

金沢工業大学 正会員 ○西田 進
金沢大学 正会員 吉田 博

1. 緒言

連続梁（不静定梁）の非弾性横倒れ座屈強度は非弾性域での曲げモーメント分布がモーメント再配分を受けるため、弾性横倒れ座屈強度と異なる傾向を示すものと思われる。このような観点から、連続梁の非弾性横倒れ座屈強度におよぼす、まだ明確にはされていない荷重作用位置の影響に注目した。

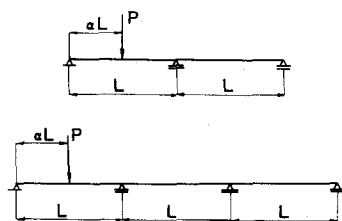
本報告は連続梁の最小横倒れ座屈強度を示す集中荷重作用位置の検討と共に、横拘束条件の非弾性横倒れ座屈強度におよぼす影響についても検討を行なった。

2. 解析方法

連続梁の面内強度解析は単純塑性理論を用うれば容易に解析できる。しかしここでは圧延による残留応力分布と塑性域の広がりも考慮するため、曲率の数値積分を行なう方法を用いた。

図-1 に示す3スパン連続梁の中央スパンに集中荷重が作用する場合を例に解析方法を述べる。支点反力 R_B を制御変数とし、 R_A および R_C を仮定して得られる曲げモーメントより曲率 φ とたわみ角 θ の関係より

$$\begin{aligned}\theta_{EL} &= \theta_B - \int_L^{aL} \varphi(x) dx & y_{EL} &= \int_L^{aL} \left\{ \theta_B - \int_L^x \varphi(x) dx \right\} dx \\ \theta_{ER} &= \theta_C + \int_L^{(3-a)L} \varphi(x) dx & y_{ER} &= - \int_L^{(3-a)L} \left\{ \theta_C + \int_L^x \varphi(x) dx \right\} dx\end{aligned}\quad (1)$$



を得る。上式はA, B点より積分を行ない、B, C点で $y_B = y_C = 0$ を満足させた後、荷重作用点Eまで積分を行なうものとする。第1塑性ヒンジ形

成荷重に達するまでは、たわみ角およびたわみの連続条件 $f_1 = \theta_{EL} - \theta_{ER} = 0$, $f_2 = y_{EL} - y_{ER} = 0$ を満足しなくてはならない。いま微小増分 $\Delta R_A, \Delta R_C$ を考えた時、連続条件を満足するものとする。 f_1, f_2 を Taylor 展開し2次項以上を無視すると

$$f_1(R_A + \Delta R_A, R_C + \Delta R_C) \approx f_1(R_A, R_C) + \frac{\partial f_1}{\partial R_A} \Delta R_A + \frac{\partial f_1}{\partial R_C} \Delta R_C = 0 \quad (2)$$

$$f_2(R_A + \Delta R_A, R_C + \Delta R_C) \approx f_2(R_A, R_C) + \frac{\partial f_2}{\partial R_A} \Delta R_A + \frac{\partial f_2}{\partial R_C} \Delta R_C = 0$$

を得る。 $\partial f_1, \partial f_2$ は弾性計算値に近い値を示すことを利用して、弾性計算を行ない、式-2に代入すると

$$\begin{Bmatrix} \Delta R_A \\ \Delta R_C \end{Bmatrix} = \frac{6EI}{L^3} \begin{bmatrix} L(3a-1) & 3L(2-a) \\ 2(a^2-a) & (2-a)(2-a-3) \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} \theta_{ER} - \theta_{EL} \\ y_{ER} - y_{EL} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

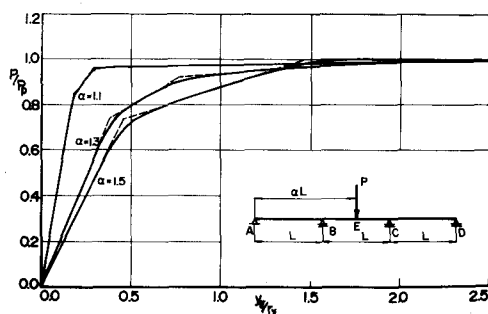


図-2 作用荷重と載荷点たわみの関係

となる。式-3の修正量は近似計算であるため、この修正は連続条件を満足するまでくり返す。第1塑性ヒンジが荷重作用点に形成された後は、 $M_E = M_p$ なることを用い、 R_C を不静定量として、 $f_2 = y_{EL} - y_{ER} = 0$ を満足するまで計算をくり返す。図-2はこのようにして計算された3スパン連続梁の作用荷重 P と載荷点たわみ y_E の関係を示す。図中、点線は単純塑性理論によるものを示す。

非弾性横倒れ座屈強度解析は残留応力と塑性域の広がりも考慮した曲げモーメント分布（上記計算した反力より得られる）と非弾性座屈に関する伝達マトリックス法を用いて行なう。

