土木学会第53回年次学術講演会（平成10年10月）

I－A31

斜鋼箱桁支点上ダイヤフラムに作用する不静定力

○信州大学大学院　学生会員　　野尻 秀郷
信州大学大学院　学生会員　　山本 太郎
信州大学工学部　正　会員　　清水　茂

1. はじめに.

鋼箱桁橋における支点上ダイヤフラムの最大の目的は、大きな支点反力を受け、それを桁に伝達することである。現在、支点上ダイヤフラムに関する研究のほとんどは、直橋を対象としており、斜橋を対象とした研究は、ほとんど行われていない。そのため、支点上ダイヤフラムが、腹板やフランジから受ける力に関する情報がほとんど無く、支点上ダイヤフラムだけを取り出した部分解析を行なうことができない。よって、数値解析により、斜橋の支点上ダイヤフラムの挙動を捉えようとした場合には、桁全体を解析の対象とした全体解析を行わなければならない。しかし、全体解析を行なおうとすれば、計算機の容量の問題などから、ダイヤフラム細部の挙動を得るに十分な要素分割が、不可能であるのが実状である。

そこで、本研究では、斜角を有する鋼箱桁橋の支点上ダイヤフラムの挙動を部分解析によって明らかにするため、その第１段階として、支点上ダイヤフラムが箱桁から受ける不静定力に着目し、不静定力の誘導方法の提案と、その提案方法の有限要素法における定式化を行なう。

2. 不静定力誘導方法の概念.

不静定力の誘導にあたっては、箱桁部分と支点上ダイヤフラムを一体構造物とはせず、異なる二体の構造物として考え、支点上ダイヤフラムが箱桁部分から受ける不静定力を、支点上ダイヤフラム単体が外部から受ける力として捉える。そして、この力の釣り合いおよび、支点上ダイアフラムと箱桁の適合条件から不静定力を求めるものとする。

3. 誘導方法の定式化

上の概念をもとに、実際に有限要素法の流れに沿って不静定力の誘導を行なう。まず、支点上ダイヤフラム部分・箱桁部分について、本来は、接合されて一体構造物である支点上ダイヤフラムと箱桁を、異なる部材として捉える。そして、力の釣り合いと適合条件から、通常の有限要素法を用いて各平衡方程式

$$[K_D] \times \{\delta_D\} = \{f_D\} \qquad (1)$$

$$[K_B] \times \{\delta_B\} = \{F\} - \{f_B\} \qquad (2)$$

を得る。ここで、$[K_D]$、$[K_B]$ は支点上ダイヤフラム部分･箱桁部分についての各剛性マトリクス、$\{\delta_D\}$、$\{\delta_B\}$ は各節点変位、$\{F\}$ は箱桁に作用する荷重、$\{f_D\}$ $\{f_B\}$ は求めようとする各部材に作用する不静定力である。次に、（1）・（2）式から適合条件より不静定力を求める。

まず、（1）・（2）式について各剛性マトリクスの中には、本来、接合している部分、すなわち共通節点が存在する。そこで、各剛性マトリクスを共通節点部分と、そうでない部分とに並べ替えを行なうと、

$$[K_D] \text{ or } [K_B] = \left[\begin{array}{c|c} K11 & K12 \\ \hline K21 & K22 \end{array}\right] \qquad (3)$$

のようになる。K11は共通節点に関する剛性マトリクス、K12、K21、K22はそれ以外の部分の剛性マトリクスである。ここで、$[K_D]$・$[K_B]$ はマトリクス全体の大きさは異なるが、K11部分に関しては共通であるので大きさは等しい。いま、支点上ダイヤフラム部分についてのみ考える。(1)式について、共通部分とそうでない部分に並べ替えを行なって、

支点上ダイヤフラム, 斜橋, 鋼箱桁, 不静定力　〒380-0922 長野県長野市若里 500 026-223-4101(内線 5530)

$$\begin{bmatrix} K_D11 & K_D12 \\ K_D21 & K_D22 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_D1 \\ \delta_D2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_D1 \\ f_D2 \end{Bmatrix} \tag{4}$$

