

山口大学工学部 正 員 最上幸夫

同 同 田村洋一

山口大学大学院 学生員 ○小島一広

1. 緒言 われわれは従来から衝撃を受けた鋼材ばりの塑性変形について理論的ならびに実験的研究を行ない、集中衝撃が作用した場合の各種鋼材ばりの塑性変形については、著者らの提案した理論式が実験値とかなりよく一致することを確かめた。そこで従来提案してきた理論式をさらに等分布衝撃の作用した場合について拡張し得るか否かの検討を行なうため、従来とほぼ同様の要領によって等分布衝撃が作用した場合の塑性変形について実験を実施した。今回取り扱った鋼材ばりとしては片持ちばり、単純ばりならびに両端固定ばりの3種である。以下著者らの行った研究内容について報告する。

2. 実験の概要 実験の要領については集中衝撃の場合とほぼ同様で、ただ等分布衝撃の場合は落下するおりの形状や重量が異なるだけである。実験に用いたおりの重量は 2.93, 4.96, 9.64, 14.41 および 19.21 kg である。いずれも分布長さは 15 cm として一定に採った。鋼材ばりとしては上述の様に片持ちばり、単純ばり、ならびに両端固定ばりの3種とし、はり断面は 0.95 cm × 0.95 cm の正方形のものを便宜上使用することとした。片持ちばりの場合はスパン長は 30, 40, 50 および 60 cm、単純ばりおよび両端固定ばりの場合はスパン長を 40~90 cm の範囲で 10 cm ごとに变化させた。作用衝撃として片持ちばりの場合は 2.93, 4.96 および 9.64 kg の3種のおりを用い、落高は 10~60 cm で 10 cm ごとに变化させた。また単純ばりでは 4.96, 9.64 および 14.41 kg の3種のおりを用い、両端固定ばりでは 9.64, 14.41 および 19.21 kg の3種のおりを使用し、落高は片持ちばりの場合と同様である。いずれの実験の場合についても同一状態の実験は5回実施し、その平均値をもって所要の塑性変形量とした。ただし実験値として異常と思われる測定値については、これを除外して別に実験をやり返して得た測定値を採り入れることとした。なお今回の報告では、片持ちばりの場合等分布衝撃ははりの先端部分に、単純ばりおよび両端固定ばりの場合はいずれもスパン中点に対して左右対称の位置に作用する場合のみを取り扱い、等分布衝撃が任意点に作用する場合については別の機会に報告することとした。

3. 等分布衝撃を受けたはりの塑性変形解析 3.1 片持ちばりの場合 図-1に示す様な等分布衝撃が作用した場合の塑性変形は近似的にはスパンが $(l-a)$ の片持ちばりの先端に分布衝撃に相当する集中衝撃が作用した場合の塑性変形量に等しいとみなして差支えないと思われる。もちろん一層正確な結果を得る為には若干の修正が必要と考えられるが、ここでは上述の仮定のもとに考察を進める。かくすれば集中衝撃の場合の取り扱い方によりそれぞれ以下の諸式が得られる。

$$V_0 = I / (ma + m'(l-a)/2) \quad \dots (1) \quad \tau_f = I(l-a) / [M_0 \{1 + \frac{P}{P+1} \left\{ \frac{V_0}{2b(l-a)} \right\}^2 \}] \quad \dots (2)$$

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot V_0 \tau_f \quad \dots (3) \quad \text{式(3)に式(1),(2)を代入して書き直せば、}$$

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot \frac{I(l-a)}{ma + m'(l-a)/2} \left\{ 1 + \frac{P}{P+1} \left\{ \frac{\sqrt{2gh}}{2b(l-a)} \left\{ 1 + \frac{P}{2P(1-q\delta)} \right\} \right\}^2 \right\} \quad \dots (4)$$

$$\text{ここに、} \alpha = I^2 / (M_0 ma) = 2WR / M_0 \quad \dots (5) \quad \beta = ma / (m'l) \quad \dots (6)$$

