

等分布衝撃を受けた2, 3のはりの塑性変形について (第1報)

最上 幸夫*・田村 洋一*・小島 一広**

On the Plastic Deformations of Some Beams under Equally Distributed Impulse (1st Report)

Sachio MOGAMI, Yōichi TAMURA and Kazuhiro KOJIMA

Abstract

We have been studying the plastic deformations of some steel beams under concentrated impulsive loading and recognized that our analytical methods proposed were quite in good agreement with the experimental results.

So we carried out the experiments on the plastic deformations of some steel beams under equally distributed impulsive loading to examine whether the analytical methods could be enlarged or not.

This time we treated the three cases of cantilever beams, simple and fixed ones in both ends under symmetrical equally distributed impulse.

More details are described in the following articles.

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良い一致を示すことを確かめた。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拡張しう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鋼材ばり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種であり、片持ちばりでは分布衝撃はその先端部分に、単純ばりおよび両端固定ばりではスパン中央部の対称位置に作用する場合を取り扱い、非対称な任意点に作用する場合については第2報として報告することとした。以下著者らの行な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

あり、ただ等分布衝撃の場合は落下するおもりの形状や重量が異なるだけである。実験に用いたおもりの重量は2.93, 4.96, 14.41および19.91kgである。いずれも分布長さは15cmとして一定に採った。鋼材ばりとしては上述のように片持ちばり、単純ばりならびに両端固定ばりの3種とし、はりの断面は0.95×0.95cm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を30, 40, 50および60cmとし、単純ばりおよび両端固定ばりの場合はスパン長を40~90cmの範囲で10cmごとに变化させた。また単純ばりでは4.96, 9.64および14.41kgの3種のおもりを、両端固定ばりでは、9.64, 14.41および19.21kgの3種のおもりを使用し、落高はいずれの場合も10cm~60cmの範囲で10cmごとに变化させた。各実験とも同一状態の実験は材料および労力の点を勘案して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直して得た測定値を採用することとした。

* 土木工学科

** 研究生

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

Fig. 1 に示すよう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長が $(l-a)$ 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ものと思

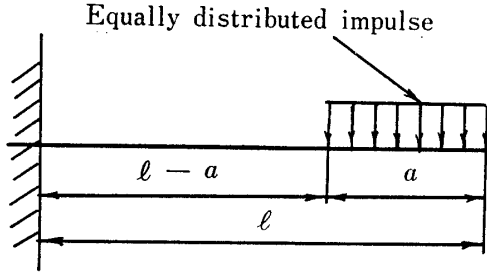


Fig. 1 Cantilever beam under equally distributed impulse

われる。もちろん一層正確な結果を得るため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こととする。かくすれば集中衝撃の場合の取り扱い方¹⁾により、それぞれ以下の諸式が得られる。

$$V_0 = I / \{ma + m'(l-a)/2\} \quad (1)$$

$$t_f = I(l-a) / \left[M_0 \left[1 + P/(P+1) \left\{ \frac{V_0}{2D(l-a)} \right\}^{1/P} \right] \right] \quad (2)$$

$$\delta = 1/2 \cdot V_0 \cdot t_f \quad (3)$$

式(3)に式(1), (2)を代入して書き直せば、次式が得られる。

$$\begin{aligned} \delta/l &= 2(1-a/l) \{1 + 1/(2\beta) \cdot (1-a/l)\}^{-1} \\ &\times \left[\left[1 + P/(P+1) \left[\frac{\sqrt{2gh}}{2D(l-a) \{1 + 1/(2\beta) \cdot (1-a/l)\}} \right] \right]^{1/P} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

ここに、

$$\alpha = I^2 / (M_0 ma) = 2Wh / M_0 \quad (5)$$

$$\beta = ma / m'l \quad (6)$$

ただし、 $I = ma\sqrt{2gh}$ = 衝撃量 (m : 落体の単位長さ当りの質量, g : 重力の加速度, 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' : はりの単位長さ当りの質量, M_0 : はり断面の全塑性モーメント, t_f : はり先端が鉛直下方へ塑性変形を始めた瞬

間から停止するまでの時間, D, P : はりの材料によって決まる定数, α : はり先端の鉛直塑性たわみ。

3.2 単純ばりの場合

Fig. 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い式を考えると、集中衝撃の場合とほぼ同様の取り扱いによって次式が得られる。ただし記号は片持ちばりの場合と同様で、 b は Fig. 2 に示すとおりである。

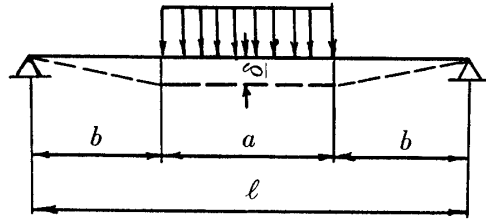


Fig. 2 Simple beam under equally distributed impulse

$$V_0 = I / \{ma + m'(a+b)\} \quad (7)$$

$$t_f = Ib / \left[2M_0 \left[1 + P/(P+1) \cdot \left\{ \frac{V_0}{2Db} \right\}^{1/P} \right] \right] \quad (8)$$

$$\delta = 1/2 \cdot V_0 \cdot t_f \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \delta/l &= \alpha_1 (1-a/l) \{2 + 1/\beta (1+a/l)\}^{-1} \\ &\times \left[\left[1 + P/(P+1) \left[\frac{\sqrt{2gh}}{2D(l-a)} \right] \right]^{1/P} \right] \\ &\cdot \left[1 + 1/2\beta \cdot (1+a/l) \right]^{1/P} \end{aligned} \quad (10)$$

