

早稲田大学大学院 学生員 清水 啓之
早稲田大学理工学部 正員 平嶋 政治
早稲田大学理工学部 正員 依田 照彦

1. まえがき

鋼箱桁橋における中間ダイアフラムの設計については、BEF-Analogyに基づいた提案が¹⁾、いくつかなされているが、その設計過程は、やや煩雑であり、改良の余地が残されていると考えられる。

そこで、本報告では、Beam-Analogy²⁾に基づき、断面変形に伴うそり応力や変形量について、数値解析を行い、より簡易な中間ダイアフラムの設計法について、一提案を行った。

2. Beam-Analogyに基づく数値解析

図1に示すようなBeam-Analogyにおいては、断面変形量は、たわみに相当し、ダイアフラム剛度は、弾性バネ定数に対応している。さらに、梁に生じる曲げモーメントを、ずり荷重によって生じるそりモーメント M_{DW} に対応させれば、そり応力 σ_{DW} は、

$$\sigma_{DW} = \frac{M_{DW}}{I_{DW}} \phi \quad (1)$$

で表わせる。³⁾

そこで分布ずり荷重 q_v 、集中ずり荷重 P_v によって生じる最大曲げモーメントを、無次元化し、さらにパラメータ $\alpha = EI_{DW} / k l_D^3$ を用いて、その関係を示すと、図2、3のようになる($0 < \alpha \leq 2.0$)。これらの図から、発生するそり応力は、ダイアフラム数 $n \geq 6$ において収束していることが明らかである。これらの曲線群を簡易な近似式で、以下のように置きかえると、そり応力 σ_{DW} は α の簡単な関数で示すことができる。

$$M_{DW \cdot c} / P_v l_D = 0.25 + 0.14 \sqrt{\alpha} \quad (2)$$

$$M_{DW \cdot u} / q_v l_D^2 = 0.09 + 0.29 \sqrt{\alpha} \quad (3)$$

このことから、断面変形によって生じるそり応力 σ_{DW} を、ある許容応力度 $\sigma_{DW \cdot ca}$ 内に抑えようとするものであれば、ダイアフラム間隔によって、必要ダイアフラム剛度は、次式で規定される。

$$k = \frac{(C_2 l_D + C_4 l_D^2)^2 \cdot E I_{DW}}{l_D^3 (\sigma_{DW \cdot ca} I_{DW} / \phi - C_1 l_D - C_3 l_D^2)^2} \quad (4)$$

ただし、 $C_1 = 0.25 P_v$ 、 $C_2 = 0.14 P_v$ 、 $C_3 = 0.09 q_v$ 、 $C_4 = 0.29 q_v$

式(4)において、ダイアフラム剛度無限大の時、ダイアフラム間隔 $l_{D \cdot max}$ は、最大となり、

$$l_{D \cdot max} = \frac{-C_1 + \sqrt{C_1^2 + 4 \sigma_{DW \cdot ca} I_{DW} \cdot C_3 / \phi}}{2 C_3} \quad (5)$$

で与えられる。

$\alpha > 2.0$ の場合には、ダイアフラム数(バネ支承数)によって $M_{DW \cdot c} / P_v l_D$ 、 $M_{DW \cdot u} / q_v l_D^2$ の値が大きく変化し、さらに、その値が増大するため、設計を行う上では、ダイアフラム間隔が、過少になる傾向がある。そこで、 $\alpha = 2.0$ を一つの臨界点と考え、ダイアフラム間隔 $l_{D \cdot cr}$ を次式で与えるものとする。

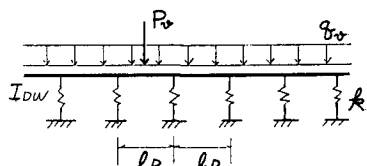


図1 Beam-Analogy

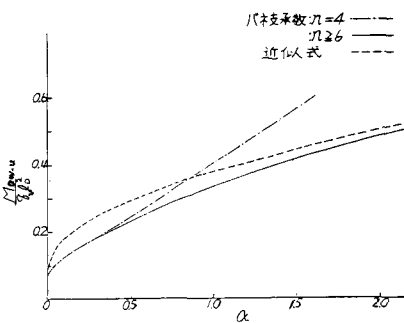


図2 分布ずり荷重による最大そりモーメント

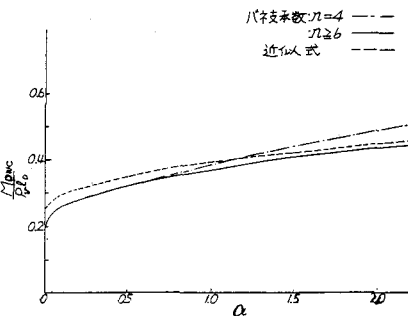


図3 集中ずり荷重による最大そりモーメント

$$l_{D,cr} = \frac{-C_6 + \sqrt{C_6^2 + 4I_{Dw} \alpha C_5 / P_0}}{2 C_5} \quad (6)$$

