

1. まえおき

ポレストレストコンクリート部材やポレストレスト鋼部材のような、あるおきの緊張材によりポレストレスを受けた部材の断面の最小主軸を含む面内荷重を受けたときの横方向座屈強度について考察した。緊張材をもつ部材の座屈強度に関する研究は、中心軸圧荷柱のオイラー座屈に関する Wilby¹⁾の研究があるが、通常の曲部材に対する研究は、RC部材とPC部材の曲げによる座屈強度の実験的研究²⁾に2, PC部材では、緊張材の引張力により座屈強度が増加するとの報告があるが、理論的考察はほとんど試みられなかった。Vlasov³⁾は緊張材により生ずる初期弯矩が部材の曲げおよび捻じりについて論じているが、ここでは、緊張材の位置および緊張力の大きさ、部材の弾性座屈強度に与える影響を調べた。

2. 基礎式

図-1に示すような部材に純曲げモーメント M_0 が作用しるとき、 M_0 による緊張力の増分 ΔP は次のようである。

$$\Delta P = \frac{M_0 e}{e^2 + r_x^2 + \frac{I_x}{A_s} \frac{E}{E_s}}$$

ここに、 e : 緊張材の偏心量, r_x, I_x : 断面の x 軸に関する回転半径および断面二次モーメント, A_s : 緊張材の断面積, E, E_s : 鋼および緊張材のヤング係数。

図-2に示すような2軸対称断面部材の微小変形後の平衡条件式は次のようになる。

$$EI_x v'' = M_0 \quad (1)$$

$$EI_y u'' = M_0 \beta \quad (2)$$

$$C_T \rho' - C_w \beta'' = - \int_A \sigma \beta' s^2 dA - M_0 u' \quad (3)$$

ここに、(1)式は(2)式は曲げに関する釣合式であり、(3)式は捻じりに関するものである。 C_T : 捻じり剛性、 C_w : 座屈捻じり剛性、 s : 断面中心から断面各部までの距離、 $\int_A$: 断面に生ずる垂直応力の総和、 ρ' : 断面二次モーメントに関する項であり、

$$\int_A \sigma \beta' s^2 dA = \left\{ - (P + \Delta P) \frac{I_P}{A} + \sum_i (P_i + \Delta P_i) (e_i^2 + c_i^2) \right\} \rho' \quad (4)$$

ここに、 $I_P = I_x + I_y$, $\sum_i P_i = P$

(4)式を(3)式に代入し、座屈荷重 M_{ocr} に関する2次方程式を、

$$M_{ocr}^2 = \frac{\pi^2}{l^2} EI_y \left[C_T - (P + \Delta P) \frac{I_P}{A} + \sum_i (P_i + \Delta P_i) (e_i^2 + c_i^2) \right] \left[1 + \frac{C_w \pi^2}{l^2 \left\{ C_T - (P + \Delta P) \frac{I_P}{A} + \sum_i (P_i + \Delta P_i) (e_i^2 + c_i^2) \right\}} \right]$$

H型断面またはI型断面に2, 各緊張材の緊張力も同一とみずるべし; $P_i = \frac{P}{n}$, n は緊張材の数。

$$M_{ocr}^2 = \frac{\pi^2}{l^2} EI_y \left[C_T - (P + \Delta P) \left\{ (r_x^2 + r_y^2) - \frac{1}{n} \sum_i (e_i^2 + c_i^2) \right\} \right] \quad (5)$$

(5)式は $\frac{1}{n} \sum_i (e_i^2 + c_i^2) = r_x^2 + r_y^2$ (6) であり、 $P + \Delta P = 0$ とする条件のもとでの値より、よく知られた、 $M_{ocr} = \frac{\pi}{l} \sqrt{EI_y C_T}$ (7) へと変化する。

を求め、(5)式から求められるように、緊張材の位置、緊張力の大きさ、断面寸法により、座屈強度は、次の3段階に分けられる。

- (1) $\frac{1}{E} \sum (e_x^2 + e_y^2) > r_x^2 + r_y^2$ これは、緊張力の増加とともに、座屈強度は高くなる、
- (2) $\frac{1}{E} \sum (e_x^2 + e_y^2) < r_x^2 + r_y^2$ これは、緊張力の増加とともに、座屈強度は低下する、
- $\frac{1}{E} \sum (e_x^2 + e_y^2) = r_x^2 + r_y^2$ これは、緊張力の大きさに関係なく、すなわち、部材は初期応力の存在に関係なく、座屈強度は一定値を示し、(1)式により求められる。

3 数値計算例

図-3、図-4はH型钢断面 274F94、84F31 部材の純曲率による座屈強度曲線を示す。純曲率 $= M_{ocr} / M_y$ ($M_y = S_y \sigma_y$)、稜軸に最小土軸周りの細長比をとり、与えられ緊張材の面積 A_s 、緊張力 $P = 0.15 P_y$ ($P_y = A_s \sigma_y$) のもとに、緊張材の偏心率 $e = 0, 0.5d$ 、 $e_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2}$ の変化する座屈強度に与える影響を示した。図には、外力として軸方向力 $P = 0.15 P_y$ が作用し、それと連動して曲率も示してある。また、実線と点線の交点は部材断面内の最大線応力 = 降伏点応力を意味する。

274F94 断面では $e_0 = 0.41d$ を限界偏心率として上記の段階(1)および(2)にわけられ、84F31 断面では $e_0 = 0.51d > 0.5d$ となり、緊張力により、座屈強度は常に低下する。

4 まとめ

緊張材の位置および、緊張力の座屈強度に与える影響を調べた。緊張材をもつ部材は断面曲率に対して有利であるが、その座屈強度は、断面寸法、偏心率により影響をうけ、ときには、緊張材をもつ部材により座屈強度が低下する場合がある。

- 参考文献 1) Wilby, C. G.; Elastic Stability of Post-tensioned Prestressed Concrete Members, Arnold Co., 1964
 2) Poddy, W.; Lateral Stability of Prestressed Concrete Girders, ACI Vol. 51, No. 2, 1964
 3) Vlasov, V. Z.; Thin-Walled Elastic Beams (English Translation), Jerusalem, 1961

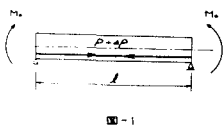


図-3

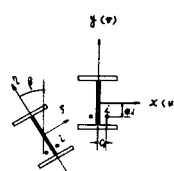


図-2

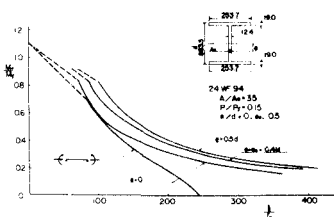


図-3

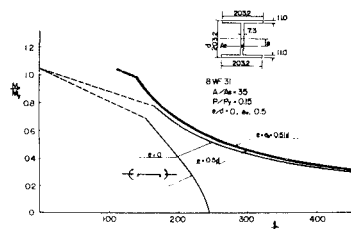


図-4