

支点上ダイアフラムの応力分布と弾性座屈強度

関西大学工学部 正会員 米澤 博

関西大学工学部 正会員 堂垣正博

関西大学大学院 学生員 ○原田匡人

1. まえがき せん断力を受ける支点上ダイアフラムの座屈強度に関する研究のうち、充腹板ダイアフラムを対象にした研究は比較的なされているが¹⁾⁻⁴⁾、開口部を有する場合はあまりなされていないようである。ここでは、鋼箱桁橋の開口部を有する支点上ダイアフラムを対象に、左右辺に一樣分布のせん断力が作用する場合の座屈前の応力分布とその弾性座屈強度を差分法によって求める。ダイアフラムの縦横比、支承個数、支承位置、支承幅、開口の形状などが座屈強度に及ぼす影響を調べる。

2. 基礎式 Fig. 1 に示すような鋼箱桁橋の支承部において、箱断面の長さが高さが a , b で、開口部の幅と高さが a_h, b_h のダイアフラムが左右両腹板辺に一樣分布の、上下フランジ辺に三角形分布のせん断力を受ける場合について考える。図において、 c は支承幅、 d, e はそれぞれ腹板辺から支承端部および支承中央までの距離である。

Fig. 1 に示すような荷重が境界辺に作用する場合、座屈前の板内部の応力分布は x および y 方向のつり合い式

$$2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (1+\nu) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + (1-\nu) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \text{-----(1)}$$

$$(1-\nu) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + (1+\nu) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 2 \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0, \text{-----(2)}$$

を板周辺での面内境界条件のもとに解けばよい。その際、板の形状、荷重状態が左右対称なため、 $1/2$ 断面の板を解析する。ここに、 u, v は x および y 方向変位、 ν はポアソン比である。 $x=a/2$ 端での境界条件は、

$$\sigma_x = 0, \tau_{xy} = \tau_0, \text{------(3)}$$

である。 $y=b$ の下フランジ辺のうち、支承部分 $(a/2-c-d) \leq x \leq (a/2-d)$ では、

$$v = 0, \tau_{xy} = 2 \frac{x}{a} \tau_0, \text{------(4)}$$

となり、残りの部分と $y=0$ 辺では式 (4) の第 1 式を $\sigma_y = 0$ とすればよい。また、 $x=a_h/2$ の開口部の右端では、

$$\sigma_x = 0, \tau_{xy} = 0, \text{------(5)}$$

となり、 $y=(b-b_h)/2, y=(b+b_h)/2$ の開口部の上下端では、

$$\sigma_y = 0, \tau_{xy} = 0, \text{------(6)}$$

となる。ここに、 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ は x および y 方向の膜応力と膜せん断応力、 τ_0 は一樣分布の作用膜せん断応力である。

次に、式 (1), (2) と境界条件から求められる応力が作用する場合、座屈時の基礎微分方程式は次のように与えられる。

Hiroshi YONEZAWA, Masahiro DOGAKI, and Masahito HARADA

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{t}{D} \left(\sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \sigma_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2\tau_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \quad \text{---(7)}$$

ここに、 D はダイアフラムの曲げ剛さ $Et^3/12(1-\nu^2)$ で、 E, t はそれぞれヤング率、板厚である。板の周辺は単純支持され、開口部周辺は自由とする。

以上の基礎微分方程式と境界条件に差分法を適用し、板内部の応力分布を決定し、弾性座屈係数 k_{cr} を Regula Falsi 法によって求める。

3. 数値計算結果 単精度と倍精度計算し、差分分割数と解の精度を調べたところ、単精度計算では分割数の増加とともに丸めの誤差が生じることがわかった。したがって、ここでは倍精度計算し、十分に精度のよい解が得られる分割数として、充腹板ダイアフラムでは $n_x=10, n_y=20$, 開口部を有するダイアフラムでは $n_x=20, n_y=40$ を用いることにした。

まず、一点支承ダイアフラムにおいて、その支承幅比が $c/a=0.075, 0.175, 0.275$ の充腹板ダイアフラムの座屈係数曲線は Fig. 2 のようになる。いずれの支承幅比の場合でも縦横比が 2.0 までの範囲では、座屈係数は縦横比の増加とともに急激に減少する。すなわち、箱断面が横長なほどダイアフラムには大きな負の曲げモーメントが作用するため、 x 方向膜応力は顕著となり、さらに圧縮応力として作用する y 方向膜応力の影響が大きいため座屈係数は下がるものと思われる。また、支承幅比 c/a が小さいほど応力集中の度合いが強くなり、座屈係数はかなり減少する。

次に、支承幅比が $c/a=0.10$ の二点支承の充腹板ダイアフラムの座屈係数曲線を Fig. 3 に示す。図中、実線と破線は支承位置が $e/a=0.125$ と $e/a=0.225$ の結果を示す。縦横比の増加とともに、座屈係数はかなり減少する。箱断面が横長になればなるほど、ダイアフラムは曲げの影響を強く受けるためと思われる。また、 e/a が大きくなるほど、すなわち支承が両腹板辺から遠ざかるほど座屈係数は著しく低下する。

なお、開口部を有するダイアフラムの結果については講演会当日に発表する。

- 1) Rockey, K.C. and M.A. El-Gaaly : Publ. of IABSE, Vol.32/II, pp.155-172, 1972. 2) El-Gaaly, M.A. and K.C. Rockey : Publ. of IABSE, Vol.34/II, pp.73-89, 1974. 3) Simonian, W.S.S. and F. Sawko : Proc. of ICE Part 2, Vol.65, pp.17-39, 1978. 4) 清水・梶田・成岡：土木学会論文報告集, No.276, pp.13-23, 1978.

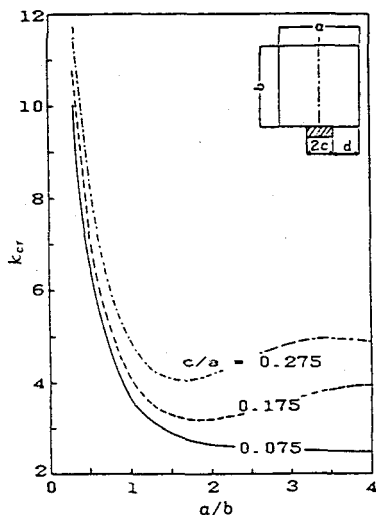


Fig. 2

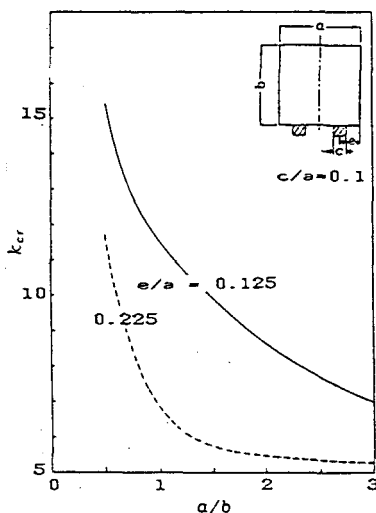


Fig. 3