3. 数値計算

数値計算は $203 \times 203 \times 7 \times 11 \text{ mm}$ ($W8 \times 31$)なる断面を有し、1個の集中荷重のみが作用する2スパンおよび3スパン連続梁について行なった。梁両端の座圧に關する支持条件は横変位およびねじりに對して単純支持、そりは自由である。中周拘束については、中周支承部で $K_u = 5 \times 48 EI_g / L^3$ 、 $K_g = 50 \times GK_t / L$ なる横変位拘束バネとねじり拘束バネを用いて、スパン中周部で $K_g = 50 \times GK_t / L$ なるねじり拘束バネを用いて考慮した。スパン長として $L = 100 \text{ ft}$ を用いた。以下の図において横軸は集中荷重作用位置 α を示し、縦軸下段は座圧荷重 P と崩壊荷重(端スパンでは $P_p = (1+\alpha^2)/(\alpha-\alpha^2) \times M_p/L$ 、中央スパンでは $P_p = 2/(\alpha-1)(2-\alpha) \times M_p/L$)との比を示し、上段は座圧荷重と最小崩壊荷重 P_{pmin} (前者の P_p の式に $\alpha = \sqrt{2}-1$ を代入)との比を示す。

図中、実線は横拘束の無い場合を、点線は中周支承のみを拘束した場合を、一点鎖線は中周支承とはり中周部(点線上で最小座圧強度を示す位置)を拘束した場合について示す。

図-3は2スパン連続梁の非弾性座圧強度を示す。最小座圧強度を示す位置(上段曲線の最小値)は、横拘束しない場合に梁端より約 $0.45L$ 、中周支承拘束した場合に約 $0.40L$ となる。弾性座圧強度も非弾性座圧強度とほぼ同様の傾向を示したが、最小座圧強度を示す位置は後者の方が前者よりややスパン中央部へる傾向を示した。

図-4は3スパン連続梁の非弾性座圧強度を、図-5は弾性座圧強度を示す。3スパン連続梁の弾性座圧強度と非弾性座圧強度は多少異なる傾向を示す。横拘束の無い場合、弾性座圧では中央スパン中央部が最小座圧強度を示すのに対して、非弾性座圧では端スパンに載荷した方がより小さな座圧強度を示す。最小横倒れ座圧強度はいずれの拘束条件においても板端からば $0.45L$ の位置において生ずる。

4. むすび

連続梁の中周支点を拘束した場合、最小座圧強度を示す荷重作用位置は面内最小崩壊荷重を示す位置とほぼ一致することがあつた。

非弾性横倒れ座圧解析において、塑性ヒンジが形成されると面外変形に對してヒンジと同様の性状を示すとして解析したが、3スパン連続梁では崩壊荷重近傍での解析の安定性は悪かった。現在、塑性ヒンジの面外変形に果す役割について再検討中である。

参考文献

- 1) Galambos, T.V. "Laterally Unsupported Beams, Introductory Report of 2nd ICSSS, Tokyo, 1976.
- 2) Hartman, A.J. "Elastic Lateral Buckling of Continuous Beams, Proc. of ASCE, No. ST4, Aug., 1967.

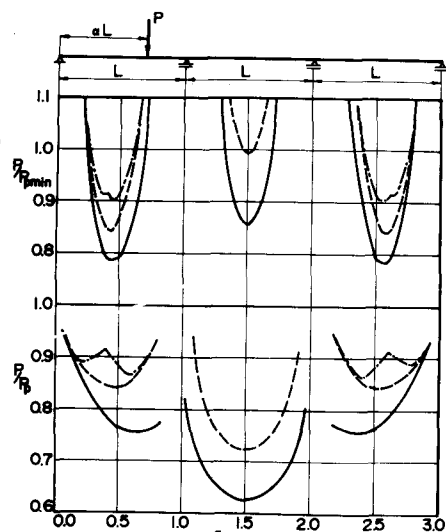


図-4 3スパン連続梁の非弾性座圧強度

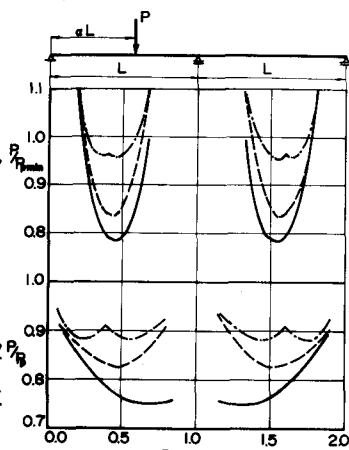


図-3 2スパン連続梁の非弾性座圧強度

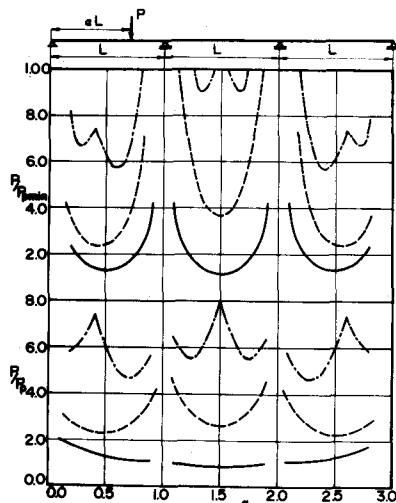


図-5 3スパン連続梁の弾性座圧強度