特に視線入射角の変化は、錯綜感の強さの変化に最も大きな影響を及ぼすものであると考えられる。そこで本研究では、問題の複雑化を避けるため、鉛直視角・視点距離を固定し、視線入射角のみを変化させて以下の考察を行うことにした。また、錯綜感の強さを決定づける因子として、表-1に示される16個の因子を選んだ。なお、ここでは、ケーブル交差点のうち、図-2のようにまとまって知覚されると考えられるグループに対して、ケーブル面下方から第一節、第二節と定義し、ケーブル面中央部に最も接近して表われる節を注視部分節と定義している。さらに、図-2の下に示すような5個の形状パラメータによって、ケーブル形状を特徴づけた。

表-1 錯綜感の強さを決定づける16個の因子

1.	ケーブル面の充実率
2.	ケーブル段数
3.	ケーブル面が相互に交差する面積
4.	ケーブルが交差する交点数
5.~10.	ケーブルが交差する交差角の分散値 [全体,各第 <i>i</i> 節内(<i>i</i> =1~4),注視部分節内]
11.~16.	ケーブルが交差する交差角の平均値 [全体,各第 <i>i</i> 節内(<i>i</i> =1~4),注視部分節内]

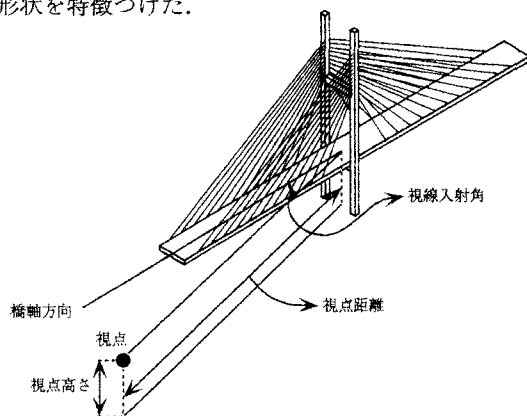
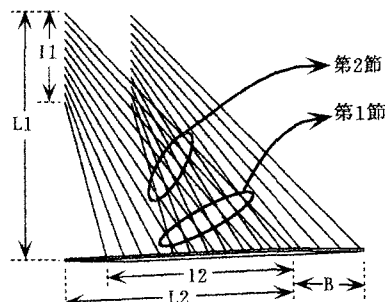


図-1 視点場を決定づけるパラメータ



1. ケーブル段数
2. $L1/B$: 最上段ケーブル鉛直成分/ケーブル面間隔
3. $L1/L2$: 最上段ケーブル鉛直成分/最上段ケーブル水平成分
4. $L1/L1$: 主桁ケーブル支持部分長/最上段ケーブル鉛直成分
5. $L2/L2$: 主桁ケーブル支持部分長/最上段ケーブル水平成分

図-2 第*i*節とケーブル形状パラメータの定義

4. ケーブルモデルに対するアンケート調査 横浜ベイブリッジの値を参考にして、3.で示したそれぞれの形状パラメータを、独立に3段階変化させた計15個のケーブルモデルを作成した。そして、まず最もケーブル形状の見えの変化に大きく影響を及ぼすと考えられるケーブル段数を変化させたモデル3つ（6段、11段、16段）を用いて、鉛直視角4度、視点距離2500mで視線入射角を15度から75度の間で5度ピッチで変化させたものを描き、これら計39個のケーブル形状に対して錯綜感を感じるか否かという形式で、無作為抽出140名の被験者に対しアンケート調査を行った。

