

名古屋高速道路公社 正員 ○前野裕文
 名古屋高速道路公社 正員 佐藤章次
 名古屋工業大学 正員 長谷川彰夫

1. まえがき 都市高速道路の建設に伴って、本線部からランプ部への区間、本線部から分岐部への区間などは、一般街路や建設用同等の関係から、曲率の大きい線形で曲線桁を使用せざるを得ない状況である。曲線桁はその構造解析の複雑さ、構造物の挙動の不明確さなどのため過去においても多く研究が行われている。しかしそれらは曲線部材の力学的特性、解析手法等に重点が置かれており、実務設計者が設計に直接適用できる場合は少ない。ここでは、一般に実務設計で使用している変位法による格子桁解析をもとに、曲線桁の断面力評価の結果¹⁾とのバランスを考え実務設計に適用し得る曲線桁の考え方を示した。

2. 通常の設計 実務設計で通常の曲線桁を設計する場合は、そのほとんどが任意格子桁法を用いて、曲げモーメント、せん断力を算出しそれぞれの部材力に対し断面決定を行っている。また任意格子桁法においては曲線桁は対傾構及び横桁位置、場合によってはその他の中間点を格子点とする折れ線部材として部材力を算定している。折れ線部材での曲率の影響は格子桁解析で求めた応力度に主桁のフランジに対し小松らの式²⁾による2次応力を加算して、それぞれの桁の安全性を確保している。

$$\sigma_s = \pm 0.106 \frac{\sigma}{R Z_f} (A_f + \frac{A_w}{3})^2 \quad \text{————— (1)}$$

ここに σ ; フランジの曲げ応力度, R ; 主桁の曲率半径, A_f ; フランジの断面積, A_w ; 中立軸よりフランジまでのウェブの断面積, Z_f ; フランジの断面係数, σ ; フランジの固定点間距離である。

3. 通常の設計手法と厳密な解析との差 曲線と有する桁の実務設計における注意点は次の2点に大別される

(1) 床版打設時(床版コンクリート硬化前)の死荷重による桁の横たわれ座屈、ウェブの局部座屈等部材の幾何学的寸法の変化に伴う力学的特性。

(2) 床版コンクリート硬化後の活荷重の曲率と有する部材に及ぼす影響(例えば式(1)の2次応力)。

部材の幾何学的寸法の変化に伴う力学的特性の差は、せん断中心のずれによる断面2次モーメント、そりねじり定数等の差となって示される。これらについては文献(1)等に説明があるのでここでは言及しない。通常の設計では上記(1)(2)に対し、上横構を設置する事や2次応力を付加させている。しかし、どの程度の曲率までが上横構なし(中間対傾構のみ)で曲線桁特有の応力をカバーできるかというのは、現場設計者の判断に委ねられているのが現状である。ここでは設計手法の統一をはかる目的で上横構の設置範囲を考察する。

4. 解析手法及び解析結果 図1に示す 合成格子桁を基本に半径 R をパラメーターとして $R=50, 100, 150, 200, 250, 500, 1000, 2000, \infty$ について実務設計で用いる死荷重及び活荷重による曲げモーメント、ねじりモーメントをそれぞれ図2,3,4に示した。ここにサフィックス C, ∞, l, d はそれぞれ曲線、直線、活荷重時、死荷重時を示す。またスパン($L=45\text{m}$)を一定としたのは、I桁プレートガダーで構成される適当なスパンであり、これ以上になると箱桁を使用する場合が多いためである。図2,3において死荷重と活荷重を別々にしたのは、3とも述べたように、死荷重時には床版がまだ硬化してない時の桁の横たわれ座屈に注意する必要があり、床版の硬化後は活荷重による2次応力を考える必要はないからである。

死荷重³⁾として床版 0.575 t/m^2 , 舗装 0.184 t/m^2 , 土覆 0.413 t/m^2 , 高欄 0.565 t/m , 活荷重としてはTL-20を載荷した。また桁の断面特性としては, G_1, G_2 の剛度は $I = 0.03 \text{ m}^4$, G_2, G_3 は 0.04 m^4 , 分配横桁, 中間対傾構の剛度はそれぞれ 0.009 m^4 , 0.001 m^4 。主桁のねじり定数は G_1, G_2 が $J = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^4$; G_2, G_3 が $1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^4$ と

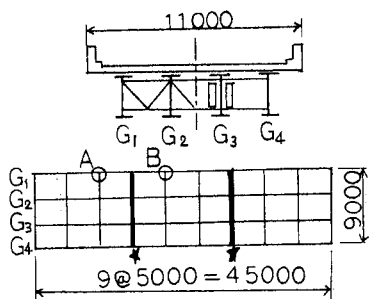


図. 1

与えた。ここに $E = 2.1 \times 10^7 \text{ t/cm}^2$, $G = 8.1 \times 10^6 \text{ t/cm}^2$ である。図.1 中の Δ は分配横桁を示す。

