I－68　並列曲線箱桁橋の終局強度解析

(株)栗本鐵工所　正員　村山泰男　　大阪市立大学　正員　中井　博
大阪市立大学　正員　北田俊行　　兵庫県　　　　　　　乳原正文

1．まえがき

近年、都市内の高速道路や山岳地の道路内においては、数多くの曲線箱桁橋が建設されてきている。曲線桁橋は、曲げ作用とともにねじり作用を常時受ける構造物であり、一般に、主桁断面形状として、ねじり剛度の大きい箱断面が適している。とくに、幅員の広い曲線橋では、２本の箱桁を横桁で結合した並列曲線箱桁橋が有利な構造形式となる。このような曲線箱桁橋の耐荷力に関する設計法をより合理的なものとするためには、骨組構造としての構造物全体の終局強度特性を明らかにする必要がある。とりわけ、構造物全体の終局強度を明らかにするためには弾塑性有限変位解析[1]を行うことが不可欠である。しかしながら、弾塑性有限変位解析は、通常の設計に用いられている弾性微小変位解析に比較すると、繁雑であり、設計に適用するための実用的な解析法となり得ない。そこで、本研究においては、まず対象とする並列曲線箱桁を骨組構造物とみなしてモデル化し、弾塑性有限変位解析を行った結果と弾性微小変位解析による結果とを比較・検討し、並列曲線箱桁の終局強度解析の場合にも、弾性微小変位解析が適用可能であることを明らかにした。

2．解析モデルと載荷状態

実橋をモデル化した図－１の解析モデル[2]を用い、図－２に示す３つの載荷状態に対して、以下の、(1)弾塑性有限変位解析と(2)弾性微小変位解析とを行った。

(1) 弾塑性有限変位解析[1]

弾塑性有限変位解析に際しては、以下の仮定を設けた。

① 主桁、および支点上の横梁は、弾塑性有限変位が考慮できる箱形断面要素の集合体でモデル化する。

② 端横桁、および中間横桁は、ねじり剛性を無視した弾性梁要素を用いてモデル化する。

③ 箱形断面の局部座屈の影響は、考慮しない。

④ 曲げに伴うせん断応力、および、そりに伴うせん断応力は、無視する。

⑤ 箱形断面要素の材料は、von-Misesの降伏条件、およびPlandtl-Reussの塑性流れ則にしたがうものとする。

⑥ 終局強度としては、基本荷重(D+L)をα(D+L)と漸増させ、着目断面における終局荷重パラメーターα_Uを求めた。

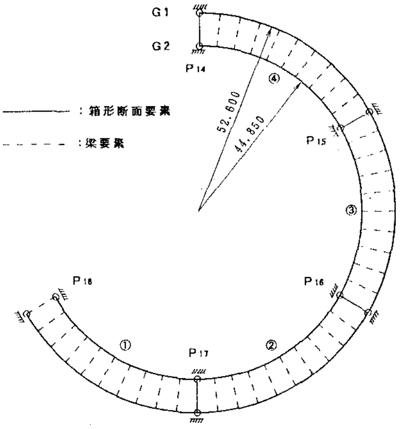
ここに、Dは死荷重、Lは活荷重である。

(2) 弾性微小変位解析

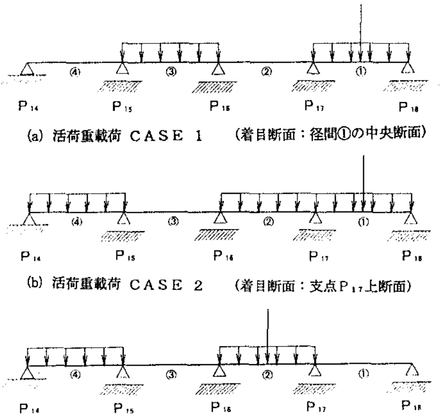
弾性微小変位解析には、曲率の影響などが精度よく解析できる伝達マトリックス法を用いた。

なお、終局強度の判定には、文献3)で提案された次式の曲げとねじりとに関する相関曲線を用いた。

$$\sqrt{\left(\frac{M}{M_P}\right)^2+\left(\frac{T}{T_P}\right)^2}=\kappa\ \left(=\frac{1}{\alpha_P}\right)\quad\cdots\cdots\cdots(1)$$