を得る。K_D11、δ_D1、f_D1は共通節点部分で、δ_D2、f_D2はそれ以外の部分である。支点上ダイヤフラムに働く外力は節点周りだけなので、それ以外の部分、f_D2は0となる。

次に(4)式を

$$[K_{D11}]\{\delta_{D1}\}+[K_{D12}]\{\delta_{D2}\}=\{f_{D1}\} \tag{5}$$

$$[K_{D21}]\{\delta_{D1}\}+[K_{D22}]\{\delta_{D2}\}=\{f_{D2}\} \tag{6}$$

とおく。ここで(6)式を変形して(5)式に代入すると

$$[[K_{D11}]-[K_{D12}][[K_{D22}]^{-1}\ [K_{D21}]]\{\delta_1\} = \{f_{D1}\}-[K_{D12}][K_{D22}]^{-1}\{f_{D2}\} \tag{7}$$

を得る。次に、

$$[K_{Df}] = [K_{D11}]-[K_{D12}][[K_{D22}]^{-1}\ [K_{D21}] \tag{8}$$

とすると、(7)式は

$$[K_{Df}]\{\delta_D1\}=\{f_D\} \tag{9}$$

となり、支点上ダイヤフラム側の共通部分に関する平衡方程式を得ることができた。$[K_{Df}]$、$\{\delta_D1\}$、$\{f_D\}$はそれぞれ、支点上ダイヤフラム部分の節点周りに関する剛性マトリクス、節点変位、作用する不静定力である。

箱桁部分に関しても同様にして、

$$[K_{Bf}] = [K_{B11}]-[K_{B12}][[K_{B22}]^{-1}\ [K_{B21}] \tag{10}$$

とすると、(10)式を(7)式と同様にしてできた式に代入して、

$$[K_{Bf}]\{\delta_B1\} = -\{f_B\}-[K_{B12}][K_{B22}]^{-1}\{f_{B2}\} \tag{11}$$

を得る。$[K_{Bf}]$、$\{\delta_B1\}$、$\{f_B\}$はそれぞれ、箱桁部分の節点周りに関する剛性マトリクス、節点変位、作用する不静定力で、ここで『$-[K_{B12}][K_{B22}]^{-1}\{f_{B2}\}$』の項は節点周り以外の部分に作用する力、すなわち箱桁部分に作用する荷重であるから、

$$\{F\}=-[K_{B12}][K_{B22}]^{-1}\{f_{B2}\}$$

とおくと、

$$[K_{Bf}]\{\delta_B1\} = -\{f_B\}+\{F\} \tag{12}$$

となる。ここで、（9）式と（12）式は共通な節点周りについて導かれているので、各節点変位は等しく、不静定力も等しいから、各項それぞれ$\{\delta\}$、$\{f\}$とし、（9）式を（12）式に代入して、不静定力を誘導するための式

$$\{f\} = ([K_{Bf}]\ [K_{Df}]^{-1}+[I])^{-1}\{F\} \tag{13}$$

を得る。$\{f\}$は求める不静定力、$[I]$は単位マトリクスである。後は、実際に、この式を計算することによって、不静定力を求めることができる。

4. 最後に.

計算結果については当日発表する

参考文献

1）清水茂，梶田建夫，成岡昌夫：連続箱桁における中間支承部の応力状態について（土木学会論文報告集，第276号，pp.13-23，1978.8）　2）金原慎一，清水茂：斜角を有する鋼箱桁の支点上ダイヤフラムの応力性状（構造工学論文集，Vol.39A，pp.149-161，1992.2）　3）清水茂，吉川薫，金原慎一：斜角を有する鋼箱桁の支点上ダイヤフラムの強度に関する実験（構造工学論文集，Vol.42A，pp.159-170，1996）