

# 架設時鋼2主桁橋の対称および非対称座屈

東京都立大学大学院 学生員 深谷 道夫  
 東京都立大学大学院 正 員 野上 邦榮  
 東京都立大学大学院 正 員 山沢 哲也  
 東京都立大学大学院 学生員 岩崎 秀隆

## 1. はじめに

近年、合理化・省力化の観点から少数主桁橋の建設が進められており、少数主桁橋としては鋼2主桁橋梁がもっとも一般的な橋梁形式である。しかし、コンクリート床版が硬化する前の架設時において、鋼2主桁橋梁は基本的に開断面構造であるためねじり剛性が小さく横座屈が生じやすい不利な構造であることから、その安全性を検討することが重要である<sup>1)</sup>。そこで、本研究では合理化2主桁橋を対象にして、有限変位理論に立脚したエネルギー法を用いて、座屈前後の概念を明確に取り入れた2主桁橋全体系の対称および非対称座屈の定式化を行い、両座屈解析による架設時座屈特性および耐力について検討する。

## 2. 解析方法と解析モデル

図-1に示すように、対象とする2主桁橋は1軸対称断面を有する2本の主桁と横桁から構成されている。横桁は等間隔に配置され曲げ変形のみを考慮し、外力は上フランジ位置に支間全長にわたる鉛直等分布荷重( $q_y$ )と2主桁橋の自重( $q_{m0}$ ,  $q_{f0}$ )をその重心位置に作用するものとして考慮する。

主桁と横桁のひずみエネルギーと外力ポテンシャル損失の和で得られる全ポテンシャルエネルギー式は、非対称変位成分を含む項と含まない項に分けることができ、図-2のように対称変位(<sup>0</sup>)と非対称変位(<sup>\*</sup>)成分に関する変数変換を導入することによって、それぞれ座屈前の面内変形、対称座屈、非対称座屈および座屈前後の連成を表す項に分けられる。ただし、座屈前後の連成項についてはその影響が小さいと考え考慮しないものとする。また、変位の3次項までを考慮する。さらに、両端単純支持の境界条件を満足する変位関数としては、 $x, y, z$ 方向変位とねじれ角を示す $u, v, w, \phi$ を三角級数近似し、対称座屈および非対称座屈に関する項の全ポテンシャルエネルギーにRayleigh-Ritz法を適用することにより、以下のように各々の限界荷重( $q_y$ )を固有値問題として定式化した<sup>2)</sup>。

$$|\mathbf{K}_0^s - q_y \mathbf{K}_G^s| = 0, \quad |\mathbf{K}_0^n - q_y \mathbf{K}_G^n| = 0$$

ここに、 $\mathbf{K}_0$ と $\mathbf{K}_G$ はそれぞれ初期剛性マトリックスと幾何剛性マトリックスを、上添字 $s$ と $n$ はそれぞれ変位の対称成分と非対称成分との区分を意味する。なお、以下の解析においては変位の三角級数近似は3項までを考慮する<sup>3)</sup>。

解析に用いる2主桁橋の基本諸元は、図-3に示すような単純桁である。主桁は支間全長( $L$ )にわたり断面変化がないものとし、横桁は主桁高さ( $h_w$ )の2/5のところに588×300×12×20mmのH型鋼を取り付ける。材質はSM520である。また、表-1のように支間長を変化させた場合における主桁の断面寸法は支間長に見合うように試設計した。

