

I-72 下フランジに丸みのある 三角形断面桁の開発的研究

北海道大学工学部 正員 平沢 秀之
 北海道大学名誉教授 正員 渡辺 昇
 (株)旭鉄工所 正員 今 千代士
 (株)北海道土木設計 正員 大村 登喜夫

1. はじめに

近年、橋梁技術の進歩や材料強度の向上等により、橋梁はますます長大化の傾向にあると思われる。これに伴い橋梁の耐風安定性が注目されるようになり、台風常襲地帯に位置する我が国においても、平成3年7月に「道路橋耐風設計便覧」が制定され一般の道路橋を対象とした耐風設計基準が、明確な規定として用いられるようになってきた。またサイクリングロード等に架設される比較的長スパンで幅員が狭い人道橋においても耐風安定性の向上は重要な問題であると思われる。このような場合、その耐風性向上のためには様々な方法があるが、橋桁の断面形状そのものを改良することも、その一つの方法である。以上の点を踏まえて、著者らは下フランジに丸みのある三角形断面桁を考案し、せん断流理論及びそりねじり理論による解析を行い、断面性能等を確認するため曲げ及びねじり載荷試験を行った。本研究は、その概要を報告するものである。

2. 実験概要

本研究で用いた実験供試体を図-1に示す。丸みのある下フランジは既製の鋼管を縦に切断しウェブに溶接したものである。実験は、曲げについては載荷位置を1/4L、3/4L点とする2点載荷とし、ねじりについては、載荷位置を支間中央断面ウェブ上として行った。また、ねじりにより供試体が回転しないよう支点において工夫した。

3. そりねじり解析と実験結果

そりねじり理論において、まず最初に必要となるのはそり関数 w である。これは式(1)に示すように薄肉断面の板厚中心線の接線と任意の点 D との距離 r_t と中心線に沿った微小長さ ds との積を積分したものである。

$$w = \int r_t ds \quad (1)$$

図-2に示すように、直線要素で構成される断面の場合には、式(1)の積分計算は簡単な式でできるようになる。図-2の場合であれば w は、 $w_i = r_{t1} \cdot S_1$ 、 $w_k = w_i + r_{t2} \cdot S_2$ である。次にそり面積 F_w は、節点 i 、 k 等における値を用い、式(2)により計算する。

$$F_w = \int_F w dF = \frac{1}{2} \sum (w_i + w_k) \Delta f \quad (2)$$

ここで Δf は一つの要素の断面積である。同様にして断面定数を求めるのに必要な、 F_y 、 F_z 、 F_{yy} 、 F_{yz} 、 F_{zz} 、 F_{yw} 、 F_{zw} 、 F_{ww} は、式(3)~(5)により計算すればよい。なお、 u 、 v は y 、 z 、 w のいずれかである。

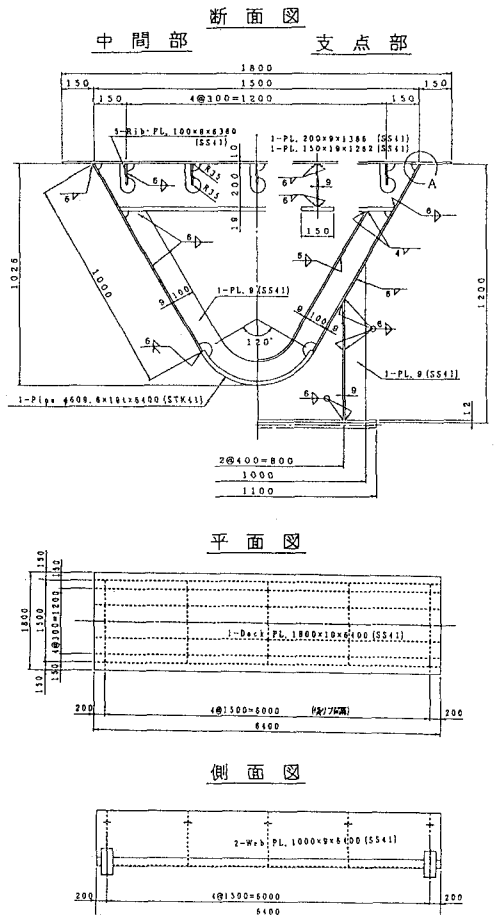


図-1

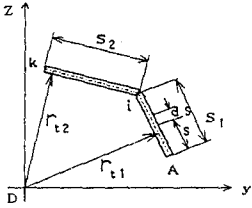


図-2

$$F_u = \int_f u dF = \frac{1}{2} \sum_f (u_i + u_k) \Delta f$$

$$F_{uu} = \int_f u^2 dF = \frac{1}{3} \sum_f (u_i^2 + u_i u_k + u_k^2) \Delta f$$

$$F_{uv} = \int_f uv dF = \frac{1}{3} \sum_f (u_i v_i + u_i v_k + v_k) \Delta f + \frac{1}{6} \sum_f (u_i v_k + u_k v_i) \Delta f$$

