

## § 7 ダイヤフラムの設計

### 7-1. 検討課題

鋼箱桁に設置されるダイヤフラムの設計法に関し、下記の項目について検討した。

#### (1) 鋼箱桁の支点上ダイヤフラムの設計法について

- 1) 初等梁理論・柱理論による支点上ダイヤフラムの応力分布推定法の妥当性
- 2) ダイヤフラムの応力状態を有限要素解析によって厳密に計算する場合の解析モデルの設定方法
- 3) 支点上ダイヤフラムの剛度評価の必要性
- 4) 支点上ダイヤフラムに開孔部を設けるときの構造細目

#### (2) 鋼箱桁の中間ダイヤフラムの設計法について

- 1) 中間ダイヤフラムの配置間隔と必要剛度の簡易決定法の必要性
- 2) 開孔部を持つ中間ダイヤフラムの剛度評価と開孔部の補強方法
- 3) 中間ダイヤフラムの内部応力状態の照査方法
- 4) 中間ダイヤフラム設置時の構造細目

### 7-2. 提案の背景

#### (1) 鋼箱桁の支点上ダイヤフラムの設計法について

鋼箱桁に設けられる支点上のダイヤフラムは、箱桁の断面形状を保持し、かつ、箱桁に作用する荷重を円滑に支承部に伝達する役割を担っている。

しかしながら、ダイヤフラム内部の応力状態が把握し難いため、慣用設計法では鉛直方向応力についてはダイヤフラムの有効幅を考慮した柱理論、水平方向応力とせん断応力については初等梁理論を適用して応力の照査を行っている。この考え方の妥当性について検討する必要があると思われる。

#### (2) 鋼箱桁の中間ダイヤフラムの設計法について

鋼箱桁には、断面形状の保持、断面変形に伴う付加的そり応力の減少、製作・架設および付属物取付け上の必要性、荷重分散作用の促進などを目的として中間ダイヤフラムが設置されている。開孔部を持つダイヤフラムの剛性の評価、支点上ダイヤフラムの剛性との関連など残された課題がいくつかあると思われる。

## 7-3. 討議・意見等

## (1) 支点上ダイヤフラムの設計法について

- 1) 日本における支点上ダイヤフラムの慣用設計法では、支承直上の鉛直方向応力については補剛材断面とダイヤフラムの有効幅分を考慮した柱モデルとして応力の照査を行っており、ダイヤフラム内部の水平方向応力とせん断応力については簡単な梁モデルに置き換えて応力の照査を行っている。
- 2) 荷重集中点の垂直補剛材を、軸方向圧縮力を受ける柱とみなし、有効座屈長をけた高の  $1/2$  として設計できる理由としては、表-1のようなモデル化が可能であり、実モデルと設計用柱モデルの荷重作用、端部の拘束条件、中間部の拘束条件を比較すると、それぞれの項目の相乗効果によって、両者の座屈荷重が等しくなっているものと解釈できることが考えられる。  
 なお、柱モデルの有効座屈長として  $l_e = 0.7l$  を推奨している基準も存在する。

表-1 荷重集中点のモデル化

比較項目	実モデル	設計用柱モデル
モデル化		
荷重作用	弱	強 ↓
端部の拘束	弾性固定	固定 ↑
中間部の拘束	弾性支持	無し ↓
座屈荷重	$R_{cr} = \sigma_{cr} A$	$R_{cr} = \sigma_{cr} A$

注) 表中の矢印は座屈荷重を上げる効果がある場合を↑、逆に下げる効果がある場合を↓で示している。

3) 支点上ダイヤフラムの水平方向応力やせん断応力を算出する場合、慣用設計法では簡単な梁に置き換えて応力を計算しているが、このときの上下フランジの有効幅の決め方およびそのモデル化には充分配慮する必要があることが指摘された。さらに、端支点と中間支点との差異、横桁との取付け部付近の応力状態などを考えると、統一的な手法を提示することは難しいのではないかとの意見もあった。

(2) 中間ダイヤフラムの設計法について

1) 中間ダイヤフラムの設計法は、図-2に示すようなBEAMアナロジーを基礎に置いている。このモデル化においては、箱桁の断面変形がたわみに、そり応力が曲げ応力に対応し、中間ダイヤフラムは断面変形に対しバネ支承の役割を果たしている。

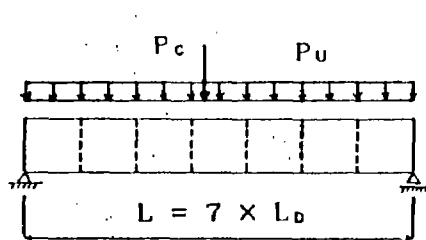


図-1 鋼箱桁

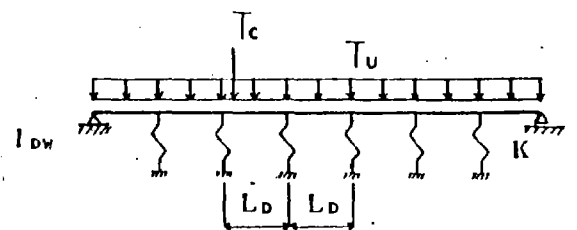


図-2 BEAMアナロジーモデル

ここで、そり応力を曲げ応力の数%以下に抑える条件よりダイヤフラムの剛度を計算すると、鋼道路橋設計便覧(日本道路協会)に見られる次式が得られる。

$$K \geq 20 \frac{EI_{DW}}{L_D^3} \dots\dots\dots (1)$$

- K : ダイヤフラムの剛性
- L<sub>D</sub> : ダイヤフラムの間隔
- I<sub>DW</sub> : 箱げたの断面変形に対するずり定数
- E : 鋼のヤング係数

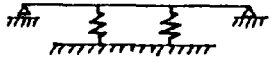
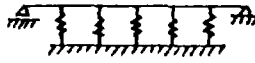
一方、そり応力を許容曲げ応力の数%に抑える条件を用いると

$$K \geq \frac{EI_{DW}}{L_D} \left\{ \frac{(0.19 T_c + 0.28 T_u L_D) \alpha}{\sigma_{DW,al} I_{DW} - (0.21 T_c L_D + 0.09 T_u L_D^2) \alpha} \right\}^2 \dots\dots\dots (2)$$

が得られる。ここに、T<sub>c</sub> : 集中ずり荷重、  
 T<sub>u</sub> : 分布ずり荷重、α : そり関数の最大値、  
 σ<sub>DW,al</sub> : 許容そり応力度、である。

2) 以上のことを表の形で示すと表-2のようになる。

表-2 慣用設計法の評価

比較項目		評価規準		備考
ダイヤフラム間隔		 粗	 密	
そり応力		大	小	
断面変形		大	小	
必要剛度K	慣用設計	小	大	差が拡大する
	式(2)	大	小	最適値が見出せる

現在の補剛設計は、おおむね式(2)のような考え方に移行している。すなわち、2種類の構造要素を組み合わせて構造物を造る場合には、両者の連成作用を考慮するという考え方である。

- 3) しかしながら、通常の60m前後の箱桁では、中間ダイヤフラム間隔を4.5m~6mに選んでおり、慣用設計法で充分対処でき、設計上の問題点はないと考えられる。