

斜張橋と視点場

～視点場の高さを考慮した場合～

中部大学 学生員 酒井 克仁

中部大学 正 員 塩見 弘幸

1. はじめに

斜張橋はその特性から比較的大きなスパンに適用され、長大橋の範疇に入るものが多い。長大橋であることや塔とケーブルの形作る形態美から、斜張橋はモニュメント的な性格をもつともいえる。斜張橋をモニュメントとして眺める場合、大きい故の畏敬の念もその一要素であるが、斜張橋単体のデザインもモニュメントとしての良否に大に関係する。デザインを論じる場合は当然視点場が重要な因子であるので、本研究ではまずこの点に関し一連の研究を続けている¹⁾。

1.1 これまでの成果と今回の目標 文献1)では、斜張橋をモニュメントとして眺める場合の条件として、

a) 橋軸方向全体を一目で眺め得ること (60° コーン説の導入)、b) 手前の主塔を眺める際、ほどよい感覚が得られること (メルテンズの法則の適用)、c) 橋全体の最適な視線入射角、d) 手前の主塔に対する最適な視線入射角、の4条件を挙げ、これらの条件から得られる最適な視点場を提案した。本稿ではこの4条件にさらに視点と対象橋梁との相対的な高さを考慮した。この場合、1) 60° コーン説に対する視点場の高さの影響、2) メルテンズの法則に視点の高さの影響を考慮する、の2点について検討する必要がある。

2. 視点と対象との相対的高さの影響

2.1. 60° コーン説から得られる視点場 けたを基準とした水平面で描かれる60° コーンの円弧を橋軸を軸とし下方へ90° 回転さす。図-1は円弧を10° きざみで回転させた場合の回転体の透視図、側面図、および正面図である。回転体の外側では橋の橋軸方向全体が視野に入り、内側では入らないことになる。ここで、視点場の高さを考慮するためには、図-2に示すようにけたの位置よりy軸に沿ってhだけ平行移動した位置の水平面で回転体が切りとられるhm平面について考える必要がある。h=0の平面図形は2つの円弧で表されるが、y軸の正の部分のみを考えればよい。この曲線は円の一部である。

円の方程式は

$$x^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad \text{ただし、} y > 0 \quad (1)$$

ここに、 y_0 および r はそれぞれ円の中心位置および半径で

$$y_0 = \tan 30^\circ \times \frac{L}{2}$$

$$r = \frac{L}{2} \times \frac{1}{\cos 30^\circ}$$

x y 平面上の曲線 $f(x, y)$ を x 軸を中心に回転して得られる回転面の方程式は

$$f(x, \sqrt{y^2 + z^2}) = 0 \quad (2)$$

式(1)の曲線を式(2)に代入し整理すると

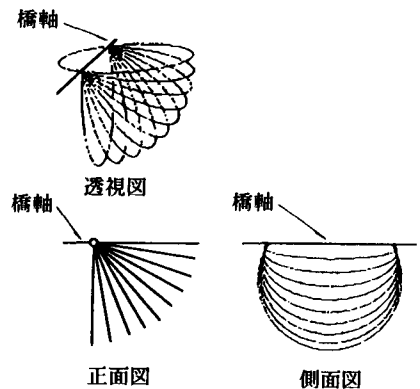


図-1

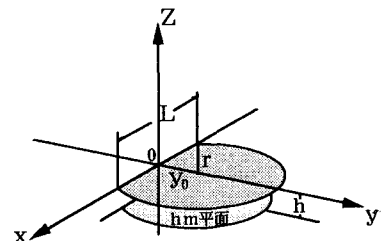


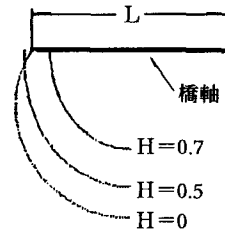
図-2

$$x^2 + \left(\sqrt{y^2 + h^2} - \frac{L}{2\sqrt{3}} \right)^2 = \left(\frac{L}{\sqrt{3}} \right)^2 \quad (3)$$