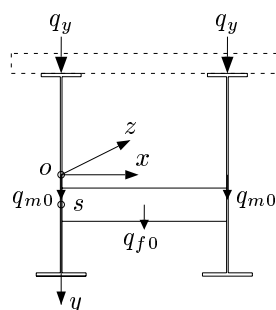


図-1 2主桁橋モデル

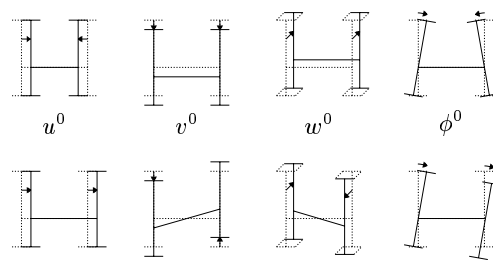


図-2 対称変位と非対称変位モード

表-1 主桁の断面寸法

| $L$               | [cm]               | 3000  | 4200  | 5400  | 7200  | 9000  |
|-------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $h_w$             | [cm]               | 208   | 256   | 288   | 352   | 400   |
| $t_w$             | [cm]               | 1.3   | 1.6   | 1.8   | 2.2   | 2.5   |
| $b_{fu}$          | [cm]               | 40.4  | 49.8  | 56.0  | 68.5  | 77.8  |
| $t_{fu}$          | [cm]               | 2.5   | 3.1   | 3.5   | 4.3   | 4.9   |
| $b_{fl}$          | [cm]               | 57.8  | 71.1  | 80.0  | 97.8  | 111.1 |
| $t_{fl}$          | [cm]               | 2.8   | 3.4   | 3.8   | 4.7   | 5.3   |
| $A \times 10^2$   | [cm <sup>2</sup> ] | 533.2 | 805.7 | 1018  | 1529  | 1970  |
| $I_x \times 10^6$ | [cm <sup>4</sup> ] | 3.814 | 8.735 | 13.97 | 31.40 | 52.24 |
| $I_y \times 10^4$ | [cm <sup>4</sup> ] | 5.883 | 13.38 | 21.35 | 48.19 | 79.85 |
| $I_w \times 10^8$ | [cm <sup>6</sup> ] | 4.671 | 16.33 | 33.11 | 111.4 | 239.5 |
| $J \times 10^9$   | [cm <sup>4</sup> ] | 0.786 | 1.776 | 2.823 | 6.449 | 10.65 |

キーワード: 2主桁橋、横座屈、固有値

連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. (0426)77-1111 FAX. (0426)77-2772

### 3. 解析結果

図-4 は非対称座屈荷重と  $L/B$  の関係について主桁間隔 ( $B$ ) をパラメータにして示したものである。横軸には  $L/B$  を縦軸には座屈荷重 ( $q_y$ ) を示す。図から主桁間隔の増大に伴って座屈荷重が減少していることから、横座屈が生じやすくなっている。これは支間長に対する横桁の剛性が十分でないことを表す。また、支間長が増大するにしたがって非対称座屈荷重が減少している。対称座屈挙動も同様の傾向を示した。

図-5 と図-6 は、主桁間隔  $B = 600$  に固定したモデルにおいてそれぞれ横桁断面剛性 ( $I_f$ ) と横桁間隔 ( $\lambda$ ) を変化させた場合の  $L/B$  と対称および非対称座屈荷重 ( $q_y$ ) の関係を示している。両図から横桁剛性 ( $I_f$ ) の低減に伴い、また横桁間隔 ( $\lambda$ ) の増大に伴って、対称および非対称座屈荷重がともに減少しており横座屈が生じやすくなっている。また、横桁剛性、横桁間隔に関わらず全ての  $L/B$  において対称座屈よりも非対称座屈荷重が支配的になっている。さらに両図から、非対称座屈に対して断面形状保持する場合の座屈荷重を載せたのが黒印の曲線である。この荷重は  $L/B$  が小さい領域では、△曲線よりも大きな耐力を示すが、 $L/B$  が増大するに従いその耐力は低下している。一方、対称座屈において横桁取り付け位置において主桁間隔が変化しない場合の耐力は図中に表れないほど著しく増加した。

図-7 は、近似曲げ耐力力と  $L/B$  の関係を示す。この曲げ耐力力は、固有値解析で得られる各々の座屈荷重から等価細長比  $\alpha = \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cr}}$  を求めて、道路橋示方書の基準曲げ耐力力曲線を用いて算出した<sup>4)</sup>。図から  $L/B$  の増加に伴い対称および非対称座屈による耐力力の低下がみられる。また、非対称座屈において断面形状が保持される場合の耐力力は  $L/B$  が小さいときに対称座屈に対する耐力を上回る場合があるが、実際には非対称座屈に対する耐力力が対称座屈に対する耐力力よりも常に小さいため、横座屈は非対称座屈に支配される。