図－１　解析モデル



(a) 活荷重載荷 CASE 1　(着目断面：径間①の中央断面)

(b) 活荷重載荷 CASE 2　(着目断面：支点P17上断面)

(c) 活荷重載荷 CASE 3　(着目断面：径間②の中央断面)

図－２　着目断面と活荷重載荷状態

ここに、M：基本荷重載荷時の作用曲げモーメント　　M_P：全塑性曲げモーメント

T：基本荷重載荷時の作用ねじりモーメント　　T_P：全塑性ねじりモーメント

κ：全塑性達成パラメータ　　α_P：全塑性荷重パラメーター

式（1）において、$\kappa=1$の時、着目断面は全塑性状態に達する。そして、この時、並列曲線箱桁橋全体が終局状態に至るものとみなす（第1ヒンジ荷重＝終局荷重）。したがって、式（1）より、全塑性達成パラメーターκの値が求められると、全塑性荷重パラメーターα_Pは、$\alpha_P=1/\kappa$で表される。すなわち、ある断面が全塑性状態に達すると、塑性域が急激に広がり、それ以降の荷重分配効果がほとんど期待できないものとし、橋全体が終局状態に至るものと仮定する。ただし、ここでは、局部座屈による終局強度の低下を考慮していない。

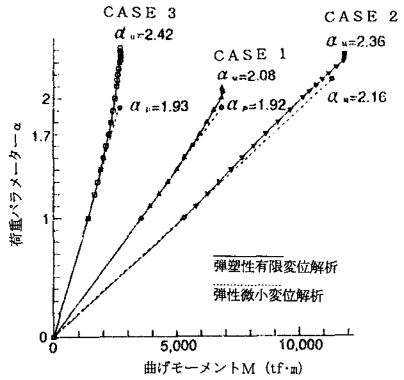
3．解析結果と比較検討

図－3、および図－4には、各荷重ケースにおける荷重パラメーターと、着目断面における曲げモーメント、およびねじりモーメントとの関係を示している。

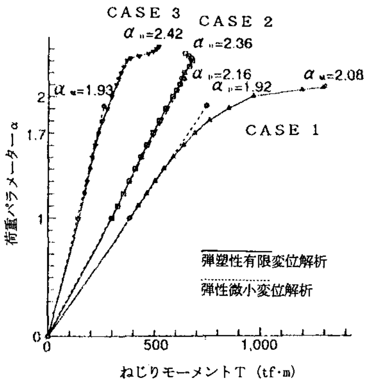
両解析法による断面力は、道路橋示方書で期待する安全率$\nu=1.7$よりも小さい荷重パラメータの範囲内では、ほぼ一致していると考えられる。

終局時における曲げモーメントの値も、両解析結果でほぼ一致しているといえる。一方、終局時におけるねじりモーメントの値に関しては、必ずしも両者が一致しているとはいえない。しかし、今回のモデルの場合には、曲げモーメントのほうがねじりモーメントよりもかなり卓越していることを考えると、実用上問題がないようである。

終局時の荷重パラメーターは、弾性微小変位解析による全塑性荷重パラメーターα_Pを用いると、8～23%と、若干、安全側に評価することになる。



図－3　荷重パラメーターと曲げモーメントの関係



図－4　荷重パラメーターとねじりモーメントの関係

4．まとめ

本研究により、並列曲線箱桁橋の終局強度は、弾性微小変形解析により、若干、安全側に評価することを示すことができた。

なお、曲線箱桁橋の限界状態設計法を模索するための今後の課題を示すと、以下のとおりである。

(1) 局部座屈の影響による終局強度の低下を、推定[3]する必要がある。

(2) 曲げに伴うせん断力を考慮した終局強度相関曲線を、確立する必要がある。

<参考文献>

1) 北田俊行・大南亮一・丹生光則・田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐荷力解析用の汎用プログラムの開発、構造解析における数値解析シンポジウム論文集、日本鋼構造協会、第13巻、pp.89～94、1989.7

2) 三井・日橋・川重建設工事共同企業体・(財)災害科学研究所：木津川新橋の耐荷力解析 第2編、1991.3

3) 中井　博・村山泰男・北田俊行：曲げとねじりとを受ける補剛材付きの薄肉箱形断面梁の極限強度に関する実験的研究、構造工学論文集、土木学会、Vol.38A、pp.155～165、1992.3