

桁橋の荷重分配について

京都大学工学部 正員 山田 善一
 京都大学工学部 正員 渡辺 英一
 阪神高速道路公団 正員 〇幸 和範

1. まえかき

桁橋は、鉄筋コンクリート床版が主桁に弾性的に支持された構造を有しており、床版の連続性を考えれば、荷重は床版を経て、多くの桁に伝達されると考えられる。したがって、このような型式の道路橋の設計においては、負荷される自動車荷重によって各桁に生じる曲げモーメントを十分正確に決定する必要がある。ここでは、桁橋にみられる板-梁系の解析に有効と考えられる板の剛性法を用いて、桁橋の挙動に影響を与えたと考えられる種々のパラメータを変化させて数値計算し、得られた結果から、種々の型式の桁橋にあてはまる設計式を与えた。

2. 解析手法

まず、板の剛性マトリックスを誘導することから考える。直交異方性板理論を Fig. 1 に示す帯板要素に適用し、その基礎微分方程式の固有解を、Fig. 1 に示す境界条件の下で解き、得られた変位から断面力を求めれば、次の関係式を得る。

$$\{F\}_m^e = \sum_{n=1}^{\infty} \{F\}_m^n \sin \lambda_n x = \sum_{n=1}^{\infty} [k]_m^n \{\delta\}_m^n \sin \lambda_n x \quad (1)$$

ただし、 $\{F\}_m^e = \begin{Bmatrix} W_m \\ Q_m \\ M_m \end{Bmatrix}$, $\{\delta\}_m^n = \begin{Bmatrix} \delta_m^n \\ \theta_m^n \\ \psi_m^n \end{Bmatrix}$, $\lambda_n = m\pi/l$

(1) 式の m 項のみをとり出すと

$$\{F\}_m^e = [k]_m \cdot \{\delta\}_m \quad (2)$$

(2) 式のように、任意の帯板要素の剛性マトリックスが得られる。また、荷重項は、Fig. 1 のように集中荷重が作用した時の解を用いて求めることができる。ここで、得られた要素に対する剛性マトリックスおよび荷重項を系全体について重ね合わせると、結局次式を得る。

$$[K]_m \cdot \{\delta\}_m = [L]_m \cdot \{P\}_m \quad \text{ただし、} \{P\}_m = [P_1, P_2, \dots, P_m]^T$$

次に、板を弾性支持している縦桁について考える。ここでは、桁は合成桁の場合には橋軸方向の捩りモーメントおよび橋軸直角方向の曲げモーメントのみを負担し、非合成桁の場合には、橋軸直角方向の曲げモーメントのみを負担すると仮定する。

1) 合成桁の場合

この場合、任意の節線 i での力のつりあいに、曲げモーメントによる弾性荷重の項が加わる。いま、たわみを $w_i = \sum w_{im} \sin \lambda_m x$ と表わしているから、弾性荷重は、 $s_{bi} = -EI_b \lambda_m^4 w_{im}$ となり、結局全体の剛性マトリックスの w_{im} に対応する要素に $-EI_b \lambda_m^4$ を加えればよい。

ii) 非合成桁の場合

この場合、i) でのべた弾性荷重による影響の他に、橋軸方向の捩りモーメントによる曲

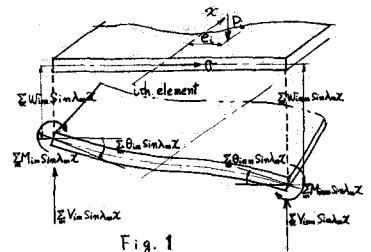


Fig. 1

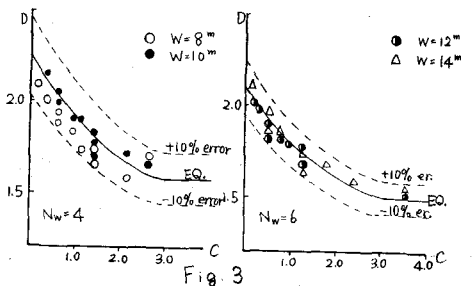
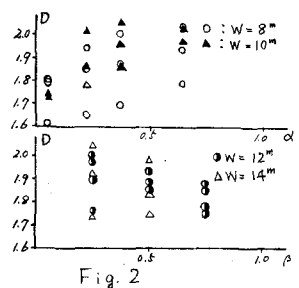
げモーメントの項が加わる。2節線の梁に働く橋軸方向の曲げモーメントは、 $M_{im} = -GJ_x \lambda_m^2 \theta_m$ と表わせるから、全体の剛性マトリックスの θ_m に対応する要素に $-GJ_x \lambda_m^2$ を加えればよい。

3. 数値計算

数値計算にあたって、主桁数、支間、幅員、接り剛性に関するパラメータ α ($=(D_y + D_x)/D_y$)、曲げ剛性に関するパラメータ β ($= \frac{4EI}{D_y}$)、自動車荷重の配置などの組み合わせを考えた。主桁数は4~6、支間: 30m, 40m、幅員: 8m, 10m, 12m, 14m α : 0.04, 0.16, 0.36, 0.64, β : 0.25, 0.50, 0.75、荷重配置: 中心載荷、偏心載荷 などの場合を考えた。また、各桁が負担する荷重の割合は、各縦桁に負担されている曲げモーメントを橋軸方向の15-断面でのすべての縦桁の平均曲げモーメントで割、得られるモーメント分配率で示した。また、計算結果は、Load fraction = W/D の D の値で整理した。 W は橋梁幅員である。

まず、採用した解析法の妥当性は、AASHO による10種の単純桁橋に対する実験結果との比較から確かめられた。それによると、最大モーメント分配率は、10種のうち5種に対して安全側の値、すなわち正の誤差を得、それらの誤差は2種類の桁橋を除いてすべて10%以下であり、また危険側の値を与えるものについては、誤差は3%以下であった。

次に、種々のパラメータの組合せ(40例)の下で数値解析結果を Load fraction = W/D の D の値と、 α , β , W との関係で示したのが Fig. 2 であるが、これから、 α の増加に伴って荷重分配効果が良くなり、逆に β の増加に伴って荷重分配効果が悪くなること、また鋼道路橋設計示方書に示されている D の値は理論値よりかなり小さいことがわかる。ここで、 β - D 座標上で D の値は実用上直線になら3と近似して良い²⁾ことから、新たに $C = \beta/\alpha$ なるパラメータを導入し、 D を C , N_w (車輪座数の数) の関数として表わすことを考える。Fig. 3 は、 C - D 座標上に理論値をプロットしたもので、 $N_w = 4, N_w = 6$ に対するものを示している。図から、 C - D の関係を次のように定めることができる。



$$D = 1.6 + N_w/60 + (1 - N_w/10)(1 - C/3) \quad C \leq 3$$

$$= 1.6 + N_w/60 \quad C > 3$$

この曲線は、 $\pm 10\%$ の範囲で理論値とすべて合み、少なくとも、ここで行な、た計算例の範囲では十分な精度をもつと考えられる。

4. あとがき

用いた解析法は、連続桁橋の中間支点と有限個の点支点と考えることによ、て容易に連続桁橋へ適用することが出来る。

参考文献: Cheung Y. K.: "The finite Strip Method in the Analysis of Elastic Plate with two opposite Simply Supported Ends" Proc., I.C.E., Vol. 48, May, 1968
 W. W. Sanders, Jr and H. A. Ellaby: "Distribution of wheel load on highway bridges, National Cooperative Highway Research Prog. Report 83, Eng. Research, Iowa State Univ. 1968