衝撃力と受ける構造物の塑性変形 ——剛塑性無限ばりの曲げ変形——

正会員 野中泰二郎*

部材長に比べて充分短い幅に大さな荷重を受ける構造物全体の挙動を知るには、その荷重を集中力と扱って良いが、実際、完全な集中力は有り得ないから、部材の破断等を考慮するときには、荷重幅も考慮に入れて載荷直付近の状態を調べる必要がある。筆者は、塑性に属する材料より成る構造物が動荷重を受けるときの大变形と調べる問題に興味を持つ者であり、上述のような荷重が衝撃的に作用するときの部材の局部変形を理論的に検討したので、このときの概略を報告する。

荷重幅に比べて部材長は充分長いと仮定し、無限の長さを持つはりとする。Duwez, Clark and Bohnenblust¹⁾ および Conroy²⁾ は、一断面が等速度で運動するときの無限ばりの非弾性挙動を調べた。ここでは、時間 t の単調減少関数として表わされる荷重 $P(t)$ が、第1図のごとき有限幅 $2a$ に渡って一様に分布しているものとする。たわみ角の余弦が1と近似出来る程度の変形を扱うが、弾性変形は塑性変形に比べて充分小さく、やはり完全剛塑性型の曲げ変形とみなすものと仮定し、全塑性モーメントを M_p 、単位長さ当りの質量を m とする。 $t=0$ より載荷されるとして、 $P(0) \equiv P_0$ と書く。無限ばりの塑性前後荷重は0であるから、有限の大さな荷重に対して塑性変形が生じることになる。荷重のほかに運動に伴う慣性力を考慮に入れて、塑性条件、塑性流法則、速度連続条件並びに運動方程式と満足する変形状態を調べると、条件 $P_0 a / (24 M_p) \leq 1$ に於いて、第2図(イ)よりは(ロ)のような変形モードをもって運動を始めることが分る。境界条件には関係無く、たわみ $y(x, t)$ 、たわみ角 $\theta(x, t) / 2a$ 等は力積 $\int_0^t P(t) dt$ の関数として解析的に求まる。運動は有限の t に対して終了せず、最終にたわみは有限の値として求まらないが、最終にたわみ角 $\theta(x)$ および中央点に対する最終相対変形量 $\delta(x)$ は求まり、一例として、全力積を有する長方形パルス $P(t) = P_0 [u(t) - u(t - \tau / P_0)]$ による最終変形状態と、第3および第4図に示す。

また、有限変形に伴う引張力を考慮に入ると、有限の時間内に運動が終了することになる。この軸力およびせん断力の影響は、先に示すように検討出来る³⁾。

- 1) Duwez, et al., "The Behavior of Long Beams Under Impact Loading", Jour. Appl. Mech., Mar. 1950, pp.27-34.
- 2) Conroy, M. F., "Plastic-Rigid Analysis of Long Beams Under Transverse Impact Loading", Jour. Appl. Mech., Dec. 1952, pp.465-470.
- 3) Nonaka, T., "Some Interaction Effects in a Problem of Plastic Beam Dynamics, Part 1: Interaction Analysis of a Rigid-Plastic Beam", Jour. Appl. Mech., Paper No. 67-APM-0, Sept. 1967.

(京都大学防災研究所助教授, Ph.D.)