

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
 (株)栗本鐵工所 正 員 村山泰男
 大阪市立大学大学院 学生員〇岩廣真悟

大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行
 大阪市建設局 正 員 長井義則

1. まえがき 近年、曲げモーメントとねじりモーメントとがともに卓越する曲線箱桁橋が、都市高速道路の橋梁形式として採用される機会が多くなってきている。その中で、長支間を有する曲線連続箱桁橋に対しては、その終局限界状態に至るまでの幾何学的、および材料学的な非線形性の度合い、ならびに終局強度特性が、まだ十分に明確化されていると言ひ難い。そこで、本研究においては、曲線箱桁を骨組構造にモデル化し、弾性微小変位、および弾塑性有限変位解析を行って、長大曲線連続箱桁橋の非線形性、および終局強度特性について検討を加えた。

2. 解析モデルと荷重載荷方法 対象とした曲線箱桁橋は、図-1に示す中央径間長 250m を有し、中間支点 P_{10} 近傍に著しい曲率半径 $R=120m$ を有する 3 径間連続鋼床版箱桁橋である。

まず、対象とする荷重としては、死荷重、および活荷重の 2 つに限定した。ただし、活荷重には、解析当初の旧道路橋示方書による L-20、および TT-43 荷重を用いた。また、その荷重状態は、図-2(a)～(b)に示すように、2 つの着目断面、すなわち①中央径間の中央断面、および②橋脚 P_{10} の近傍の断面に対して厳しくなる 2 ケースとした。つぎに、解析は、死荷重 D_0 と 2 ケースの活荷重 L_0 とを次式にしたがって漸増した D と L とを作用させた。そして、終局限界状態に至るまでの挙動を追跡した。

$$\alpha_L (D_0 + L_0) \quad (1)$$

ここに、係数 α_L は、設計荷重に対する荷重倍率で、以下、荷重パラメータと呼ぶ。

3. 弾塑性有限変位解析と弾性微小変位解析との比較・検討

解析結果の一例として、各活荷重載荷ケースに対する着目断面が終局限界状態に至るまでの曲げモーメント M とねじりモーメント T との相関関係を、図-3に示す。この図によると、ケース 1 における $M/M_p - T/T_p$ 曲線は、線形性を保ちながら増加してゆき、全塑性相関曲線に近づくのに伴って、 T/T_p の増加率が大きくなる方向に傾いている。また、着目断面がほぼ全塑性に至った状態で、橋全体が終局限界状態に達していることがわかる。一方、ケース 2 における挙動は、活荷重載荷ケース 1 の挙動と比較すると、ねじりモーメントが大きく発生していることがわかる。この場合も、活荷重載荷ケース 1 と同様に、全塑性相関曲線に近づくまで、ほぼ線形的に断面力が増加している。

つぎに、図-4には、活荷重載荷ケース 1 の場合について、荷重パラメータ α_L と中央径間中央断面の鉛直方向変位、曲げモーメント M 、および、ねじりモーメント T との関係を示す。なお、図中の α_p は、伝達マトリックス法により弾性線形解析を行い、着目断面が最初に全塑性状態に至ったときの荷重パラメータに相

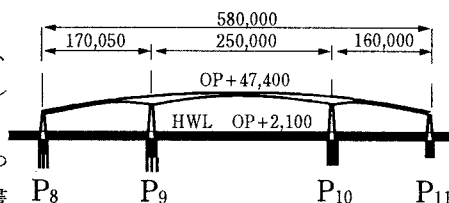
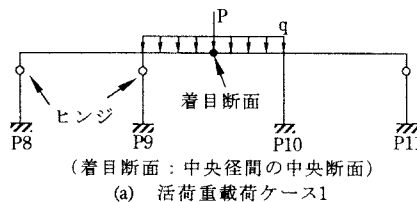
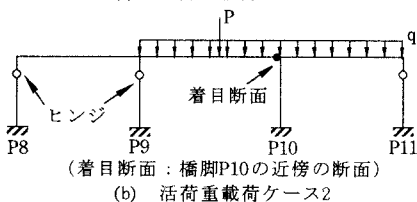


図-1 解析モデルの側面図(寸法単位:mm)



(着目断面：中央径間の中央断面)



(着目断面：橋脚P10の近傍の断面)

