

境界要素法と有限要素法の混用法による斜め支持箱桁橋の局部変形と全体変形の連成解析

大阪大学工学部 正 員 小松定夫
 川崎重工 正 員 長井正嗣
 大阪大学大学院 学生員 ○西牧世博

1. まえがき 斜め支持箱桁のように対称荷重によってもねじり変形が生じる場合、箱桁の断面変形の解明また支点上ダイヤフラムの変形挙動と反力の関連を明確にすることは重要である。しかしながら、局部変形を考慮した箱桁の全体解析が実施された例はあまりない。そこで本論文では、境界要素法と有限要素法の特長をいかした両手法の混用手法を提案する。そして、本手法を用いて局部変形挙動を加味した斜め支持箱桁橋の全体解析を行い、その力学的特性について検討する。本手法の妥当性は実験および有限要素法との比較によりすでに検証済みである。

2. 基礎理論 ^{(1), (2)} 今、図1に示すように斜め支持箱桁橋を3つの領域に分割する。それぞれの領域に対して次式が成立する。

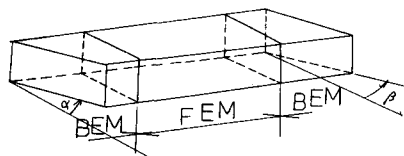


図1. 斜め支持箱桁

$$\begin{bmatrix} A_o^1 & A_i^1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{(B),1}^1 \\ U_{(B),1}^1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} B_o^1 & B_i^1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{(B),1}^1 \\ P_{(B),1}^1 \end{Bmatrix} \quad \text{---- (1)}$$

$$\begin{bmatrix} K_i^1 & K_o & K_i^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{(F),1}^1 \\ U_{(F),1}^1 \\ U_{(F),2}^1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} M_i^1 & L & M_i^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_i^1 \\ F_o \\ q_i^2 \end{Bmatrix} \quad \text{---- (2)} \quad \begin{bmatrix} A_i^2 & A_o^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{(B),2}^2 \\ U_{(B),2}^2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} B_i^2 & B_o^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{(B),2}^2 \\ P_{(B),2}^2 \end{Bmatrix} \quad \text{---- (3)}$$

ここで、 $()_o$ は非結合部、 $()_i$ は結合部を意味し、肩付き数字は領域番号を意味する。また節点力ベクトルについては、

$$\left. \begin{aligned} F_i^1 &= M_i^1 q_i^1, & F_o &= L F_o, & F_i^2 &= M_i^2 q_i^2 \end{aligned} \right\} \quad \text{---- (4)}$$

なる関係が成立する。また、

$$M = \int_{S_i} N^T \phi t dS_i \quad L = \begin{Bmatrix} 0 \\ I \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{matrix} \text{領域1との結合自由度} \\ \text{領域2との結合自由度} \end{matrix}$$

ここに、 N, ϕ は変位および応力に関する内そう関数、 I は単位マトリックスである。

次に結合部において、変位の適合条件と力のつり合い条件を考慮すると、基礎式は以下のように与えられる。

$$\begin{bmatrix} A_o^1 & -B_i^1 & A_i^1 \\ & M_i^1 & K_i^1 & K_o \\ & & & & K_o & K_i^2 & M_i^2 \\ & & & & & & & A_i^2 & -B_i^2 & A_o^2 \end{bmatrix} \cdot \delta = f \quad \text{---- (5)}$$

3. 数値計算例 図2に示すような斜め支持箱桁橋について、斜角を $0^\circ \sim 50^\circ$ にこり解析を行なった。荷重は両側ウェブに等分布荷重(0.5 kg/m)を