図.2 によれば死荷重曲げモーメントの場合、曲率に伴う部材の断面特性(図の下段)と折れ線格子桁における部材力(図の上段)は直線桁に比べて R が $300 \sim 400 \text{ m}$ において最大10%の増加となる。同様に図.3の活荷重モーメントの場合は R が $200 \sim 300 \text{ m}$ において最大10%増加となる。

また図.4では死荷重モーメントと活荷重モーメントの比を示した。これによると R が 500 m 以下では直線桁に比べ死荷重モーメントの割合が活荷重モーメントを大きく上まわり、図.2の死荷重モーメントのグラフで、曲率の影響を判断すれば安全側となる。また図.5に示すようにねじりモーメントによる上横構(対傾構)への圧縮力(引張力)は R が 300 m 程度でも 100 kg 以下であり、上横構等が風荷重、地震荷重で設計されていることを考えれば特に問題とならない。

5. 結語

名古屋高速道路公社では以上の事をふまえて曲線桁(I桁プレートガーター)の取り扱いを次のようにした。

- ① 曲線半径 $R \leq 400 \text{ m}$ までは上横構を設置する。
- ② “ $R > 400 \text{ m}$ になると上横構を設置しない。
- ③ ①②のいずれの場合にも式(1)により2次応力を付加するものとする。

さいごに、格子桁の解析には日本電算(株)所有の任意格子桁(GRID)を使用させていたが、ここに記し感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 竹村, 長谷川, 松浦; 曲線桁の断面量と応力分布に及ぼす曲率の影響, 土木学会全国大会年次講演, 昭56.10
- 2) 鋼道路橋設計便覧, 日本道路協会, 昭54.2
- 3) 鋼構造物設計基準. 同解説, 名古屋高速道路公社, 昭51.6

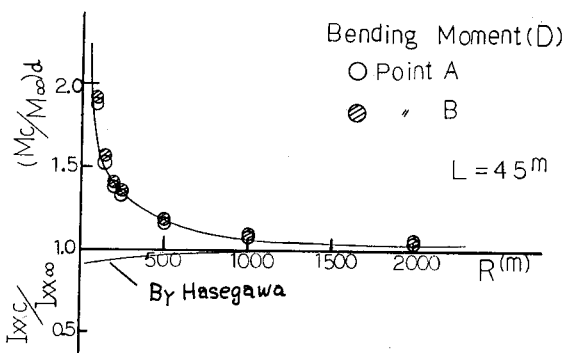


図. 2

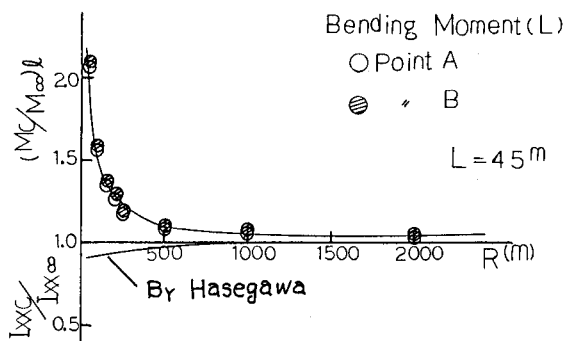


図. 3

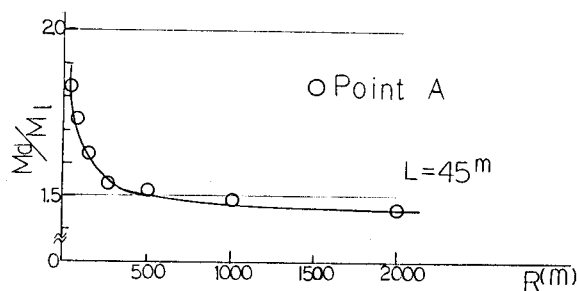


図. 4

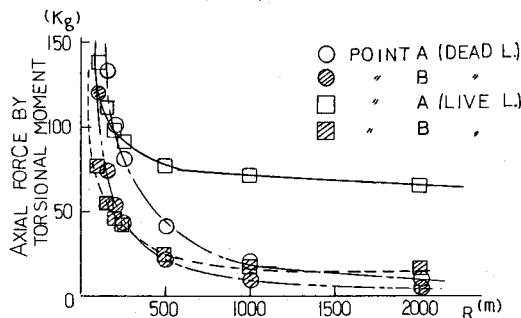


図. 5