図-2 活荷重載荷ケース

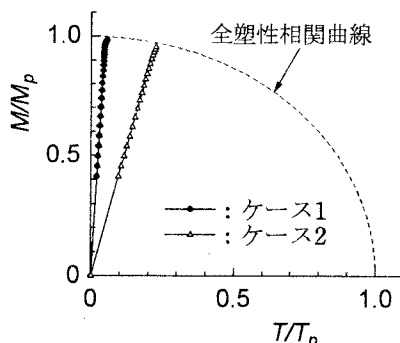


図-3 着目断面の曲げモーメントとねじりモーメントとの相関関係

当する全塑性荷重パラメータである。

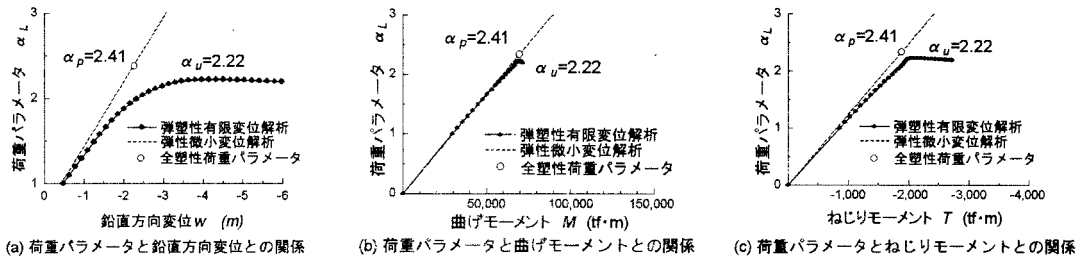


図-4 終局荷重パラメータ α_u と全塑性荷重パラメータ α_p との比較 (活荷重載荷ケース1)

4. 局部座屈を考慮した長大曲線箱桁橋の耐荷力特性 図-4において、 α_p と α_u とがほぼ一致していることから、対象とした長大曲線箱桁橋の局部座屈を考慮した終局強度も、弾性微小変位解析に、断面の局部座屈を判定する終局強度相関曲線を組み込む文献1)の手法によって、推定できるものと考えられる。そこで、局部座屈を考慮した断面の終局限界状態に対する安全性を、次式に示す局部座屈達成パラメータ κ_u を用いて評価する¹⁾。

$$\sqrt{\left(\frac{M}{M_{u0}}\right)^2 + \left[\frac{(T+S \cdot B)}{T_{u0}}\right]^2} = \kappa_u \quad (2)$$

このようにして求められた局部座屈達成パラメータ κ_u が1になることは、着目断面が局部座屈を起こして終局限界状態に至ることを意味する。すなわち、着目断面を終局限界状態に至らしめる荷重は、基本載荷荷重を、次式で与えられる終局荷重パラメータ α_u 倍することにより求めることができる。

$$\alpha_u = 1 / \kappa_u \quad (3)$$

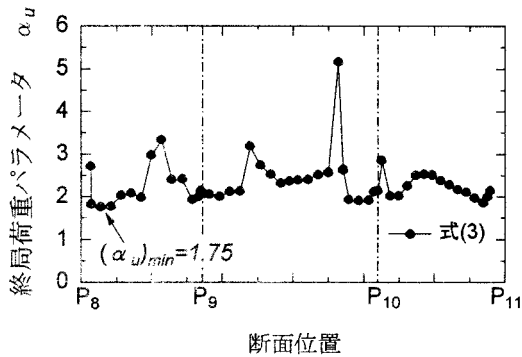


図-5 終局荷重パラメータ α_u の橋軸方向の分布

以上の式に、影響線を用いて求めた各断面の最大・最小断面力 (M, T, S)、および終局限界断面力 (M_{u0}, T_{u0}) を代入し、各断面における終局荷重パラメータ α_u を算出した。そのようにして、得られた終局荷重パラメータ α_u の橋軸方向の分布を、図-5に示す。

上図によると、 α_u の値は、各支間の中央部近傍、および中間支点近傍で小さくなっている。また、 α_u の最小値は、左側の側径間において、 $(\alpha_u)_{min} = 1.75$ となることがわかる。

5. まとめ 本研究で得られた主な結果をまとめると、以下のとおりである。

- i) 弾塑性有限変位解析による作用荷重と曲げモーメント、および、ねじりモーメントとの関係は、終局限界状態の直前まではほぼ線形性を保ち、弾性微小変位解析の結果ともほぼ一致した。
- ii) このように、作用荷重と鉛直変位との関係は、設計荷重の1.7倍程度の荷重以下で幾何学的非線形性が認められない。しかし、それ以上の荷重に対しては、多少の非線形性が見られた。
- iii) 以上の結果より、中小の曲線箱桁橋に対して提案された参考文献1)の手法が、長大曲線箱桁橋にも、適用可能であることがわかった。すなわち、断面の局部座屈が判定できる終局強度相関式と弾性微小変位解析とを用いれば、長大曲線箱桁橋の終局強度も、実用的な精度で推定できることがわかった。
- iv) そこで、弾性微小変位解析と断面の終局強度相関曲線とを用いれば、局部座屈を考慮した対象橋梁の終局強度を推定した結果、終局荷重パラメータは $\alpha_u = 1.75$ となった。これは、道路橋示方書で要求されている安全率を上回る実安全率が確保されていることを示すものである。

参考文献

1) 中井 博・村山泰男・北田俊行：局部座屈を考慮した曲線箱桁橋の耐荷力解析、土木学会論文集、No. 513/ I -31、pp. 53-64、1995年4月