

境界要素法による支点上ダイアフラムの構造解析とその力学的特性について

大阪大学工学部 正 員 小松 定夫
大阪大学大学院 学生員 坂本 保寿
大阪大学工学部 学生員 〇横山 宜典

1. まえがき 近年、箱桁橋における支間長の長大化および構造型式の複雑化は、箱桁橋の挙動をより複雑なものとしている。特に支点上ダイアフラムは反力を各部材に伝えるという重要な役割を有しているにもかかわらず、明らかにされていない部分が多い。また、曲線箱桁橋および斜め支持型式の箱桁橋においては、従来とられてきた簡易的な設計法により求めた断面内応力と実際の発生応力とが非常に異なる場合がある。このような支点上ダイアフラムの挙動を明らかにすることは非常に重要であり、この論文の目的とする所である。そこで境界要素法を用いてリブ材と平板部材の結合部材の解析手法を示し、次にこの手法を用いて支点上ダイアフラムを一枚板としてとり出した解析例を示す。さらにこの手法を、小松・長井¹⁾らが示した境界要素法と有限ブロック要素法の混用解析手法と結合し、曲線箱桁の支点上ダイアフラムの解析例を示す。

2. 軸力部材とみなしたリブを有する平板の解析

今、図1に示すような解析モデルを考える。ここでリブとは鉛直補剛材をモデル化して軸力部材とみなしたものである。さて、各々の領域について以下のような方程式が得られる。

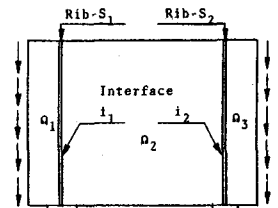


Fig. 1 Analytical Model

$$[A_0^1, A_{i1}^1] \begin{Bmatrix} u_0^1 \\ u_{i1}^1 \end{Bmatrix} = [B_0^1, B_{i1}^1] \begin{Bmatrix} p_0^1 \\ p_{i1}^1 \end{Bmatrix}, \quad [A_{i1}^2, A_0^2, A_{i2}^2] \begin{Bmatrix} u_{i1}^2 \\ u_0^2 \\ u_{i2}^2 \end{Bmatrix} = [B_{i1}^2, B_0^2, B_{i2}^2] \begin{Bmatrix} p_{i1}^2 \\ p_0^2 \\ p_{i2}^2 \end{Bmatrix} \quad (2.1)$$

$$[A_{i2}^3, A_0^3] \begin{Bmatrix} u_{i2}^3 \\ u_0^3 \end{Bmatrix} = [B_{i2}^3, B_0^3] \begin{Bmatrix} p_{i2}^3 \\ p_0^3 \end{Bmatrix}, \quad \text{ここで} \quad p_{ik}^n = \begin{Bmatrix} p_{ik}^n \\ q_{ik}^n \end{Bmatrix} \quad \text{とする。} \quad (k=1, 2)$$

リブ材 S_1 および S_2 に関して $K_{S1} u_{S1} = M_{S1} q_{S1}$, $K_{S2} u_{S2} = M_{S2} q_{S2}$ ---- (2.2)_{1,2} となる。ここで q_{SK} はリブ材の両側の隔壁のせん断流とつり合う等価節点力ベクトルである。よって、 i_1 結合部における、変位の適合条件および力のつり合い条件は以下の通り。

$$u_{i1}^1 = u_{i2}^2 = u_0^1 = u_{i1}^2, \quad t_1 p_{i1}^1 + t_2 p_{i1}^2 = 0, \quad t_1 q_{i1}^1 + t_2 q_{i1}^2 + q_{S2} = 0 \quad (2.3)$$

はについても同様を得られ、最終的に次の式を得る。

$$\begin{bmatrix} A_0^1 & A_{i1}^1 & -B_{i1}^1 & -B_{i1}^1 & & & & & & \\ & K_{S1} & & t_1 M_{S1} & t_2 M_{S2} & & & & & \\ & A_{i1}^2 & \frac{t_1}{t_2} B_{i1}^{2p} & & -B_{i1}^{2s} & A_0^2 & A_{i2}^2 & -B_{i2}^2 & -B_{i2}^2 & \\ & & & & & & K_{S2} & & t_2 M_{S2} & t_2 M_{S2} \\ & & & & & & A_{i2}^3 & \frac{t_2}{t_1} B_{i2}^{3p} & & -B_{i2}^{3s} & A_0^3 \end{bmatrix} \delta = f \quad (2.4)$$

