I-104　　衝撃を受けたはりの塑性変形に関する一考察

山口大学工学部　正員　○最上　幸夫
〃　　　　正員　　阪本　紀博

1．緒言

著者らは比較的大きい衝撃が2,3のはり構造に作用した場合の塑性変形について若干の実験的ならびに理論的考察を行ない，2,3の簡単な仮定を設けることによって得られた算式が実験結果とかなり良く一致することがわかったので，ここに報告する次第である。このような大きい衝撃に対するはりの塑性変形を研究対象とした理由は，前報文[1]に触れたので，ここでは省略するが，地震や台風といったものも一種の衝撃現象を伴う場合が多く，それによって建物や構造物が破壊することは日常経験するところである。したがって各種の工学材料の衝撃作用に対する塑性変形の程度や破壊特性などを究明することは，今後ますます重要な研究課題となっていくものと思われる。まずその手始めとして本文では基本的なはり構造として，片持ちばり，単純ばりおよび両端固定ばりを取り上げ，若干の実験を実施するとともに，これらの場合に対応する比較的簡単な算式を導き，実験値と計算値とを比較検討した。

2．実験の概要

実験は室内のモデル実験であるため，はりとして使用した鋼材は，0.95×0.95cmの正方形断面のものである。片持ちばりのスパン$\ell=22.5$ cm，単純ばりおよび両端固定ばりでは，$\ell=45$cmとして実験を行なった。はりに加える衝撃としては，鋼製のおもりそれぞれ4.6 kg，9.5kgおよび14.5 kgの3種を作り，これらを高さ5～60 cmの範囲でおもりの大きさによって落高を種々変化せしめ，大体5 cm間隔に高さを変え，鋼製のガイドに沿うて自然落下させて衝撃を加え，そのとき生じた塑性変形量を測定した。今回行なった実験では，片持ちばりの場合その尖端に，単純ばりおよび両端固定ばりではスパン中央に衝撃を加えた。同一状態の実験については経費や労力の関係から3回行ない，特にはなはだしい結果のでたときのみ，これを除外して別にもう一度実験をやり直した。一応これらの平均値を採って実験結果を整理した。

3．実験結果に対する解析

衝撃によるはりの塑性変形に対する解析法としては，かなり多くの文献が発表されているが，われわれが一応対象としたようなかなり大きい（はり断面に比べて）衝撃に対しては，ある程度の近似的方法によって計算の簡略化を考えた方が得策であると考えられる。そこで解析を進めるに当たって設けた仮定は，つぎのようである。(1)はりが塑性変形を生ずる状態では，衝撃体の質量は塑性変形が完了する時間がかなり微小であることを考慮し，その間ははりの衝撃点に付着するものと仮定し，また弾性変形は塑性変形に比べて無視できるものとする。(2)本実験の場合衝撃体の質量ははりの質量に比べてはるかに大きいので，落体がはりに衝突した瞬間のはりの衝撃点の初速度は近似的に落体の衝突時の速度に等しい。その他の仮定は以下の解析中に記す。

まず最初に両端固定ばりの場合について考察する。衝撃がスパン中点に作用する場合であるから，対

称性を考慮して左半分について考えればよい。（$Fig.\ 1$ 参照）

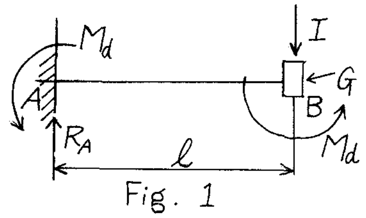

Fig. 1

$Fig.\ 1$ を参照して，つぎの関係が成立する。

$$R_A = 2M_d/\ell \tag{1}$$

$$I - \int_0^t R_A\,dt \fallingdotseq G\dot{y} \tag{2}$$

$$G = M/2 + m\ell/3 \tag{3}$$

ここに，R_A：支点反力，M_d：ひずみ速度を考慮した鋼材の動的降伏モーメント，　G：衝撃点の付着質量，M：落体の全質量，m：単位長さ当たりはりの質量，ℓ：半スパン長，y：衝撃点の鉛直塑性たわみ，$\dot{y}$：同たわみ速度。　大きい塑性変形の範囲では，近似的に式(2)においてGに対してはmの影響を無視し，その代わりmの影響をGの中に含めてある。つぎに動的降伏モーメントM_dに対しては，近似的に次式を仮定する。[2]

$$M_d = M_0\left[1 + (\dot{y}/2D\ell)^{1/P}\right] \tag{4}$$

ここに，M_0：はりの静的全塑性モーメント，D，P：材料による定数。　式(1)および(4)を式(2)に代入すれば，次式を得る。

$$I - 2M_0/\ell \int_0^t \left[1 + (\dot{y}/2D\ell)^{1/P}\right]dt = G\dot{y} \tag{5}$$

一般に衝撃の作用する時間は微小であるから，衝撃点の速度は近似的に停止するまで直線的変化をなすものと仮定すれば，

$$\dot{y} = v_0\,(1 - t/t_f) \tag{6}$$

ここに，v_0：衝撃点の初速度，t_f：衝撃瞬間から衝撃点が停止するまでの時間，t；任意時間（$0 \leqq t \leqq t_f$）。式(6)を式(5)に代入すれば，

$$I - 2M_0/\ell \int_0^t \left[1 + (v_0/2D\ell)^{1/P}(1 - t/t_f)^{1/P}\right]dt = Gv_0\,(1 - t/t_f) \tag{7}$$

式(7)で　$t = 0$ とおけば，

$$v_0 = I/G \tag{8}$$

また $t = t_f$　とおけば，次式が得られる。

$$t_f = I\ell/2M_0 \cdot \left\{1 + P/(P+1)\cdot(v_0/2D\ell)^{1/P}\right\}^{-1} \tag{9}$$

式(6)より衝撃点の最終鉛直塑性たわみδは，

$$\delta = 1/2 \cdot v_0 t_f \tag{10}$$

以上は両端固定ばりの場合であるが，単純ばりおよび片持ちばり尖端に衝撃が作用した場合についても全く同様にして，それぞれつぎのようにすればよい。

単純ばり：

$$t_f = I\ell/M_0 \cdot \left\{1 + P/(P+1)\cdot(v_0/2D\ell)^{1/P}\right\}^{-1} \tag{11}$$

片持ちばりでは単純ばりと同様の式が成立し，ただ単純ばりのIおよびGの2倍の値を用いればよい。t_fが求まれば，式(10)によって鉛直塑性たわみδが容易に求められる。計算値と実験値の比較の一例を$Fig.\ 2$に示す。$Fig.\ 2$を見れば，明らかなように，計算値と実験値はかなり良い一致が認められる。他のはりの場合についても，ほゞ同様の結果が得られた。説明不足の点については講演時に補足する。

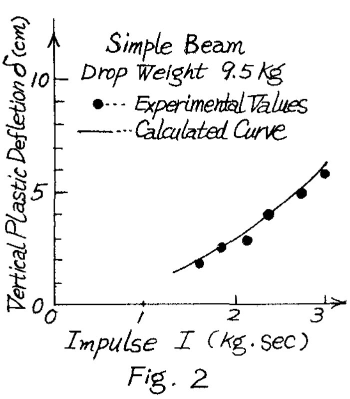

Fig. 2

参考文献

1) 最上幸夫，木本満：衝撃を受けた片持ちばりの塑性変形について，山口大学工学部研究報告，第18巻 第1号(昭,42,6)

2) T.Nonaka：Some Interaction Effects in a Problem of Plastic Beam Dynamics, Part 2, Tras, of the ASME　Journal of App. Mech., Sep., 1967