ここに、

$$\alpha_1 = I^2 / (4M_0 ma) = Wh / 2M_0 \quad (11)$$

3.3 両端固定ばりの場合

この場合は単純ばりと全く同様の方法により次式が得られる。

$$\begin{aligned} \delta/l &= \alpha_2 (1-a/l) \{2 + 1/\beta (1+a/l)\}^{-1} \\ &\times \left[\left[1 + P/(P+1) \left[\frac{\sqrt{2gh}}{2D(l-a)} \right] \right]^{1/P} \right] \\ &\cdot \left[1 + 1/2\beta (1+a/l) \right]^{1/P} \end{aligned} \quad (12)$$

ここに、

$$\alpha_2 = I^2 / (8M_0 ma) = Wh / 4M_0 \quad (13)$$

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

を比較した例を示すと, Fig. 3~Fig. 8 に示すとおりである. これらの図を参照すれば, 理論値と実験値はかなり良い一致を示しており, 本文の解析法が等分布

衝撃の場合にも十分適用し得る可能性のあることが確認される.

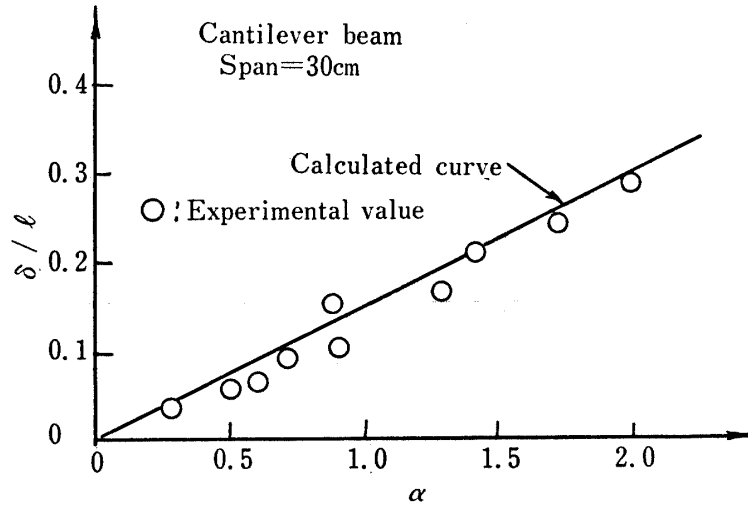


Fig. 3 Relationship between δ/l and α

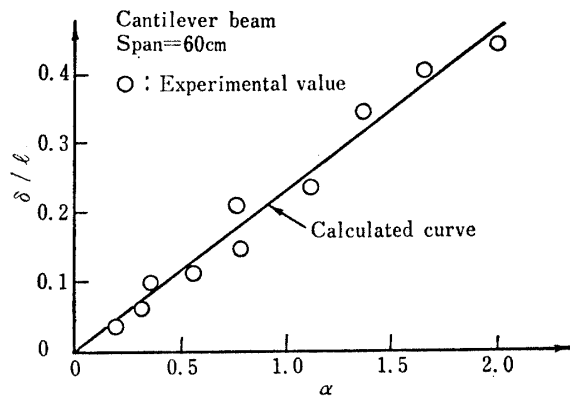


Fig. 4 Relationship between δ/l and α

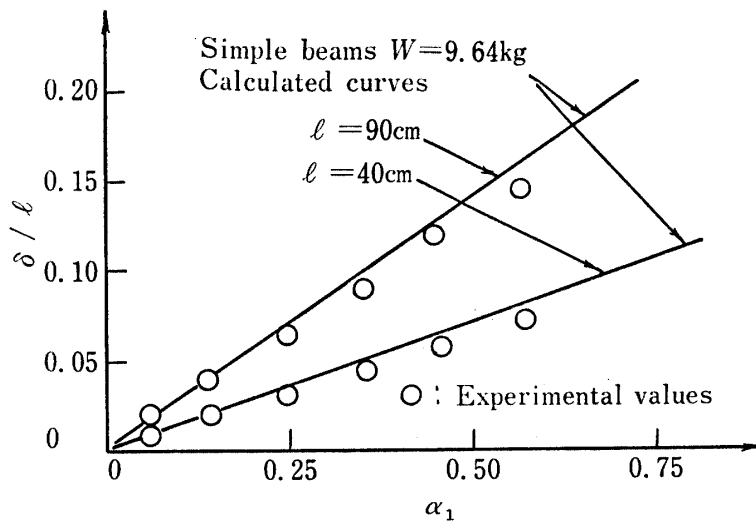


Fig. 5 Relationship between δ/l and α_1

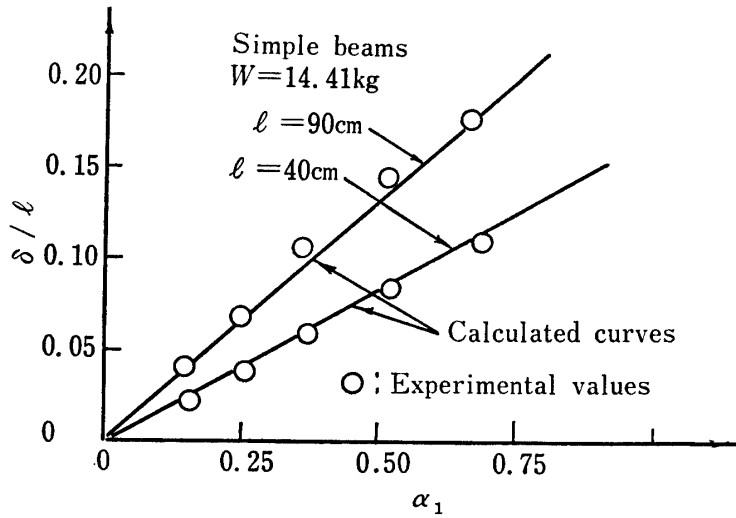


Fig. 6 Relationship between δ/l and α_1

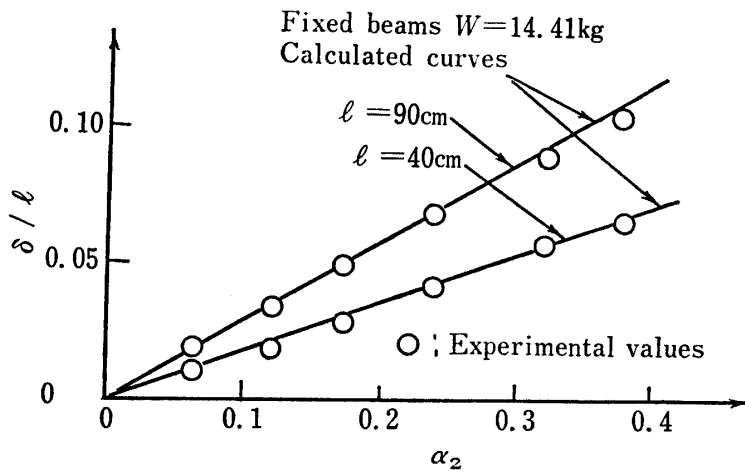


