

I-58 衝撃を受けたラーメンの塑性変形について

山口大学工学部 正員 最上 幸夫
 (株)新井組 、 ○竹本 誠雄
 (株)大林組 、 小川 泰昭

1. まえがき

著者らは従来から衝撃を受けたはり構造物の塑性変形や破壊について若干の理論的考察ならびに実験的研究を行ない、2,3の簡単な仮定のもとに導いた算式が実験の結果をかなり良く説明できることを示した。またこのような方法を連続ばりの場合に適用することについて検討し、連続ばりの場合は抵抗モーメント係数 $\alpha=0.8$ とすれば、ほぼ実験結果と良い一致を示すことを確かめた。そこで今回はいままでの論旨をラーメンの場合に拡張できるかどうかを検討することとし、ほぼ従来と同じ要領に従ってラーメン構造の衝撃による塑性変形の実験を行なった。以下これについて報告する。

2. 実験の概要

実験に用いたラーメンは1層/スパン両脚固定の鋼製ラーメンとし、実験の便宜上スパン長は一定として $l=50\text{ cm}$ を用いた。鋼材は従来と同様に、 $0.95\times 0.95\text{ cm}$ の正方形断面材をはりおよび柱に使用した。なお柱高は30, 40および50 cmの3種に変えて実験した。ラーメンに作用する衝撃は水平方向および鉛直方向の2つの場合について、それぞれ4.6, 9.5ならびに14.5 kgの鋼製おもりを10~60 cm (10 cmごと)の落高で作用させ、そのとき生じた柱頭の水平塑性変位およびはりの鉛直塑性変位などを測定した。ただし、水平衝撃の場合は実際の情況とやや異なるが、実験の便宜上 Fig. 1に示す状態で実験した。鉛直衝撃の場合ははりのスパン中点、スパンの1/4点および1/8点の3種の位置に衝撃を加えた。実験は原則として同一状態について3回実験を行ない、測定値に特にばなはだしいばらつきのある場合には、これを実験の失敗とみなして除外し、さらに数回実験を繰り返し、これらの平均値を用いて実験結果を整理した。

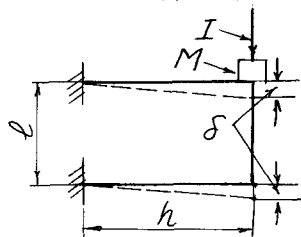


Fig. 1

3. 実験結果とその考察

ここでは一応水平衝撃の場合と鉛直衝撃の場合に分けて考察する。

3.1 水平衝撃を受けた場合

Fig. 1の状態を参照すれば、この場合の塑性変形は片持ちばりの塑性変形を取り扱えばよいから、その近似的解析法として、つぎの2つが考えられる。

解法 1. この方法は従来著者らが提案している解法¹⁾で、以下の諸式を用いて水平塑性変形 δ が求められる。

$$v_0 = I/2G \text{ ----- (1)} \quad G = M/2 + m_0/2 + mh/3 \text{ ----- (2)}$$

$$t_f = \frac{Ih}{4M_0} \frac{1}{\{1 + P/(P+H) \cdot (v_0/2Dh)^{1/P}\}} \text{ ----- (3)}$$

$$\delta = v_0 \cdot t_f / 2 \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 v_0 : 衝撃が作用した瞬間の衝撃点における水平方向初速度、 M : 衝撃体の質量、 m_0 : はりの全質量、 m : 柱単位長さ当りの質量、 I : 作用衝撃量、 h : 柱高、 M_0 : 柱断面の全塑性モーメント、 p, D : 材料による定数、鋼材では $p=5, D=40.4 \text{ sec}^2$ 、 t_f : 衝撃瞬間から衝撃点が水平方向に移動し停止するまでの時間（以下衝撃作用時間という）、 δ : 衝撃点の水平塑性変形。

