

大阪市立大学工学部	学生員	○上野慶太
大阪市立大学大学院工学研究科	正員	北田俊行
大阪市立大学大学院工学研究科	正員	山口隆司
大阪市立大学大学院工学研究科	正員	松村政秀
日本構研情報(株)	正員	山野敏郎

1. まえがき

曲線I桁橋は、鉛直荷重下で主桁の曲率に起因するねじり変形に伴う横ねじれ座屈の発生が懸念される。実橋梁では、この現象を防止するため横桁、対傾構、および横構が適切に配置される。したがって、横桁、対傾構、および横構間の局所的な横ねじれ座屈の発生に注意する必要がある。これまでの研究や実験では、曲線I桁の横ねじれ座屈モードは図-1に示す2つの座屈モードに近似できるとされている¹⁾。

本研究では、実橋に近い荷重条件および境界条件を考慮して曲線主桁の耐荷力解析を行う。特に、曲率半径およびフランジ幅をパラメータにして、曲線桁に発生する横ねじれ座屈モードを明確にするとともに、解析結果を用いて耐荷力曲線を描き、曲率半径の違いが耐荷力に及ぼす影響について検討する。解析には弾塑性有限変位解析プログラムUSSP²⁾を用いる。

2. 曲線I桁の横ねじれ座屈解析

2.1 解析モデル

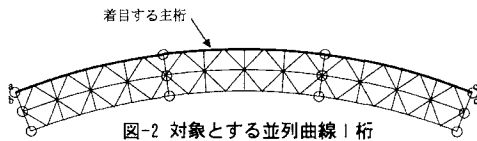


図-2 対象とする並列曲線I桁

図-2に示す曲線I桁を対象とし、上フランジの中央に死荷重を想定した等分布荷重を載荷して、曲率半径を変化させるとともに上フランジ幅を70および80mmとした計14ケースの解析モデルを設定した。なお、解析モデルは実橋梁を想定し、その5分の1縮小モデルとした。また、対称性を考慮して、図-3に示すようにハーフモデルを用いる。

断面寸法と要素分割状況を図-4に、設定した境界条件を図-5に示す。なお、境界条件は、横桁等を考慮し、実際の桁の挙動を想定し決定し、初期不整は考慮しないものとした。

2.2 横ねじれ座屈モード

作用曲げモーメントが最大となる終局状態時の上

フランジの座屈モードと作用曲げモーメント分布を図-6に示し、表-1に解析結果より得られた終局曲げモーメントとモード比を示す。ここで、モード比とは、発生する座屈モードが、単純座屈モードと固定座屈モードのどちらであるかを判定するために、単純座屈モードの占める割合を最小2乗法により算出した値である。その際、着目する断面は、図-6に示す正曲げモーメントが大きく作用する区間とした。

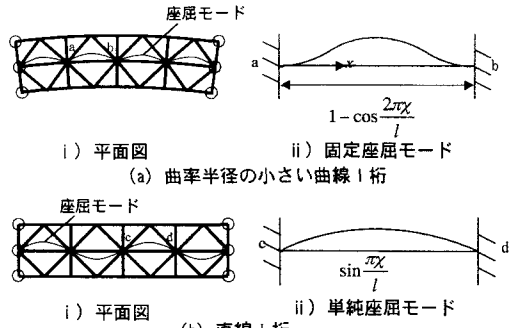


図-1 横ねじれ座屈モード

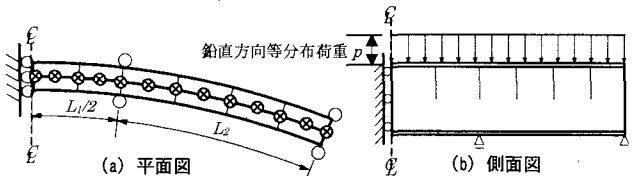


図-3 解析モデル

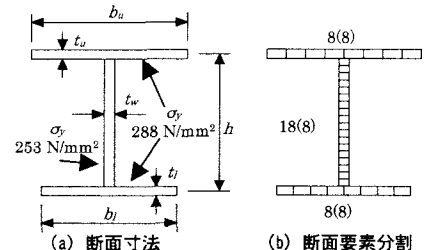


図-4 断面寸法と断面内要素分割状況

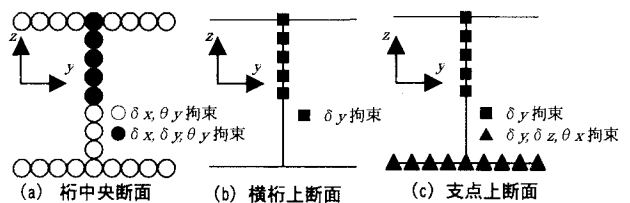


図-5 各断面の拘束条件

その結果、曲率半径が無限大の直線 I 桁に関しては単純座屈モードが卓越しているが、直線 I 桁以外の曲線桁は曲率半径が大きくなるにしたがって、単純座屈モードに近くなる傾向は見られるものの、その値はほとんど変わらず、単純座屈モードと固定座屈モードとがともに発生していると判断できる。また、直線 I 桁であっても完全に sin 波形を示すことはなかったことがわかった。それは、作用曲げモーメントが小さい隣接パネルが横ねじれ座屈せずに着目パネルの座屈を拘束するためである。

