

山口大学工学部 正員 〇田村洋一

山口大学工学部 正員 最上幸夫

1. 緒言

われわれは従来から一連の単純なはり構造に衝撃が作用した場合の塑性変形についての理論的ならびに実験的研究を行ない、片持はり、単純はりおよび両端固定はりに対して集中衝撃ならびに等分布衝撃が任意点に作用した場合の塑性変形については、われわれの提案した理論式がほぼ適用できることが確認された。そこでこのような取り扱い方を連続はりや簡単なラーメン構造の場合に拡張し、集中荷重についてはある程度の成果が得られたので、今回は等分布衝撃が作用した場合について実験的な検討を行なった。以下その結果について報告する。

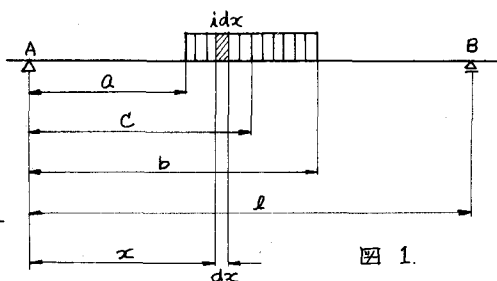
2. 実験の概要

従来の実験では専ら材料としては鋼材を用いてきたが、今回は異なる材料として黄銅の丸棒（直径5mm）を使用してみた。この材料の定数は試験の結果から次のようになった。静的降伏応力 $\sigma_0 = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $D = 50 \text{ sec}^{-1}$, $P = 4.9$, $M_0 = 70.83 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ 。この黄銅丸棒を材料として今回は3スパン（スパン長30cm）の連続はりを用い、等分布衝撃（分布長10cm）はスパン中央部材称の位置に作用させた。分布衝撃は鋼製おもりを用い、その重量は1.11, 1.58, および2.06 kgの3種類である。おもりの落高は1.11 kgの場合は30, 40, 60, 80 および100 cmとし、他のおもりの場合はいずれも10~100 cm（10cmごとに変化）とした。次にラーメンの場合については、連続はりとは比較のためにスパンを同一の30cm、また柱も30cmとし、等分布衝撃も連続はりの場合と同一のものを使用し、落高はいずれも10~80 cm（10cmごとに変化）とした。材料費や時間の関係から、同一の実験は3回繰り返し、その平均値により結果を整理した。ただし、極端に異なったとみられる測定値が得られた場合はこれを除外し、さらに同じ実験をやり直して平均値を求めた。ラーメンの場合はり部分に衝撃を加えると、それによって柱部分も若干の塑性変形を生ずるので、それについても検討を行なったが、本文においては、はり部分の塑性変形についてのみ言及した。

3. 理論的考察

(1) 連続はりの場合：図1のように連続はりの1スパンを取り出し、支えAより任意の距離 x に作用する微小衝撃量 idx によって、その衝撃点に生じる鉛直塑性たわみ $d\delta$ は次式で与えられる。

$$d\delta = v_0 \frac{idx \cdot x(l-x)}{4M_0 \left[x \left\{ 1 + \frac{P}{P+1} \left(\frac{v_0}{2D(l-x)} \right)^{1/P} \right\} + (l-x) \left\{ 1 + \frac{P}{P+1} \left(\frac{v_0}{2Dx} \right)^{1/P} \right\} \right]} \quad (1)$$



ここに v_0 : 衝撃によってはりが鉛直方向に移動するとその初速度, M_0 : はりの静的全塑性モーメント

i : 単位長さ当たりの衝撃量, D, P : 材料によって決まる定数

このような衝撃の場合、散発には重ね合わせの原理は成立しないものと考えられるが、ここでは便宜上許されるものと仮定する。しかるときは、任意点の塑性たわみは式(1)を用いて、積分の形で計算することが出来る。

