

早稲田大学 正員 ○ 依田 照孝
鹿島建設(株) 石川 典男
早稲田大学 学生員 坂元 浩幸
早稲田大学 学生員 中田 隆
早稲田大学 正員 平嶋 政治

1. まえがき

中間ダイヤフラムの設計は、鋼道路橋の場合も、鋼鉄道橋の場合にも、設計基準の規定が簡便であるため、設計者の経験と判断力に頼っている部分が多い。^{1),2)} このことは設計の自由度を高くしているという意味で重要なことであるが、開孔部を有する中間ダイヤフラムを使用した場合のようにダイヤフラムの剛度が評価しにくいとき、さらに開孔部にカラープレートを取り付けた場合の剛度上昇率などの程度であるかを考えるとき、それらの対処方法について若干検討する必要があるものと思われる。

本報告では、中間ダイヤフラムの簡易設計法の設計手順と開孔部を有する中間ダイヤフラムの剛度算定について考察する。

2. 中間ダイヤフラムの簡易設計法の設計手順

ここでは、簡易設計法とは設計者が突状に合わせて、中間ダイヤフラムを設計することができ、その設計のプロセスが一意的であるものを指す。すなわち、図-1において、まず第1に箱桁の諸寸法から、そり定数 I_{DW} 、そりモードの最大値 ϕ を計算し、架設時・常時を含めて集中ずり荷重 P_c と分布ずり荷重 P_v を算定する。次に、カおよび変形に対する許容値として、許容そり応力度 σ_{Dwal} 、許容板曲げ応力度 σ_{Dbal} 、許容断面変形角 V_{al} を算定する。その際、許容そり応力度 σ_{Dwal} は箱桁の許容板曲げ応力度の数%以内とし、許容板曲げ応力度 σ_{Dbal} もこれに準ずることとする。一方、許容断面変形角 V_{al} は箱桁の許容板曲げ応力度 σ_{Dbal} あるいは変形の制限値より定める。通常の場合には、そり応力度の制限が先行すると思われるので、中間ダイヤフラムの剛度を無限大としたときの最大ダイヤフラム間隔 L_{Dmax} を求め、 L_{Dmax} 以下で中間ダイヤフラム間隔 L_D を仮定する。仮定した L_D を用いて必要剛度 K を簡易算定式³⁾より計算する。また、中間ダイヤフラムの枚数が6枚以下の場合には、枚数に応じて必要剛度を増加させる。次に、 $\beta = h/b$ 、 $\rho = \sqrt{\frac{bh}{BH}}$ 、許容断面変形角の制限より必要剛度 K_v を求め、許容そり応力度の制限値より求めた必要剛度と大小比較をし、大きい方の値を必要剛度 K とする。板形式の中間ダイヤフラムは、通常開孔部を有しているので、開孔部の寸法を含めダイヤフラムの寸法を仮定する。仮定された寸法を利用して設計ダイヤフラム剛度 $\bar{K}$ を計算

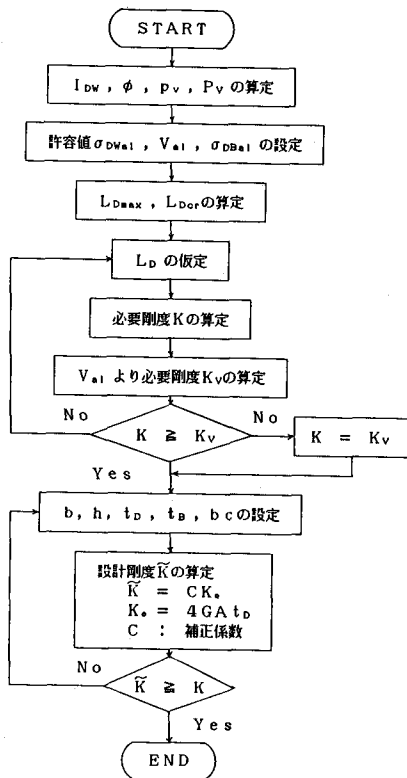


図-1 設計のフローチャート

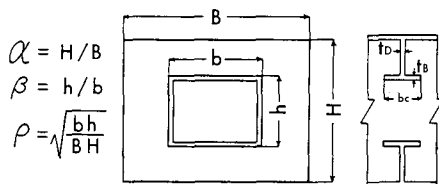


図-2 開孔部を有する中間ダイヤフラムの形状

する。この設計剛度 $\tilde{K}$ が必要剛度 K より大きくなるように開孔率、カラープレート幅などを決定する。さらに、荷重状態によってはダイヤフラムの座屈の検討・疲労の検討を行う必要がある。