Fig. 7 Relationship between δ/l and α_2

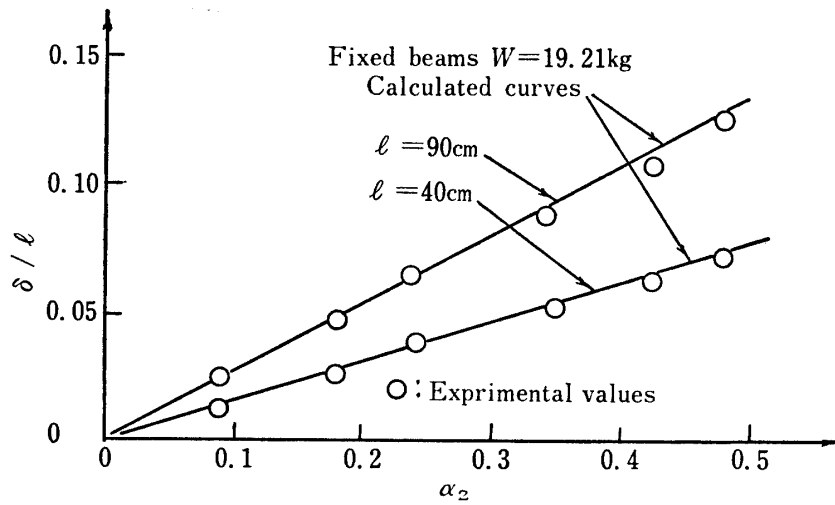


Fig. 8 Relationship between δ/l and α_2

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ない、理論式による計算値と実験値とを比較検討してみたのであるが、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：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は実験値とかなり良い一致を示した。

(2) 単純ばりの場合：この場合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、衝撃量およびスパン長ともかなり大きい範囲では実験値と計算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：衝撃量およびスパン長のいかんにかかわらず全般的に見て実験値と計算値の

相違は10~20%程度で実験値が小さな値を示した。

以上が今回行なった理論的ならびに実験的研究の検討を行なった結果であるが、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若干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く必要がある。いずれにしても今回の研究結果から判断すれば、著者らの提供した算式はかなりの実験範囲において、ほぼ妥当な結果を示しているので、その取り扱い方は等分布衝撃の場合にも適用し得ることが確認された。そこで本文の取り扱い方をさらに非対称な等分布衝撃の場合に拡張することとして研究を続行中であるが、その結果については第2報として報告する予定である。

参 考 文 献

- 1) 最上幸夫・呉誠雄：衝撃を受けた2,3のは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**，123 (1970)