ここに、 $C_5 = 0.58 v$, $C_6 = 0.45 P_0$ である。

その結果、ダイアフラム間隔 l_D が、 $l_D < l_{D,cr}$ の場合には、ダイアフラム剛度 k は、次式で求められることになる。

$$k = E I_{Dw} / \alpha_{cr} l_D^3 \quad (\text{ただし、}\alpha_{cr} = 2.0) \quad (7)$$

従って、 $l_D = l_{D,cr}$ の時に、必要ダイアフラム剛度は、最小となり、 l_D がこれ以上小さくなくても、ダイアフラム剛度は、かえって大きなものが、必要となってくると考えられる。なお、ダイアフラム数: $n=4$ の場合には、 $\alpha = 0.8$ で、臨界点を有するため、定数 C_5, C_6, α_{cr} は、以下の値をとる。

$$C_5' = 0.358 v \quad , \quad C_6' = 0.38 P_0 \quad , \quad \alpha_{cr}' = 0.8$$

次に、断面変形量 V についても、同様に考えてみると(図4,5参照)、パラメータ α を用いて、次式のような、簡易な近似式に置きかえることができる。

$$V_c = \frac{P_0 l_D^3}{E I_{Dw}} (0.025 + 0.375 \alpha^2) \quad , \quad V_u = \frac{q_0 l_D^4}{E I_{Dw}} (0.05 + \alpha) \quad (8, 9)$$

式(8),(9)を用いれば、実際の断面変形量が、許容し得る断面変形量内であるかどうかを、容易にチェックすることができる。

3. 簡易設計法

以上のことより、中間ダイアフラム簡易設計法について、図6のようなフローチャートを提案する。断面定数、ずり荷重、許容耐力より、最大ダイアフラム間隔 $l_{D,max}$ 、必要剛度が最小となるダイアフラム間隔 $l_{D,cr}$ が、一意的に求まる。この2つの値より、ダイアフラム間隔 l_D を、施工上等のことを考慮した上で、仮定する。一般的には、 $l_{D,cr} < l_D < l_{D,max}$ を満たすように、 l_D を決定することができる。

l_D, k が、仮定されたならば、パラメータ α の値が決めるので、式(8),(9)より、断面変形量の検証を行う。この時、許容値を超えているようであれば、ダイアフラム剛度 k を大きくするなどして、許容値内に抑えるようにしなければならない。

4. あとがき

本報告では、Beam-Analogy に基づく中間ダイアフラムの簡易設計法について明らかにした。特に、簡易な設計式を用いるだけで、適切なダイアフラム間隔や剛度を決定できる設計法を提案した。また、従来の設計法では、触れられていなかった断面変形量についても、設計条件として、考慮できるように配慮した。

参考文献

- 1) 小松定夫・長井正嗣: 中間ダイアフラムの新しい設計法に関する研究, 土木学会論文報告集, 326号, 1982年10月。
- 2) 坂井藤一・長井正嗣: 鋼箱桁橋の中間ダイアフラム設計法に関する一試案, 土木学会論文報告集, 326号, 1977年5月。
- 3) 小松定夫: 鋼構造の補剛設計, 森北出版, 1982年6月。

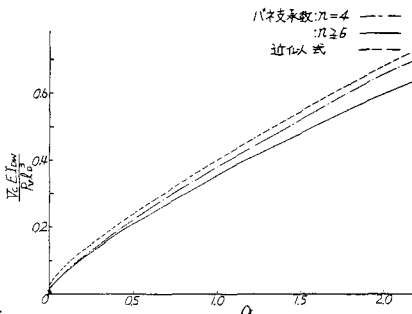


図4 集中ずり荷重による最大断面変形量

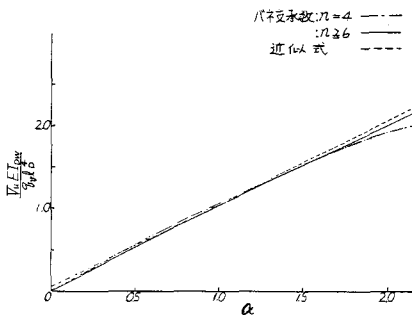


図5 分布ずり荷重による最大断面変形量

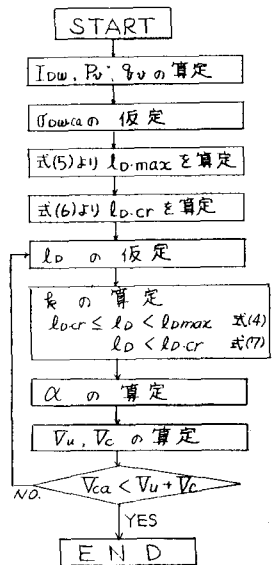


図6 設計フローチャート