

大阪大学大学院 学生員 ○内藤 純也

大日本コンサルタント

正員 堀田 毅

大阪大学工学部

フェロー 西村 宣男

1. まえがき

鋼道路橋の設計・製作・架設の合理化・省力化という面では、少数主桁橋の建設が進んでおり、鋼2主桁橋梁に対しては架設系で起こりうる座屈問題に関して、構造系に対する安定性を検討することが重要である。本研究では、道路橋I形断面桁のうち横桁のみで連結された鋼2主桁橋梁の単純桁、2径間連続桁および連続桁で送り出し架設を用いた場合の解析を行い、全体横ねじれ座屈および横桁間の部材の横ねじれ座屈に対する安全性を耐荷力の観点から判定し、その座屈特性を明らかにする。

2. 解析モデル

解析には、1節点あたり7自由度の変位を考慮した薄肉開断面部材からなる立体骨組み構造の弾塑性有限変位解析プログラム(NAFRAM)¹⁾を用いた。解析モデルは単純桁、連続桁ともに支間長 $L=60\text{m}$ とし、主桁間隔 B は $3\text{m}\sim 6\text{m}$ 、横桁間隔 a は $5\text{m}\sim 20\text{m}$ に変化させている。荷重は、鋼重を主桁腹板図心に、コンクリート床版、ハンチ、仮設工等は主桁上フランジに分布荷重として載荷した。

連続桁の送り出し解析では、主桁が前方の支点に達する直前をモデル化し、張り出しの長さを 60m とする。荷重は、鋼重を主桁腹板図心に載荷する。

初期たわみは、全体横ねじれ座屈と横桁間の部材の横ねじれ座屈の2つの座屈現象を取り扱えるように図-1に示すような全体座屈モードおよび部材座屈モードに対応したものを与えた。

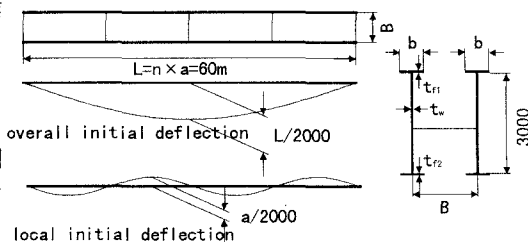


図-1 2主桁構造の連成座屈解析モデル

3. コンクリート床版打設時の横ねじれ座屈

3. 1 横ねじれ座屈特性

横桁で連結された2主桁橋の横ねじれ座屈に関しては、主桁の全体横ねじれ座屈に関する細長比パラメータ α_0 および横桁間での主桁の横ねじれ座屈に関する細長比パラメータ α_m が極限強度および座屈特性におよぼす影響が大きいことが既往の研究²⁾で知られている。 α_0 、 α_m の値が増加するにつれて、それぞれの座屈現象に対する影響が強くなる。細長比パラメータ α_0 、 α_m には、主桁は変断面構成になっているため、応力余裕の厳しいスパン中央の断面で評価し、全体横ねじれ座屈に対する有効座屈長については単純桁は支間長、連続桁は支間長の0.85倍とし、横桁間の横ねじれ座屈に対する有効座屈長は横桁間隔をそのまま用いた。極限強度 λ_u/λ_y と全体横ねじれ座屈に関する細長比パラメータ α_0 の関係を図-2に、極限強度 λ_u/λ_y と横桁間の横ねじれ座屈に関する細長比パラメータ α_m の関係を図-3に示す。 λ_u は架設系での死荷重状態を $\lambda=1$ としたときの極限強度