解法 2. 'One degree of freedom' の仮定に基づき、著者らの仮定を適用すると、結局つぎの結果が得られる。

$$t_f = \frac{I}{\frac{4M_0}{h} \left[1 + \frac{p}{p+1} \left(\frac{v_0}{2Dh} \right)^{1/p} \right] - mhg - m_0'g} \quad \text{----- (5)}$$

$$\delta = \frac{t_f}{m_1} \left[I - \frac{t_f}{2} \left\{ \frac{4M_0}{h} \left\{ 1 + \frac{2p}{p+1} \left(\frac{v_0}{2Dh} \right)^{1/p} \right\} - (mhg + m_0'g) \right\} \right] \quad \text{----- (6)}$$

ここに、 $m_1 = m_0 + M + 2\beta \cdot mh$ 、 $m_0' = m_0 + M$ 、その他の記号の意味は解法 1 に同じ。

以上の解法 1 および解法 2 による計算結果と実験結果との比較例

を Fig. 2 に示す。

3.2 鉛直衝撃を受けた場合

ラーメンのはりの部分に鉛直衝撃を加え、衝撃点の鉛直塑性変位をスパン中点、1/4 点および 1/8 点について測定した。このような場合の取り扱い方については連続ばりの場合²⁾と同様に柱頭におけるモーメント抵抗係数 α を用いて処理し、実験結果よりこの α の妥当な値を推定することにした。したがって連続ばりの場合の諸式をそのまま用いればよい。実験結果によって α の値を検討してみると、大略以下のである。柱高 30、40 cm の場合は実験値にほとんど大差はない。すなわち柱の影響は無視しう程度で、おもりの重量 $W = 4.6 \text{ kg}$ の軽い場合は $\alpha \approx 1$ となり、 $W = 9.5$ および 14.5 kg の場合は $\alpha \approx 0.8$ 程度となる。すなわち、衝撃の小さい範囲では両端固定ばりとみなされ、衝撃が大きくなると、支点剛度はほぼ連続ばりと同様とみなしてよいようである。なお柱高 50 cm とした場合の実験結果では、柱高 40 cm の場合よりもやや小さい値を示し、常識と矛盾した結果が得られたが、これは柱の剛度が弱くなったため、衝撃エネルギーの一部が柱に局部集中したため、はりの塑性変形が少なくて減少する結果になったものと推測される。このような現象については今後さらに詳細な検討が必要であらう。

4. おすひ

著者らが今回行った衝撃によるラーメンの塑性変形に関する理論的ならびに実験的研究によって得られた主な結論はつぎのとおりである。1) 水平衝撃を受けた場合のラーメン柱頭の水平塑性変位はほぼ式 (1)~(4) または式 (5) および (6) によって算定され、その誤差はほぼ 10% 程度内である。2) 鉛直衝撃を受けた場合のはりの鉛直塑性たわみについては、衝撃量が比較的小さい範囲では両端固定ばりとみなせば良く、衝撃量がかかり大きく、したがって δ の値が大きく、 $\delta/l \approx 6\%$ 以上となると、はり部分を連続ばりとみなし、 $\alpha \approx 0.8$ 程度とすればよい。

参考文献: 1) 最上, 呉: 衝撃を受けた 2, 3 のはりの塑性変形に関する考察, 山口大学工学部研究報告 2/巻 2号, 昭. 45. 12

2) 最上, 竹本, 小川: 衝撃を受けた連続ばりの塑性変形について, 同上 22 巻 1 号 登載予定

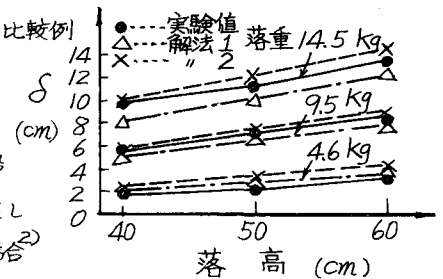


Fig. 2