

鳥取大学工学部 学生員 ○神保 穰
正員 神部 俊一
村松 武馬

1. まえがき

本稿は、多室断面箱桁の一例として、逆台形状の三室断面を有する鋼箱桁橋を取り上げ、その内部に取り付けられたラーメン型隔壁の剛性の算定方法について説明する。ついで、変形法の一つとみなせる一般化座標法に、応力法的手法を導入して求めた行列表示による解析解¹⁾を構造モデルに適用して解析を行ない、中間隔壁の剛性が箱桁横断面のゆがみに関連する静力学的挙動に及ぼす影響の一端を明らかにした。

2. 変位モードの選定

多室断面箱桁を解析する場合、横断面のゆがみに関連する一般化座標を如何に選定するかは重要な課題である。周知のように、一般化座標法では面外変位に関連する一般化座標と面内変位に関連する一般化座標を設定する必要がある。横断面内における垂直応力度の分布形状と面外変位に関連する一般化座標の分布形状とは相似の関係にあるので、無次元化した垂直応力度がそのまま面外方向の一般化座標に選ぶことができる。箱桁が接合部を滑節で接合した折板構造であるとみなすと、箱桁に滑節接合折板理論を適用することにより箱桁横断面内の垂直応力度の分布形状を決定することができる。この変位モードは、神部・中本²⁾の形状行列の導入による手法を用いると系統的に求めることができる。

三室断面を有する箱桁横断面のゆがみを表す変位モードには、鉛直対称軸に関して対称である1つの変位モードと、逆対称である2つの変位モードとの合計3つの変位モードが考えられる。これら変位モードの選定方法に関しては参考文献2)を参照されたい。

3. ラーメン型隔壁の剛性

ここではFig-1に示すような逆対称ゆがみに関係する隔壁の剛性の算定方法についてのみ説明する。

Fig-1に示す X_i ($i=1, \dots, 8$)は逆対称ゆがみに対応してラーメン型隔壁の隅角部に生じる不静定モーメントである。節点において隣接する部材の相対たわみ角が零であるという連続条件から、未知量 X_i に関する弾性方程式が得られる。これに、節点におけるモーメントの釣り合い条件式を加えると、不静定量 X_i ($i=1, \dots, 8$)を定めるための方程式が求まる。これらを行列表示すれば、次のようになる。

$$E^{-1} F X + R_0 V_5 = 0 \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 E : 鋼の弾性係数

F : 隔壁の形状寸法によって定まるたわみ性係数行列

X : 未知量 X_i ($i=1, \dots, 8$)を成分とする列ベクトル

R_0 : 横断面の変形状態により定まる節点回転角を成分とする列ベクトル

V_5 : 逆対称ゆがみの面内変位モードに対応する一般化変位
次に、横断面の逆対称ゆがみを実現するために便宜的に導入した自己平衡力群 (Fig-2参照) と、Fig-1に示す変形状態とに対して仮想仕事の原理を適用すると次式を得る。

$$\sum_{i=1}^8 X_i f_{i0} + 2Y_s \Delta_s - 2Y_0 \Delta_0 - 2Y_u \Delta_u + Y_c' \Delta_0 + Y_c' \Delta_u + 2(Y_v' + Y_v) \Delta_v = 0 \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 $\Delta_0 = h_0 \Delta_s$, $\Delta_u = k_u \Delta_s$, $\Delta_v = k_v \Delta_s \quad \dots\dots (3) \quad i=1 \sim 3$

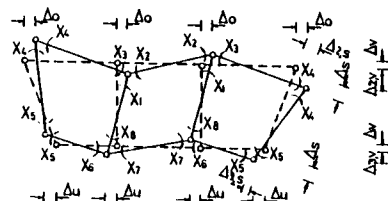


Fig-1 変形状態と不静定モーメント

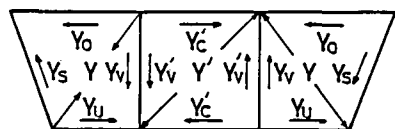


Fig-2 自己平衡力群

$$Y_s = \eta_s Y, Y_0 = \eta_0 Y, Y_u = \eta_u Y, Y_v = \eta_v Y$$

$$Y_v' = \eta_v' Y' = \eta_v' \xi Y, Y_c' = \eta_c' Y' = \eta_c' \xi Y \cdots (4)_{1 \sim 6}$$