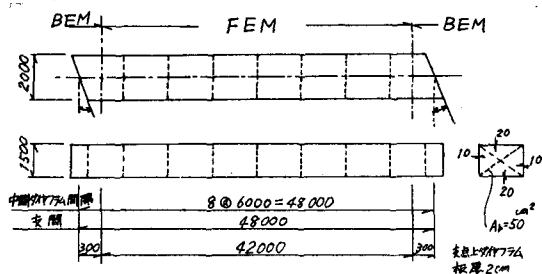


図2 解析対象モデル

載荷した。図3~図8に結果の一部を紹介する。図3に主析曲げ応力の本法とはり理論値との比較を示す。図は斜角 50° の場合であるが、支点上ダイヤフラムの断面変形に起因して σ_x, σ_y に差違が生じていることがわかる。しかしながら、第1番目の中間ダイヤフラムで断面変形が防止されている状況がわかる。図4,図5に斜角の変化に伴うダイヤフラムの直応力 σ_x およびせん断応力 τ_{xy} の分布図を示す。図6より、従来のはりモデルによる簡用計算法は、斜角が増すと、過小評価していることがわかる。図7は支点反力による主析腹板せん断応力の差をよく表わしている。また図8にX型対傾橋の部材力の分布を示すがこの図からも図3で述べたのと同様のことが言える。

4. 結言 本法により今まで不明確であった斜め支持箱桁橋の局部挙動ならびに全体挙動が精度よく解明されうることがわかった。

参考文献: 1) 小松・長井: 薄肉立体構造の境界要素法と有限要素法による混用解析手法について, S 56 年関西年講

2) 西牧・小松・長井: 境界要素法の薄肉構造物への適用に関する研究, 第35回年講

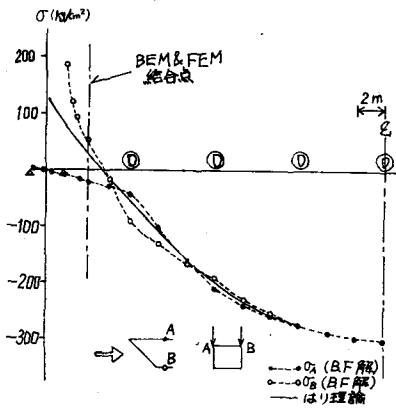


図3 主析曲げ応力の比較(斜角 50°)

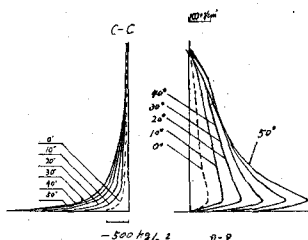


図4 ダイヤフラム直応力(σ_x)

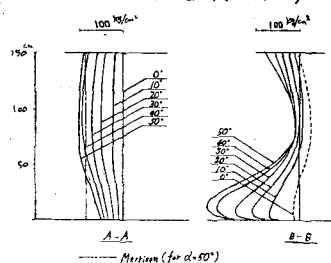


図5 ダイヤフラムせん断応力 τ_{xy}

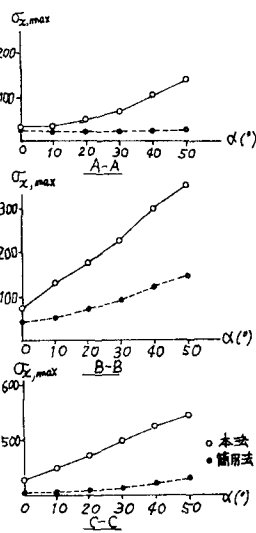


図6 斜角の変化に伴う最大直応力(σ_x)

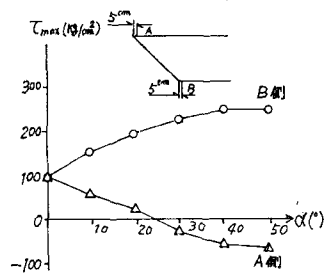


図7 斜角の変化に伴う腹板最大せん断応力

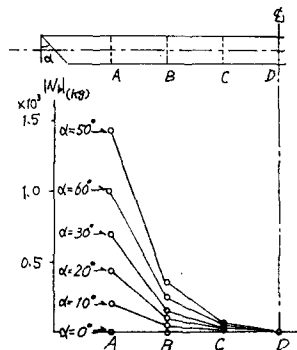


図8 X型対傾橋の部材力