図1に示す点Cにおける鉛直塑性たわみ δ_c は次式によって計算される。

$$\delta_c = \frac{i v_0}{2M_0 l} \left\{ (l-c) \int_a^c \frac{x^2 dx}{f_1(x) + f_2(x)} + c \int_c^b \frac{(l-x)^2 dx}{f_3(x) + f_4(x)} \right\} \quad (2)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} U_c &= I / (M + ml/2), \quad f_1(x) = x \left[1 + \frac{P}{P+1} \left\{ \frac{U_c x}{Dl(1-x)} \right\}^{1/p} \right], \quad f_2(x) = (1-x) \left[1 + \frac{P}{P+1} \left\{ \frac{U_c}{Dl} \right\}^{1/p} \right] \\ f_3(x) &= x \left[1 + \frac{P}{P+1} \left\{ \frac{U_c}{Dl} \right\}^{1/p} \right], \quad f_4(x) = (1-x) \left[1 + \frac{P}{P+1} \left\{ \frac{U_c(1-x)}{Dlx} \right\}^{1/p} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ただし I : 全衝撃量, M : 衝撃おもりの全質量, m : ばりの単位長さ当りの質量。

式(2)は、簡単に積分できるので、数値計算によって求めることになる。

(2) ラーメンばりの場合、(図2)

今回の黄銅を用いた場合の実験では、連続ばりの場合とラーメンのばりの場合で、実測値はほとんど同一とみなしてよい程度であった。すなわちばりの両端における固定度の状態が実質的に同一と見るしうる程度で、いけば両端固定ばりの場合と同様であると解釈される。したがってこの場合も式(2)がそのまま適用されることになる。本来ならば、連続ばりやラーメンばりの端条件によって、式(2)における $2Mo$ のかわりに $(1+\alpha)Mo$ (α は端条件によって決まる定数で $0.6 \sim 0.9$ ぐらいの変動がある)を用いるべきであるが、今回の実験では両端固定と同一、すなわち $\alpha=1.0$ を採用した。

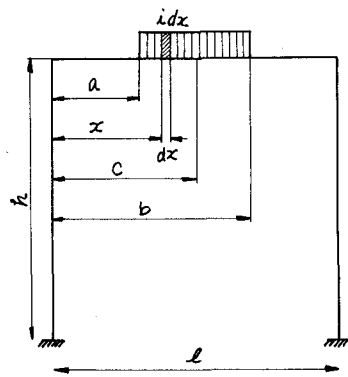


図 2.

3. 実験結果と計算値の対比

上述のように、今回の実験では結果的にばり連続ばりの場合とラーメンばりの場合とで明確な測定値の差は認められなかった。そこでばりラーメンばりの場合は省略し連続ばりの場合の計算値と測定値の対比を図示すると図3~5のようになる。(ただし W : おもりの全質量, H : 落高 (cm)) 計算値と実験値とを比較すると、実験値はいずれも計算値よりは小さい値を示しているが、その近似度はかなりよい結果を示しており、たとえば $W=2.06 \text{ kg}$, $H=80 \text{ cm}$ の場合、測定値は $\delta=3.3 \text{ cm}$ に対し、計算値は 3.4 cm となりこの場合はきわめてよい一致を示している。おもりが軽く落高の小いほど両者の差は大きくなる傾向がみられた。もちろん絶対値が小さいため誤差割合が大きくなるのは、ある程度当然のことといえよう。いずれにしても今回の実験結果より判断すると、式(2)に提案した式は、ほぼ満足し得る結果を与えることがわかった。

4. 結 言

以上、今回行った等分布衝撃が作用した場合の連続ばりおよびラーメンばりの塑性変形については、わかれわかれが従来より提案してきた理論式を拡張することによって得られた式(2)による算式が十分適用可能なことが一応確認することができた。しかしラーメンの場合については、柱に生ずる塑性変形については考察する必要がある、これらの検討については今後の研究に待ちたい。

(参考文献)

最上・田村・小島：等分布衝撃を受けた 2.3m ばりの塑性変形について、山口学芸会報 (第1報)
 同上 : 同上 (第2報) (英文) : Technology Reports of the Yamaguchi University, Vol. 1, No. 5, 1978.