ここで δ は未知変数よりなるベクトル、 f は荷重ベクトルである。

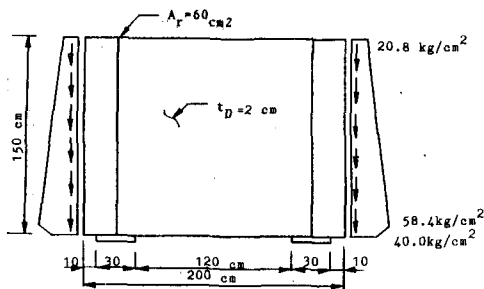


Fig. 2 Analytical Model

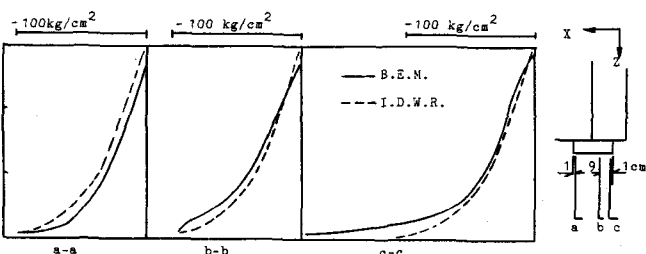


Fig. 3 Distribution of Normal Stress (σ_z)

3. 数値計算例

(1) 図2に示す変点上ダイヤフラムを一教範としての解析例を示す。腹板より流れるせん断流として I.D.W.R. (Interin Design and Workmanship Rules) による。図3に垂直応力度 (σ_z)、図4

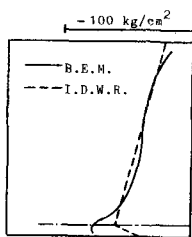


Fig. 4 Distribution of Shearing Stress (τ_{xz})

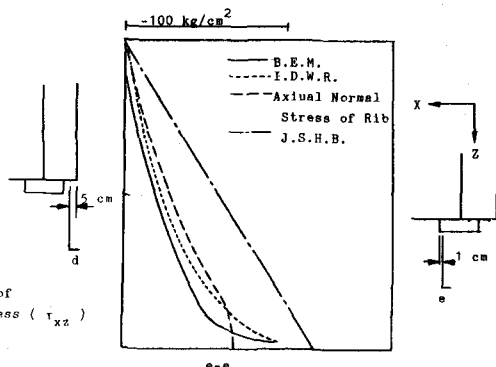


Fig. 5 Distribution of Normal stress (σ_z)

にせん断応力度 (τ_{xz}) の分布を示す。これによれば I.D.W.R. は変点端では危険側となるが、変点内部では安全側となっている。

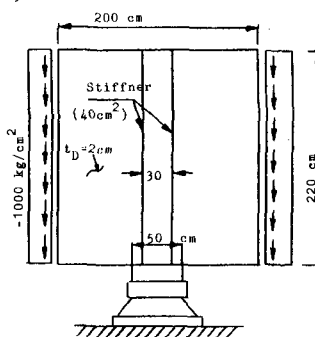


Fig. 6 Analytical Model

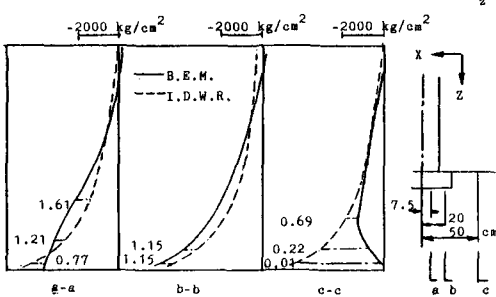


Fig. 7 Distribution of Normal Stress (σ_z)

(2) 図6に示す1箱1室の変点上ダイヤフラムの解析を行なう。

荷重として一様せん断流をかけた。図中の数字は (B.E.M./I.D.W.R.) である。

(3) 図8に直交持曲線箱桁の解析モデルを示す。図9、図10に変点上ダイヤフラムの応力分布を示す。これによればのと同様の事が言える。

4. 総括 以上の数値計算例により、本手法を用い

ば、箱桁橋の変点上ダイヤフラムの挙動が精度よく解析できる事がわかった。

5. 参考文献

小松定夫, 長井正嗣, 等, 鋼橋の境界要素法と有限要素法による汎用解析について, 土木学会関西支部年報, 昭和56年

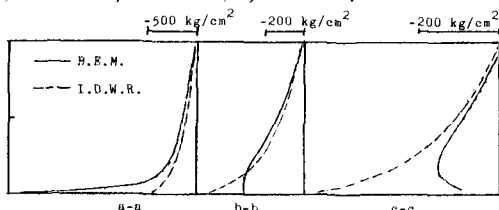


Fig. 9 Distribution of Normal Stress (σ_z)

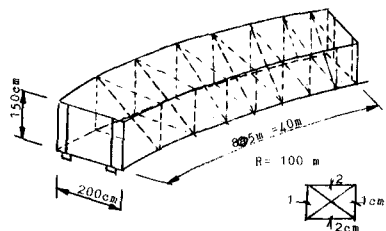


Fig. 8 Analytical Model

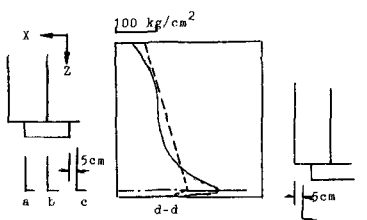


Fig. 10 Distribution of Shearing Stress (τ_{xz})