

プレートガーダー橋の疲労亀裂を支配する構造パラメータ

大阪大学大学院 学生員 ○瀧川浩之
大阪大学工学部 正 員 大倉一郎
大阪大学工学部 正 員 福本晴士

1. まえがき 多くのプレートガーダー橋において、主桁と横桁の連結部に図-1に示すような疲労亀裂が発生している。

過去の論文で、タイプ1とタイプ4の疲労亀裂を発生させた局部応力と橋の3次元挙動の関係を定式化した^{1, 2)}。本論文では、これらの疲労亀裂を支配する構造パラメータを誘導し、このパラメータと疲労亀裂発生との関係を調査したので、以下に報告する。

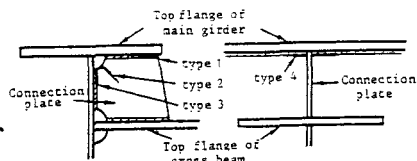


図-1 横桁連結部に発生する疲労亀裂

2. コンクリート床版と横桁の回転が局部応力に与える影響

図-2に示すように、横桁連結部のコネクションプレートに生じる鉛直方向の膜応力 σ_{my} と主桁ウェブに生じる板曲げ応力 σ_{by} がタイプ1とタイプ4の疲労亀裂を発生させた局部応力であることが実際のプレートガーダー橋の応力実測より明らかにされた¹⁾。さらに、これらの局部応力とコンクリート床版の回転と横桁の回転の関係が次のように定式化された²⁾。

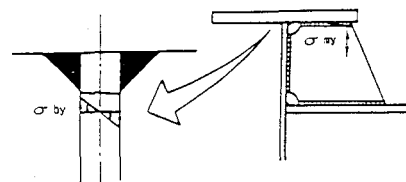


図-2 横桁連結部の局部応力

$$\begin{vmatrix} \sigma_{my} \\ \sigma_{by} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} k_{m1} & k_{m3} (\gamma - k_{m123}) \\ k_{b1} & k_{b3} (\gamma - k_{b123}) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \theta_{so} \\ \theta_g \end{vmatrix} \quad (1)$$

ここに、 θ_{so} ：コンクリート床版の板曲げ変形に起因するコンクリート床版の回転角、

θ_g ：主桁の鉛直変位に起因する横桁の回転角、 γ ：荷重の幅員方向の位置に依存する係数、

k_{m1} 、 k_{m3} 、 k_{m123} 、 k_{b1} 、 k_{b3} 、 k_{b123} ：定数。

3. コンクリート床版の回転角に影響を与える構造パラメータ

図-3を参照して、主桁直上のコンクリート床版の回転角 θ_{so} は次式で与えられる²⁾。

$$\theta_{so} = \frac{1}{2\pi^2} \frac{a}{D_c} \cdot \{ P \cdot \phi_w \left(\frac{x}{a} \right) \cdot \phi \left(\frac{x}{a} \right) \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} \sin \frac{m\pi x}{a} \left(1 + \frac{m\pi b}{a} \right) \exp \left(- \frac{m\pi b}{a} \right) \} \quad (2)$$

ここに、 D_c ：コンクリート床版の板曲げ剛性、 ϕ_w ：壁高欄による補正係数、 ϕ ：連続版としての補正係数、 a ：主桁間隔、 P ：集中荷重。

式(2)において、 $\{ \}$ 内は交通条件に依存する関数である。他方、 a/D_c はコンクリート床版の諸元のみ依存するパラメータであり、この逆数、すなわち D_c/a を疲労亀裂の発生に影響を与える構造パラメータとして採用する。 D_c/a が大きくなると床版独自の回転角 θ_{so} は小さくなる。

4. 横桁の回転に影響を与える構造パラメータ

支間中央に荷重分配横桁を有する5本主桁のプレートガーダー橋において、図-4に示すように格点に集中荷重が作用したとき、 G_i 桁の位置の横桁の回転角 θ_{gi} は次式で与えられる。

$$\theta_{gi} = A_i v / a \quad (3)$$

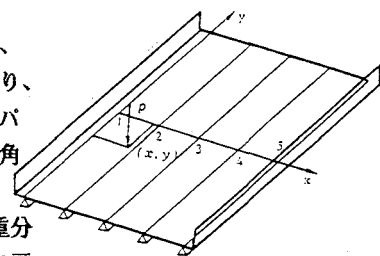


図-3 主桁位置で支持されたコンクリート床版

Hiroyuki TAKIGAWA, Ichiro OKURA, Yuhshi FUKUMOTO

ここに、 $\mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)^T$ 、 v_i : G_i 桁の横桁の位置における鉛直変位、

