

(I-23) 鋼2主桁橋の架設時対称および非対称座屈について

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 邦栄
 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¹⁾。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主桁橋全体系の座屈解析を行い、対称座屈および非対称座屈特性を明らかにするとともに耐荷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と2主桁橋の自重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、さらに、変位に関する変数変換を導入することにより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。

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って、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²⁾。

$$|K_0^s - q_y K_G^s| = 0, \quad |K_0^n - q_y K_G^n| = 0$$

ここに、 K_0 と 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する。また、両端単純支持の境界条件を満足する変位関数として、それぞれ x, y, z 方向変位とねじれ角を u, v, w, ϕ で以下のように三角級数近似した。

$$u = \sum_i a_i \sin \frac{i\pi z}{L}, \quad v = \sum_j b_j \sin \frac{j\pi z}{L}, \quad w = \sum_k c_k \sin \frac{k\pi z}{L}, \quad \phi = \sum_l d_l \sin \frac{l\pi z}{L} \quad (i, j, k, l = 1, 3, 5, \dots, n)$$

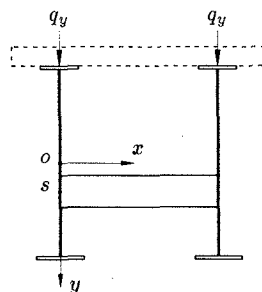


図-1 2主桁橋モデル

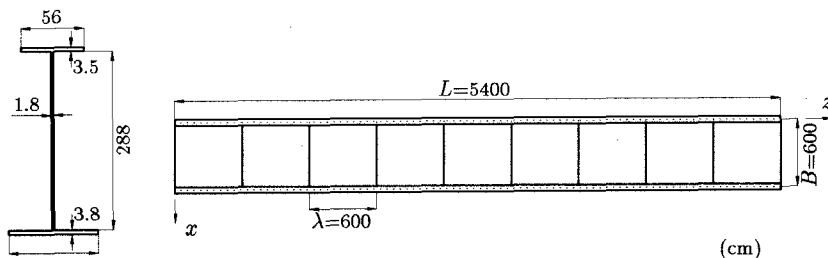


図-2 断面諸元

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

解析に用いる2主桁橋の基本諸元は、図2に示すような単純桁である。主桁は支間全長にわたり断面変化がないものとし、横桁は主桁高さの2/5のところに600×300mmのH型鋼を取り付ける。材質はSM520である。また、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。

3. 解析結果

図3に非対称座屈における変位の三角級数近似についての影響を示す。横軸には支間長と主桁間隔の比を縦軸には座屈荷重を示す。図から明らかなように三角級数は3項($n=3$)までとれば十分であるといえ、以下の解析において級数3項までを考慮する。

図4は、非対称および対称座屈荷重と支間長の関係を示している。図から支間長が増大するにしたが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、支間長に関わらず対称座屈よりも非対称座屈荷重が支配的になっている。

図5は、横桁間隔 λ のみを変化させた場合の座屈荷重と横桁間隔の関係を示し、図6は、横桁断面を変化させた場合の座屈荷重と横桁剛性の関係を示している。図中の I_m, I_f はそれぞれ主桁と横桁の断面二次モーメントである。両図から横桁間隔の増大に伴い、また横桁剛性の低減に伴って、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、ここでも横桁間隔、横桁剛性に関わらず対称座屈よりも非対称座屈荷重が支配的になっている。なお、変形モードは、対称座屈が4次から9次の座屈モードが生じており、非対称座屈はすべて1次の変形モードが支配的である。

図7は、曲げ耐力と支間長の関係を示す。ここでの耐力力は、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、道路橋示方書の曲げに対する基準耐力力曲線を用いて算出した³⁾。図から支間長の増加に伴い対称および非対称座屈に対する耐力力が低下している。また、支間が長くなると耐力力の差が大きくなることから、非対称の横座屈が生じやすい。

4. まとめ

以上の結果より、2主桁橋では支間長、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ことが示せた。また、これらの増減に関わらず常に非対称座屈荷重が対称座屈荷重を上回ったことから、2主桁橋の横座屈は非対称座屈に支配されるといえる。

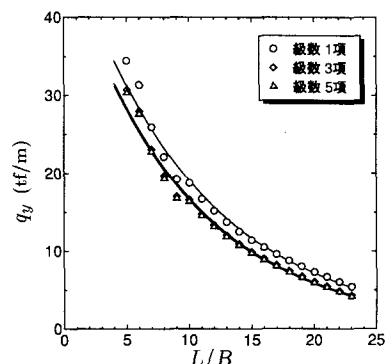


図-3 非対称座屈荷重

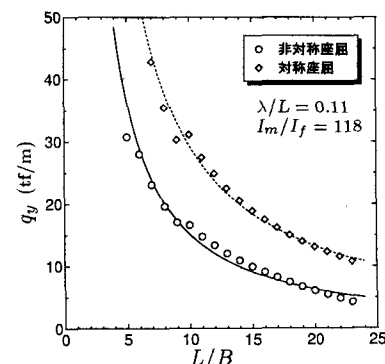


図-4 支間と座屈荷重の関係

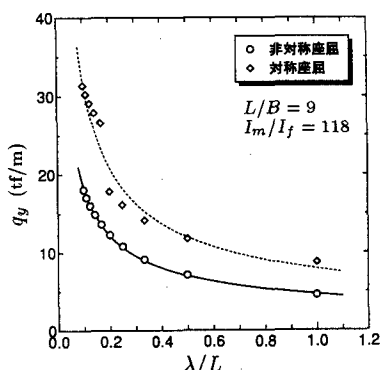


図-5 横桁間隔と座屈荷重の関係

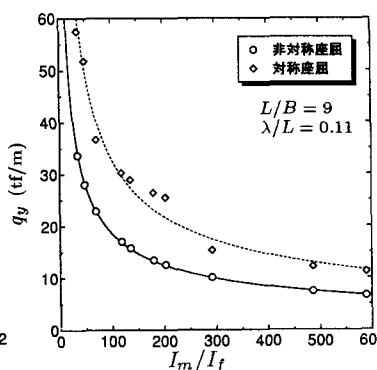


図-6 横桁剛性と座屈荷重の関係

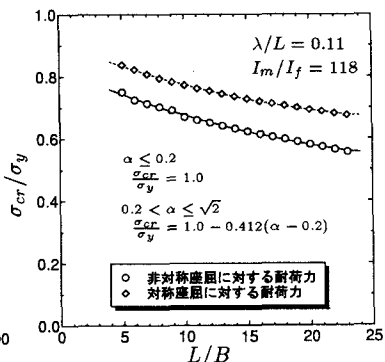


図-7 耐力力曲線

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, 1985.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, 1996.