5. アンケート結果および考察 錯綜感を感じるとした人の割合を錯綜感と定義し、アンケート結果より算出したものを図-3に示す。さらに、錯綜感を目的変数とし、3.で述べた16個の錯綜感の強さを決定づける因子を説明変数として重回帰分析を行った。説明変数の回帰式に対する寄与などを考慮しながら、説明変数を削除していった結果、有意性の高い式として以下のものが得られた。

$$Y=0.390-1.63X_1+0.00535X_2+0.00470X_3-0.0109X_4+0.00880X_5$$

ただし、Y：錯綜感を感じる人の割合 X_1 ：ケーブル面の充実率（片面）
 X_2 ：ケーブルの交点数 X_3 ：ケーブル交差角分散値（注視部分節）
 X_4 ：ケーブル交差角平均（全体） X_5 ：ケーブル交差角分散値（第2節）
 重相関係数 $R=0.926$ F値（ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 ）=（5.4, 38.0, 4.5, 11.8, 36.3）

それぞれの説明変数のF値から、特にケーブルの交点数とケーブル交差角の分散値（第2節）が錯綜感にとって大きな影響力を有していると考えられる。以下、この回帰式を用いて5個の形状パラメータの変化が錯綜感の変化に及ぼす影響について考察を行った。具体的には、まず回帰式とケーブルモデルを用いて各形状パラメータの変化に対する錯綜感を算出した。その一例としてL1/Bの変化についてのものを図-4に示した。ここで、錯綜感の全体的なおおよその特性変化は、視線入射角15度～35度（以下領域Ⅰとする）で上昇傾向を示し、視線入射角55度～75度（以下領域Ⅱとする）でほぼ一定値をとり、視線入射角55度～75度（以下領域Ⅲとする）でゆるやかな減少傾向を示していることが確認されたので、この3つの視点領域において錯綜感の変化特性が生じた要因について各形状パラメータをもとに調べていった。その結果を表-2に示す。この結果より、段数変化については一貫した傾向が見られなかったが、他の各形状パラメータの増減と視点場に従って、錯綜感が増減することを定量的に示すことが可能となった。

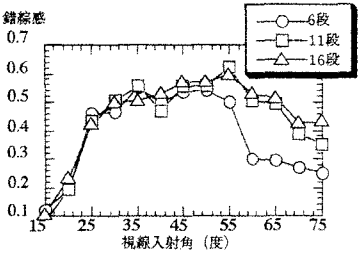


図-3 ケーブル段数の変化による錯綜感の特性変化

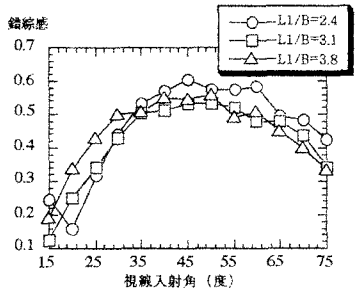


図-4 L1/Bの変化による錯綜感の特性変化

6. むすび 本研究では、ケーブル形状の造形美を決定づける要因のうち、とくに錯綜感に注目してその定量的評価を試みた。今後、他の要因についても定量的評価手法を確立し、それらを相互に結びつけることによって、ケーブル形状全体を定量的に評価する必要がある。また、周辺環境の影響や、主塔との調和に関しても考察を行うことが望まれる。

参考文献：河口至商著，“多変量解析入門Ⅰ”，森北出版，1973

表-2 視点場領域及び形状パラメータの変化による錯綜感の変化特性

	視点場領域		
パラメータ変化	視線入射角15度～35度	視線入射角35度～55度	視線入射角55度～75度
ケーブル段数変化	一貫した傾向は見られない	一貫した傾向は見られない	6段が小さくなる
L1/B変化	+	L1/B=2.4が大きくなる	—
L1/L2変化	—	—	一貫した傾向は見られない
L1/L1変化	++	—	—
L2/L2変化	++	++	++

+：パラメータの値が大きくなれば、錯綜感も強くなる傾向が若干認められる
 ++：パラメータの値が大きくなれば、錯綜感が強くなる明らかな傾向が認められる
 —：パラメータの値が大きくなれば、錯綜感が弱くなる傾向が若干認められる
 ---：パラメータの値が大きくなれば、錯綜感が弱くなる傾向が明確に認められる（L1/L1=0.8を除く）