表-1 曲げ耐力とモード比

ケース名	曲率半径 R (m)	中心角 ϕ (rad)	フランジ 幅 b (mm)	M_u/M_y	モード比
C7-8	8	0.131	70	0.576	0.52
C7-10	10	0.105		0.627	0.52
C7-15	15	0.070		0.712	0.51
C7-20	20	0.053		0.757	0.53
C7-30	30	0.035		0.814	0.55
C7-40	40	0.026		0.847	0.55
C7- ∞	∞	0.000		0.893	0.74
C8-8	8	0.131	80	0.663	0.49
C8-10	10	0.105		0.717	0.50
C8-15	15	0.070		0.793	0.49
C8-20	20	0.053		0.842	0.50
C8-30	30	0.035		0.897	0.51
C8-40	40	0.026		0.929	0.53
C8- ∞	∞	0.000		0.978	0.65

2.3 曲線 I 桁の耐力特性

図-7 は、終局曲げモーメント M_u/M_y を縦軸に、道路橋示方書³⁾で定められる横ねじれに関する座屈パラメータ α を横軸にとって解析結果をプロットしたものである。ただし、有効座屈長には、対傾構間隔をとり、座屈パラメータ α を計算した。道路橋示方書による耐力曲線と直線桁の解析結果とを比べると、座屈パラメータの増加に伴う耐力低下の傾向は類似しているものの、解析結果の方が高い値を示した。この原因として、今回の解析には残留応力を考慮していないことや、2.2 で述べたように、境界条件が道路橋示方書のそれ(両端で単純支持)とは異なることが考えられる。また、曲率が大きくなると耐力が低下することもわかる。

3. まとめ

本研究では、横桁、対傾構、および横構間により拘束をうける曲線連続 I 桁を対象とし、実際の境界条件で横ねじれ座屈解析を行った。その結果、発生する座屈モードは曲率が大きいものは固定座屈モードに近く、直線に近くなるほど単純座屈モードに近くなることが分かった。また、道路橋示方書に定められる座屈パラメータを用いて、耐力を評価すると、曲率が大きくなると耐力は低下することがわかった。

今後、初期不整の導入や曲率半径の大きいケースについても検討する必要がある。

参考文献

- 1) H.Nakai and H.Kotoguchi : A Study on Lateral Buckling Strength and Design Aid for Horizontally Curved I-Girder Bridges, Proc.of JSCE, No.339, pp.195-205, Nov. 1983.
- 2) USSP 研究会, 日本構研情報株式会社 : USSP・Version5.0 ユーザーズ・マニュアル, 2001 年 3 月.
- 3) (社) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 I, II, 2002 年 3 月

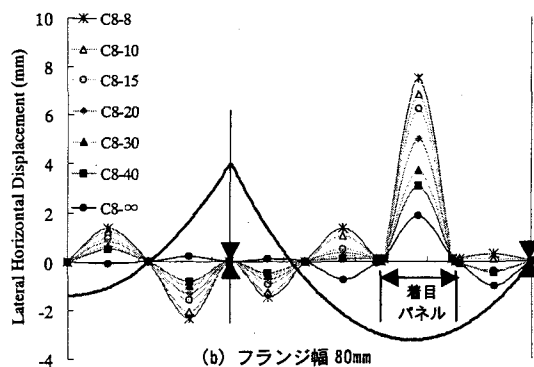
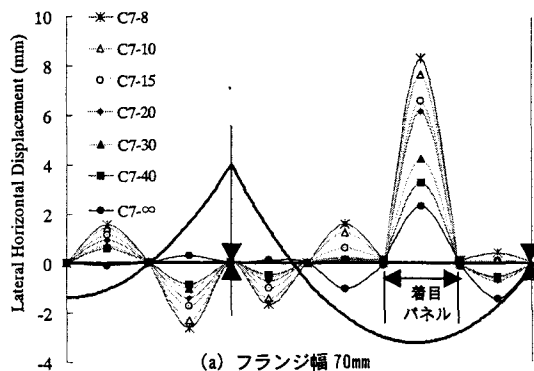


図-6 終局状態における座屈モードと曲げモーメント図

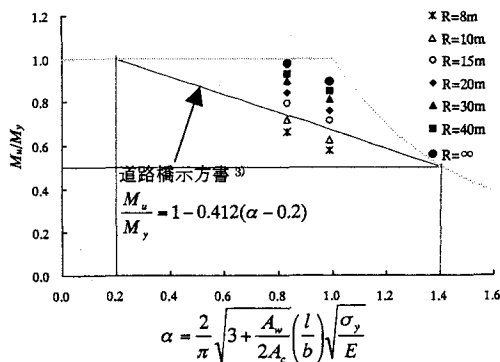


図-7 耐力曲線