これらの諸量は、計算の当初に用いた任意点Dに関するものであったが、重心の座標を $G(y_G, z_G)$ 、Gを原点とする座標軸を \bar{y} 、 \bar{z} 、せん断中心の座標を $C(y_t, z_t)$ とすれば、G、Cに関する諸量を式(6)~(11)による変換式から求めることができる。ここで \sim のついたものは重心に関する値、 $\bar{\sim}$ のついたものはせん断中心に関する値である。

$$\bar{u} = u - u_G = u - \frac{F_u}{F} \quad (6) \quad F_{\bar{u}\bar{v}} = \int_f \bar{u}\bar{v} dF = F_{uv} - \frac{F_u F_v}{F} \quad (7)$$

$$y_t = \frac{F_{z\bar{w}} \cdot F_{\bar{y}\bar{y}} - F_{\bar{y}\bar{w}} \cdot F_{\bar{y}\bar{z}}}{F_{\bar{y}\bar{y}} \cdot F_{z\bar{z}} - (F_{\bar{y}\bar{z}})^2} \quad (8) \quad z_t = \frac{-F_{\bar{y}\bar{w}} \cdot F_{z\bar{z}} + F_{\bar{y}\bar{w}} \cdot F_{\bar{y}\bar{z}}}{F_{\bar{y}\bar{y}} \cdot F_{z\bar{z}} - (F_{\bar{y}\bar{z}})^2} \quad (9)$$

$$\bar{\bar{w}} = \bar{w} + z_t \cdot \bar{y} - y_t \cdot \bar{z} \quad (10) \quad F_{\bar{\bar{w}}\bar{\bar{w}}} = \int_f \bar{\bar{w}}^2 dF = F_{\bar{w}\bar{w}} + z_t \cdot F_{\bar{y}\bar{w}} - y_t \cdot F_{\bar{z}\bar{w}} \quad (11)$$

$F_{\bar{\bar{w}}\bar{\bar{w}}}$ は一般に C_w または C_H と書き、そりねじり定数という。これらの簡便式を用いて断面諸元等を計算し、さらに曲げが作用したときの応力と、曲げとねじりが同時に作用したときの応力を求め、解析値を得た。これらの解析値と実験結果との比較を図-3~7に示す。図-3、4はそれぞれ曲げが作用したときの荷重-たわみ曲線、垂直応力図である。図-5~7は曲げとねじりが同時に作用したときの結果である。図-5はねじり角およびせん断中心位置、図-6は垂直応力図、図-7はせん断応力図である。これらの結果より、解析値と実験値はよく一致していると言える。

4. おわりに

せん断流理論、そりねじり理論によって曲げに対する断面値、ねじりに対する断面値、さらに集中荷重を載荷させた場合の応力の計算を行い、実験結果と比較した。実験では、応力、たわみおよびせん断中心を測定したが、前述のようにどの値も解析結果とほぼ一致することが確かめられた。さらに、この三角形断面桁の特徴としてつぎの点が挙げられる。

- (1) 下フランジは既製の鋼管を縦に切断し使用するため、曲げ加工等の必要がなく幅員に応じた任意の断面を製作できる。
- (2) 箱断面のため、ねじり剛性が高く横倒れ座屈を起こしにくい。
- (3) 下フランジに垂直応力が集中することが予想されるが、板厚を大きくすることによりこれを防ぎ、また全体の剛性も高めている。
- (4) 下フランジの曲線部分は、折れ線で近似させることにより精度の良い解が得られる。

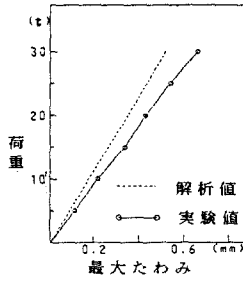


図-3

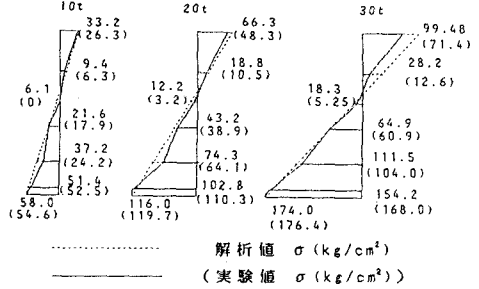


図-4

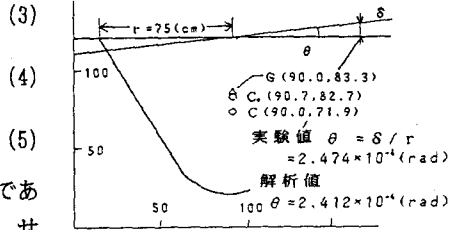


図-5

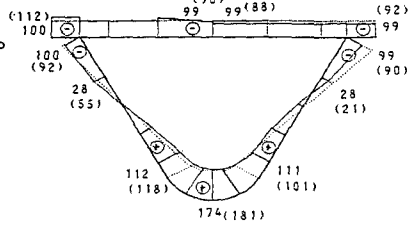


図-6

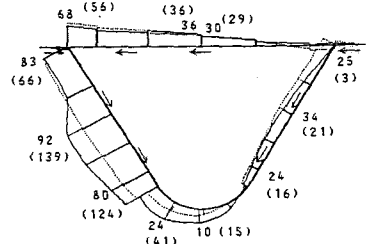


図-7