$I = m\sqrt{2gh}$ = 衝撃量 (m : 落体の単位長さ当たりの質量, g : 重力加速度,

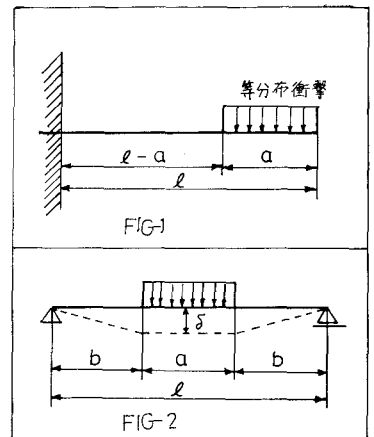
a : 衝撃体の分布長, h : 落高) $W = mag$: 落体の全重量

V_0 : はり先端が鉛直下方へ塑性変形を生ずる場合の移動初速度

m' : はりの単位長さ当たりの質量, M_0 : はり断面の全塑性モーメント

n : はり先端が鉛直下方へ塑性変形を生じ始めた瞬間から停止までの時間

D, P : はり材料により決まる定数, δ : はり先端の鉛直塑性たわみ



3.2 単純ばりの場合 図2を参照して左右の対称性を考慮し左半分について運動の釣合式を考へると、集中衝撃の場合とほぼ同じ取り扱いによつて次式が得られる。(記号は片持ちばりと同様で"b"は図-2に示す。)

$$V_0 = I / \{ m a + m' (a + b) \} \quad \text{--- (7)} \quad f_f = I b / \{ 2 M_0 [1 + \frac{P}{P_{cr}} \{ V_0 / (2 D b) \}^2] \} \quad \text{--- (8)}$$

$$\delta = \frac{1}{2} V_0 f_f \quad \text{--- (9)}$$

$$\frac{\delta}{l} = \frac{d_1 (1 - \alpha/l)}{\{ 2 + \frac{1}{\beta} (1 + \alpha/l) \} [1 + \frac{P}{P_{cr}} \{ \sqrt{2 g h} / \{ D (l - a) \} \} \{ 1 + \frac{1}{2 \beta} (1 + \frac{\alpha}{l}) \} \}]} \quad \text{--- (10)}$$

$$\text{ここに, } d_1 = I^2 / (4 M_0 m a) = W h / (2 M_0) \quad \text{--- (11)}$$

3.3 両端固定ばりの場合 単純ばりの場合と全く同様の取り扱いにより次式を得る。

$$\frac{\delta}{l} = \frac{d_2 (1 - \alpha/l)}{\{ 2 + \frac{1}{\beta} (1 + \alpha/l) \} [1 + \frac{P}{P_{cr}} \{ \sqrt{2 g h} / \{ D (l - a) \} \} \{ 1 + \frac{1}{2 \beta} (1 + \frac{\alpha}{l}) \} \}]} \quad \text{--- (12)}$$

$$\text{ここに, } d_2 = I^2 / (8 M_0 m a) = W h / (4 M_0) \quad \text{--- (13)}$$

すなわち理論上は単純ばりの場合の塑性変形量の1/2の値となる。

4. 解析と実験結果との比較 前節で述べた近似的解析法による計算値と実験値とを比較した一例を示せば図3～図8のとおりである。

5. 結論

本研究においては等分布衝撃が片持ちばり、単純ばりおよび両端固定ばりに作用した場合の鋼材ばりの塑性変形について理論的ならびに実験的研究を行い、理論式による計算値と実験値とを比較検討してみたが、その結果得られた主な結論を述べると、およそ次の通りである。

(1) 片持ちばりの場合については、衝撃量およびスパン長ともに小さい範囲では実験値は計算値よりも20%前後小さい値を示し、衝撃量およびスパン長の大きい範囲では、全般的に見て計算値と実験値はかなり良い一致を示した。

(2) 単純ばりの場合についても片持ちばりの場合とほぼ同様の傾向を示し、衝撃量およびスパン長の小さい範囲では実験値は計算値よりも20～30%程度小さい値を示し、両者とも大きい範囲では計算値と実験値はかなり良い一致を示している。

(3) 両端固定ばりの場合は衝撃量およびスパン長のいかににかかわらず全般的に見て実験値は計算値よりも10～20%程度小さい値を示した。

以上が今回行った理論的ならびに実験的研究の検討の結果であるが、等分布衝撃の場合の実験については、集中衝撃の場合に比べて実験の精度がやや劣るものと考えられ、したがって実験結果そのものの値に精度上の問題点が残るものと思われるので、実験装置の工夫改善をも含めて今後さらに検討を進めていきたいと思ひます。

参考文献

- 1) 最上幸夫, 吳誠雄; 衝撃を受けた2, 3のばりの塑性変形に関する一考察 山口大学工学部研究報告 21巻 P123