式(3)より h m 平面上的の曲線が求められ、この曲線の外側が 60° コーン説の範囲となる。また、橋梁の視線入射角を α としたときの 60° コーン曲線上の座標位置 (x, y, h) は式(3)と次式から求めることができ、これにより視距離が得られる。

$$y = x \tan \alpha$$

式(3)を用いて h の値により h m 平面の形状の変化を調べた。図-3 視点高さ 60° コーン曲線の関係図-3はその一例であり、橋長を1とし視点高さをけた位置 ($h=0$) と $h=0.5, 0.7$ について表したものである。これから、 h の値により大きな差異を生じることが確認される。次に実用的な範囲について考える。実橋の調査結果から入力データとして、サイドスパン比0.15, $H/L=0.4$ (H =塔長), クリアランス比=0.5を選び, $L=1$, $h=-0.15$ の場合について視線入射角に対する視距離を算出した。この結果と $h=0$ の場合とを比較すると視線入射角 $\alpha=15^\circ$ においては視距離で0.0125Lの差が生じ, α が小さくなるとこの値は大きくなり, α が大きくなると逆に差は小さくなる。従って橋長Lの長いものではその影響を無視することができない。



2.2. 視点の高さと塔から受ける感覚 (メルテンスの法則)

主塔をある視角 θ で注視する場合、その視点高さによって主塔との距離 D が変化する。基準の高さ (主塔の中央) に対する距離を D_0 とし, $d = D - D_0$ の値がメルテンスの法則によって得られるゾーンの大きさにどの程度の影響を及ぼすかを調べた。

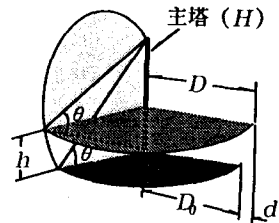


図-4における視距離 D は次式で表される。

図-4 視点高さとメルテンス

$$D = \frac{1}{2} \left(\frac{H}{\tan \theta} \pm \sqrt{\frac{2H^2}{(\tan \theta)^2} - \frac{2H^2}{\tan \theta / 2 \tan \theta} - H^2 + 4hH - 4h^2} \right) \quad (4)$$

式(4)に対して視角と主塔の高さを与えて数値計算を行った。図-5はその結果である。文献1)ではモニュメントとしての見えの視角には $\theta = 18^\circ \sim 27^\circ$ が用いられている。図のハッチを施した部分について、塔長200mで約20m程度の差となる。

3. まとめ

上記の2条件についてそれぞれ検討を行った結果、1)については橋長が長い場合、2)については塔が高い場合にそれぞれ影響を無視することができないことが分かった。したがってこれらの場合には、まず図-3に示したように実橋に応じた曲線を作画する。次に、図-5から得られる d の値を用いて文献1)におけるBゾーンの修正を行う。視点場はこれらの2条件で決まる範囲に対し、1.1で述べた条件c)およびd)を加えればよい。

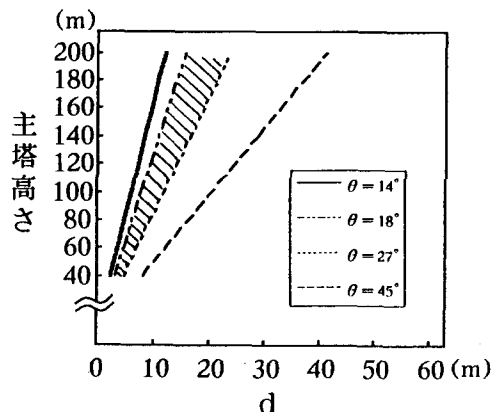


図-5 主塔高さと d の関係

参考文献 1) 従来までのいくつかの研究を以下にまとめた。○塩見, 酒井: 斜張橋と視点場, 構造工学論文集, Vol. 40A, 1994. 3 (発表予定)