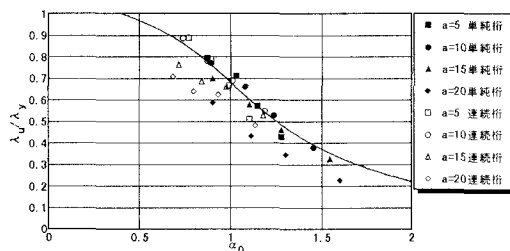


図-2 全体横ねじれ強度

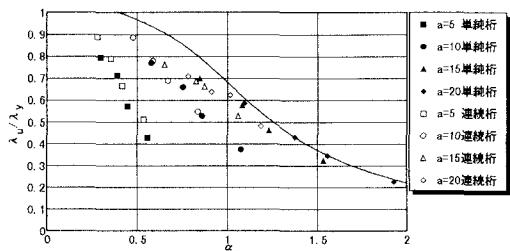


図-3 横桁間の横ねじれ強度

Junya NAITO, Tsuyoshi HOTTA and Nobuo NISHIMURA

の比率で、 $\lambda_u = p_u / p_d$ である。 λ_y は初期降伏荷重パラメータで、最も応力余裕の厳しい断面の抵抗モーメント M_r を死荷重が作用したときのモーメント M_y で除したものをを用いる。 $(\lambda_y = M_r / M_y)$ 図中の曲線は横ねじれ座屈に関する強度低限係数の平均値曲線である。この強度曲線は横桁間の横ねじれ座屈強度を包括しており、この強度曲線上にあるモデルは、それぞれ図-2では全体横ねじれ座屈、図-3では横桁間での横ねじれ座屈によってその座屈強度がきまる。横桁間隔の広い $a = 20\text{m}$ のモデルでは、図-2の強度曲線から低下している一方図-3の強度曲線上にあることから横桁間の横ねじれ座屈先行型であり、横桁間隔の狭い $a = 5\text{m}$ と $a = 10\text{m}$ のモデルでは、図-2の強度曲線上にある一方図-3の強度曲線から低下していることから全体横ねじれ座屈先行型であることがわかる。図-2、図-3の両方で強度曲線からの低下が見られるその他のモデルについては、横桁間の横ねじれ座屈と全体横ねじれ座屈の連成座屈による終局状態であると考えられ、連成座屈による強度低下が生じている。これらの解析結果から、 α_0 を縦軸に α_m を横軸にとり、横ねじれ座屈強度に対し全体横ねじれ変形の無視できる範囲また横桁間の横ねじれ変形の無視できる範囲を表したのが図-4である。

$$\begin{cases} \text{全体横ねじれ変形の無視できる範囲} & \alpha_0 / \alpha_m < 0.82 \\ \text{横桁間の横ねじれ変形の無視できる範囲} & \alpha_0 / \alpha_m > 1.35 \end{cases}$$

3. 2 安定性の照査

安定性の照査では、安全率は全体横ねじれ座屈のような不安定現象を起こす構造物の安全率を2.0³⁾とし、架設時の割り増し25%を考慮して安全率1.60を採用する。単純桁・連続桁の形状比 L/B と極限強度と死荷重の比率 p_u / p_d の関係を図-5に示す。形状比 L/B とはスパン長・主桁間隔比で直感的な細長さを表すパラメータであり形状比 L/B が大きくなると直感的な細長さは増す。死荷重 p_d には、鋼重、コンクリート床版、ハンチ、仮設工を考慮するものとする。横桁間隔の広い単純桁モデルまた L/B が15より大きな単純桁・連続桁モデルで安全率1.60を下回り架設時の安定性に問題が生じる。

4. 送り出し架設時の安定性

図-6に送り出し架設を用いた場合の形状比 L/B と極限強度と死荷重の比率 p_u / p_d の関係を示す。死荷重 p_d には、鋼重のみを考慮する。連続桁で送り出し架設を用いた場合に横ねじれ座屈による危険性はほとんどのモデルで生じない。また横桁間隔が広がるにつれて強度が上がる傾向にあるのは、横桁間での変形の影響が少なく主桁の強度に起因しているためと考えられる。また送り出し架設では支点反力についても検討を行ったが、端支点、中間支点で鉛直、水平反力ともに架設に問題が生じるような大きな反力は生じない。

参考文献

- 1) 西村宣男：鋼橋の立体力学特性を考慮した設計の合理化に関する研究，大阪大学学位論文，昭和60年12月。
- 2) 西村宣男：弾性拘束を受けるI形断面ばりの極限強度評価式，土木学会論文集，No.386,1987。
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ 鋼橋編，pp.319，平成8年12月。

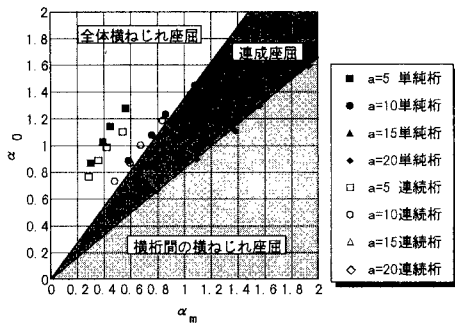


図-4 横ねじれ座屈の範囲

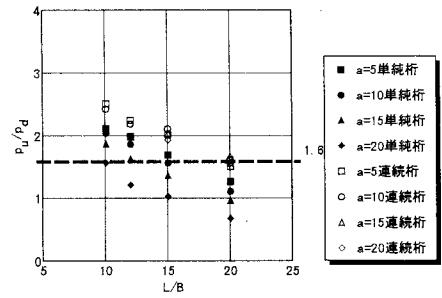


図-5 単純桁・連続桁の安全率

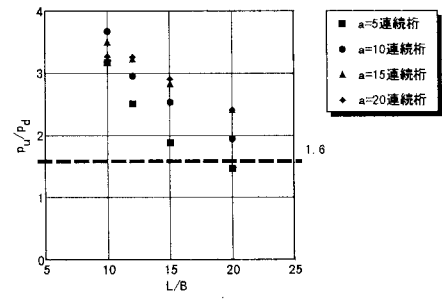


図-6 送り出し架設の安全率