において、式 (2) を行列表示すると、次式を得る。

$$2 F_0^T X + \omega \Delta_s Y = 0 \cdots \cdots (5)$$

$$\text{ここに、} \omega = 2\eta_s - 2k_0 \eta_0 - 2k_u \eta_u + (k_0 + k_u) \eta_c' \xi$$

$$+ 2k_v (\eta_v' \xi + \eta_v) \cdots \cdots (6)$$

であり、 F_0 は変形状態により定まる部材回転角 f_{i0} ($i=1, \dots, 8$) を成分とする列ベクトルである。式 (1) , (5) から X を消去すれば、 Y が次式により求まる。

$$Y = 2 E \omega^{-1} \Delta_s^{-1} F_0^T F^{-1} R_0 V_5 \cdots \cdots (7)$$

横断面の逆対称ゆがみにより、隔壁の縁と箱桁の薄肉要素との間にせん断流 q が生じるが、 q として式 (4)_{1~6} で表される自己平衡力群 Y の諸分力を用いると、隔壁に

ここで、 n 個の中間隔壁に作用する一般化断面力 Z_i ($i=1, \dots, n$) を不静定量に選ぶ。隔壁を取り付けられた箱桁とバネ支承で支えられた梁との間に存在する力学的挙動の類似性に注意すると、不静定量 Z_i ($i=1, \dots, n$) を定めこための弾性方程式が得られる。

$$\delta_{i0} + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} Z_j = - (1/EK_i) Z_i \cdots \cdots (11)$$

ここに、 δ_{i0} ($i=1, \dots, n$) は静定基本系において隔壁の取り付け位置にあたる箱桁断面のゆがみを表しており、 δ_{ij} ($i=1, \dots, n, j=1, \dots, n$) は第 j 番目の隔壁取り付け位置に不静定力 $Z_j = 1$ を与えたときの第 i 番目の隔壁取り付け位置における箱桁断面のゆがみを表している。式 (11) を解いて不静定量 Z_i ($i=1, \dots, n$) をあらためて箱桁に作用する線荷重として取り扱い、これから得られる結果と、与えられた荷重に対して得られた結果とを重ね合わせると隔壁の剛性を考慮に入れた箱桁の解析が完了する。

4. 数値計算例

解析に用いた箱桁は三径間連続梁であり载荷状態は偏心等分布荷重とした。Fig-3 および Fig-4 は Fig-1 に示す横断面の逆対称ゆがみに対応する無次元化された一般化変位 $\bar{V}_5$ と一般化断面力 ${}_H \bar{M}_4$ の桁軸方向の分布状態を表わしている。なお、図面に記されている $\bar{K}=36.4$ は構造モデルとして採用したラーメン型隔壁の無次元化された剛性 $\bar{K}$ の計算値である。また、中間隔壁は 10m 間隔で取り付けられている。

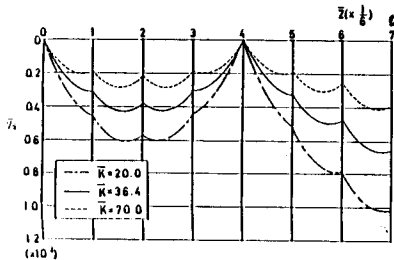


Fig-3 一般化変位 $\bar{V}_5$ の桁軸方向分布

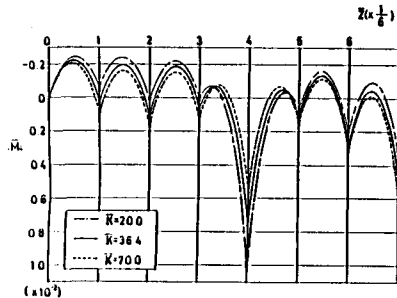


Fig-4 一般化断面力 ${}_H \bar{M}_4$ の桁軸方向分布

参考文献

- 1) 神部, 藤井: 多室断面を有する連続箱桁の一般化座標法によるマトリックス構造解析
第27回構造工学シンポジウム, III-26, 1981-2
- 2) 中本, 神部: 多室断面箱桁横断面の歪みに関連する変位モードの決定方法
第40回年講に投稿中