以下では、上記の設計用ダイヤフラム剛度 $\tilde{K}$ の算定法について考察する。

3. 開孔部を有する中間ダイヤフラムの剛度算定法

開孔部のない板形式の中間ダイヤフラムはダイヤフラムの面積が一定であれば、ダイヤフラムの縦横比に無関係に剛度が定まる。しかしながら、開孔部を有する中間ダイヤフラムの場合には、実際のダイヤフラム剛度 $\tilde{K}$ は開孔率 $\rho = \sqrt{bh}/BH$ に依存するだけでなく、中間ダイヤフラムの縦横比 $\alpha = H/B$ 、開孔部の縦横比 $\beta = h/b$ 、カラープレートの幅 bc に依存する。その上、カラープレートの板厚 t_b の影響もあると思われるが、通常の場合 t_b はダイヤフラムの板厚 t_d と同程度とみなせるので、検討すべきパラメータからは除外した。

そこで、各種パラメータのダイヤフラム剛度に及ぼす影響を調べることにする。剛度の計算には有限要素解析を使用し、開孔部を持たない中間ダイヤフラムのせん断変形角を基準に剛度比を求めた。荷重条件としてはダイヤフラムの周辺に一律なせん断断力作用させることとし、境界条件としてはダイヤフラムの中央点を固定し、剛体変位を止めた。ただし、開孔部を有する場合には、開孔部に鋼材のYoung率の100万分の1のYoung率を持つ仮想板を入れた有限要素解析を実施した。その結果を図示すると、図-3～図-5のようになる。図中において、縦軸 $\tilde{K}/K_0$ はダイヤフラムの剛度比であり、 $K_0 = 4GA t_d = 4GBH t_d$ である(図-2参照)。また、横軸 β/α はダイヤフラムと開孔部の縦横比の比を表わしている。これらの図より、開孔部を有する中間ダイヤフラムの剛度は $\beta/\alpha = 1$ のとき最大値をとることが分る。このことは、ダイヤフラム(箱桁)の形状と相似の開孔部を有する場合が最も経済的な設計になることを示唆している。さらに、ダイヤフラムの形状比の変化による剛度の変化は開孔率が大きくなるほど大きいことも分る。また、カラープレート幅の影響に着目すると、カラープレート幅の増大とともに剛度も増大するか、その程度は開孔率の大小により異なることが判明した。

現時点でこの場合に対応できる簡易な剛度算定式をこれらの図から作成することは難しいと思われるが、有限要素解析を数多くの例について実施した結果、中間ダイヤフラムが二次部材であることを念頭に置けば、 $\tilde{K}/K_0 = \exp(-a(\rho)^b) \cdot \rho^c$ (ここで、 $0.2 \leq \rho \leq 7.2$, $b \neq 4$) のような開孔率 ρ とカラープレート幅 bc のみに依存する補正係数 a が有用であると思われる。

4. あとがき

本報告では、中間ダイヤフラムの簡易設計法を提案するための資料として、中間ダイヤフラムの設計フローチャートと、そこで問題となる開孔部を有するダイヤフラムの剛度の定め方について考察した。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書，1980.2.
- 2) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説，1983.4.
- 3) 依田・平嶋・坂元：構造工学論文集，Vol.31/A，1985.3.

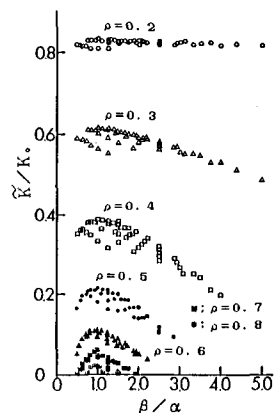


図-3 中間ダイヤフラムの剛度の変化 ($bc/t_b=0.0$)

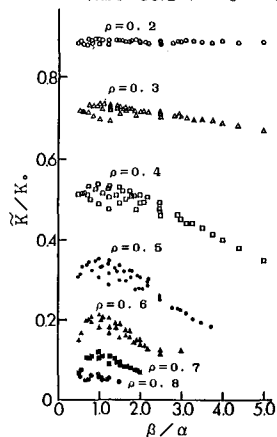


図-4 中間ダイヤフラムの剛度の変化 ($bc/t_b=7.0$)

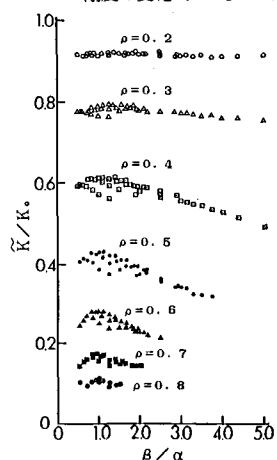


図-5 中間ダイヤフラムの剛度の変化 ($bc/t_b=15.0$)