### 4. まとめ

以上の結果より、非対称座屈時においては支間が長くなるにつれて断面形状が保持されないことで耐力が向上することが明らかになった。また、2主桁橋では支間長、主桁間隔、横桁間隔、横桁剛性が対称座屈および非対称座屈荷重に大きく影響を及ぼす一方で、それらの増減に関わらず2主桁橋の横座屈は常に非対称座屈に支配されることが明らかになった。

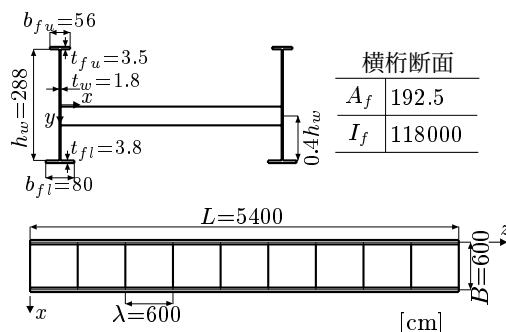


図-3 断面諸元

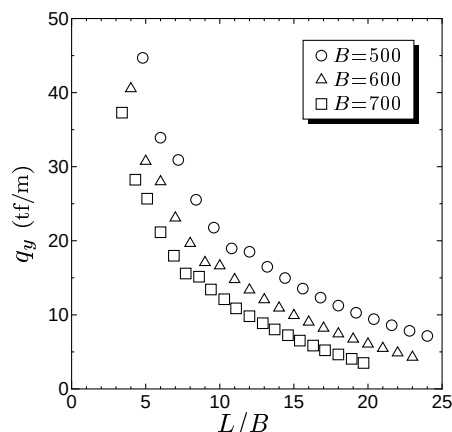


図-4 主桁間隔と座屈荷重の関係

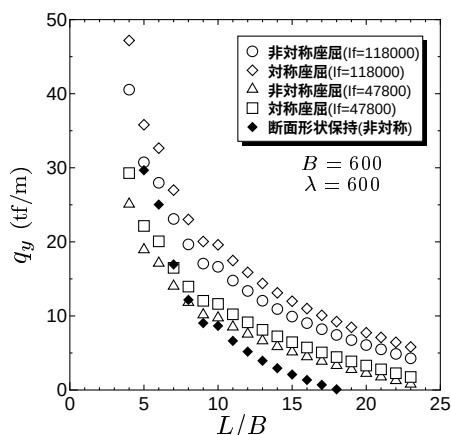


図-5 横桁剛性と座屈荷重の関係

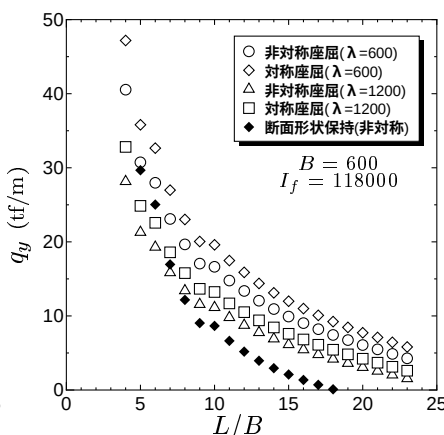


図-6 横桁間隔と座屈荷重の関係

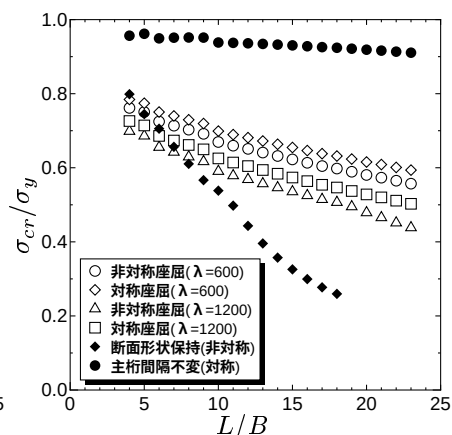


図-7 耐力力曲線

### 参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：合理化桁に関するデザインマニュアル, 2000.
- 2) 伊藤文人, 野上邦栄：2主桁下路プレートガーダの全体座屈, 構造工学論文集, Vol.31A, 1985.
- 3) 深谷道夫, 野上邦栄, 山沢哲也, 岩崎秀隆：鋼2主桁橋の架設時対称および非対称座屈について, 第29回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp42-43, 2002.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, 1996.