$\mathbf{A}_i$: θ_{g_i} と $\mathbf{v}$ を関連づける定数からなる行ベクトル、 T : 転置記号。

また、集中荷重 P が G_j 桁の格点に作用したとき、 v_i は次式で与えられる。

$$v_i = \frac{P q_{ij} Q^3}{48 E r_i I_g} \quad (4)$$

ここに、 $r_i = I_{g_i} / I_g$ 、 I_{g_i} : G_i 桁の断面2次モーメント、

I_g : 基準となる主桁の断面2次モーメント、

q_{ij} : G_j 桁の格点に集中荷重が作用したときの G_i 桁の荷重分配係数、 Q : 支間長。

荷重分配係数 q_{ij} は、次式で定義される曲げ格子剛度 Z と r_i のみの関数によって与えられる。

$$Z = \frac{I_g}{I_{g_i}} \frac{Q}{2a} \quad (5)$$

ここに、 I_{g_i} : 荷重分配横桁の断面2次モーメント。

式(4)を式(3)に代入して次式を得る。

$$\theta_{g_i} = \frac{P}{48 E} \cdot \frac{Q^3}{a \cdot I_g} \cdot \mathbf{A}_i \mathbf{q} \quad (6)$$

ここに、 $\mathbf{q} : q_{ij} / r_i$ を要素とする列ベクトル。

G_j 桁の格点に集中荷重が作用するとき、 G_i 桁の位置の横桁の回転角 θ_{g_i} に対応する $\mathbf{A}_i \mathbf{q}$ の値と 曲げ格子剛度 Z の関係を図-5に示す。 $Z \leq 10$ の場合、 $\mathbf{A}_i \mathbf{q}$ は Z に反比例していると思ふことができる。したがって、式(6)より $Z \leq 10$ のとき θ_{g_i} は $\{Q^3 / a \cdot I_g\} / Z$ に比例し、さ

らに式(5)を考慮すると、最終的に θ_{g_i} は a^2 / I_g に比例する。他方、 $Z > 10$ の場合、 $\mathbf{A}_i \mathbf{q}$ はほぼ一定となるので、 θ_{g_i} は $\{Q^3 / a \cdot I_g\}$ のみによって変動する。 G_i 桁以外の主桁の位置における横桁の回転角についても同様の傾向が見られる。したがって、横桁の回転角 θ_{g_i} に影響を与える構造パラメータは以下のようなになる。

$Z \leq 10$ のとき I_g / a^2 、 $Z > 10$ のとき $a \cdot I_g / Q^3$

構造パラメータ I_g / a^2 または $a \cdot I_g / Q^3$ が増加すると θ_{g_i} は減少する。

5. 構造パラメータと疲労亀裂発生の関係 構造パラメータとタイプ4の疲労亀裂の発生の関係を図-6に示す。構造パラメータ I_g / a^2 の値が大きくなると疲労亀裂の発生数が少なくなり、この構造パラメータの値が 3.5 cm^2 より大きい橋では、タイプ4の疲労亀裂は発生していない。他のタイプの疲労亀裂と構造パラメータとの関係は講演当日に発表する。

<参考文献>

- 1) I.Okura, H.Hirano and M.Yubisui : Stress measurement at cross beam connections of plate girder bridge, Technol.Repts. Osaka Univ., Vol.37, No.1883, PP.151-160, 1987.
- 2) I.Okura, M.Yubisui, H.Hirano and Y.Fukumoto : Local Stresses at Cross Beam Connections of Plate Girder Bridges, Proc. of JSCE Struct.Eng./Earthq.Eng., Vol.5, No.1, Japan Society

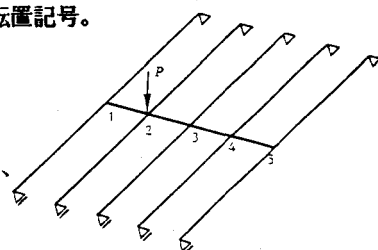


図-4 格点に集中荷重が作用する格子桁

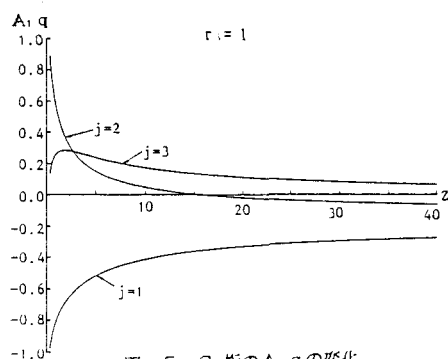


図-5 G_i 桁の $\mathbf{A}_i \mathbf{q}$ の変化

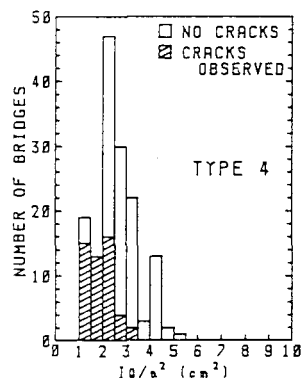


図-6 構造パラメータと疲労亀裂の発生の関係