

はりの横衝撃力とたわみ測定

広島大学工学部 学生員 〇川上 直也

(株) 鹿島建設 正 員 安達 浩一

広島大学工学部 正 員 佐藤 誠

1. はじめに

著者らは、これまで落錘衝撃を受ける骨組み構造物の動的挙動について実験的研究を行ってきた¹⁾。しかし、一般に、落錘と被衝撃体の間に市販の検出器を設置した場合、衝撃荷重を正確に測定することが困難であるため、たとえば、はりの衝撃点下縁におけるひずみ波形から衝撃パルスを推定するなどしてきた。ここでは、衝撃力を測定すると同時にはりのたわみ挙動を測定し、はり内の応力とそれらの関係を検討する。落錘によるはりへの衝撃力は入力棒を用い、はり模型のたわみは渦電流式非接触変位計を用いて測定する。

2. 実験方法と模型

実験に用いたはり模型は、厚さ10mmのエポキシ板より作成し、Fig.1に示すように、はり高を30mm (NCモデル) 及び45mm (NEモデル) の2種類とした。衝撃点ははりスパンLの1/2及び1/4とし、質量32.6gの鋼球の落錘で、Fig.2に示すように下端をはり上縁に乗せた入力棒の上端を衝撃した。衝撃速度は3.43m/s, 4.2m/s, 4.85m/s, 5.42m/sである。長さ50cm、直径5mmの丸鋼の入力棒内を伝播する応力波を、入力棒の上端からそれぞれ3cm(U), 30cm(D), 49cm(P)の位置のひずみゲージで測定した。また、はりのひずみ及びたわみの測点はFig.1に示すはり下縁の3点A, B, Cである。

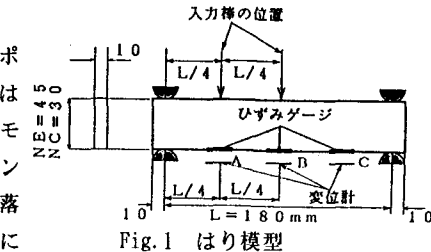


Fig. 1 はり模型

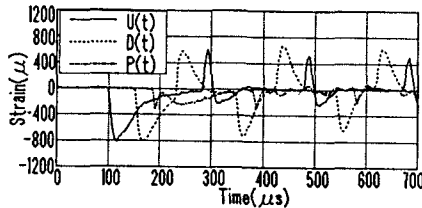


Fig. 3 入力棒のひずみ

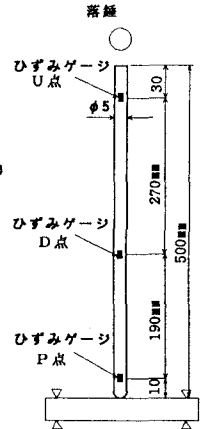


Fig. 2 入力棒

3. 実験結果と考察

Fig.3に、上記の入力棒における3測点でのひずみ波形 $U(t)$, $D(t)$, $P(t)$ を示す。 $U(t)$ には、はりに対する入射ひずみ波のほぼ全体が現れるので、 $U(t)$ をはりに対する入射波 $f(t)$ とする。また、Hertzの弾性衝突理論で落錘が無限の入力棒に作用した場合の衝撃力の計算結果を、 $U(t)$ とともにFig.4に示す。両者は極めてよく一致している。

いま、入力棒の下端からの反射波を $g(t)$ とすると、

$$D(t) = f(t) \quad (t \leq \tau)$$

$$D(t) = f(t) + g(t - \tau) \quad (\tau \leq t)$$

となる。ここで、 $\tau = 2L_D/c_0$, L_D はD点から入力棒下端までの距離であり、Fig.3から $\tau = 250 \mu s$ である。D, P点のひずみ波形から上式によって求めた反射波をFig.5に示す。両者はよく一致しているので今後はP点での結果を反射

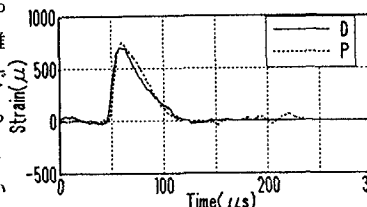


Fig. 5 反射ひずみ波

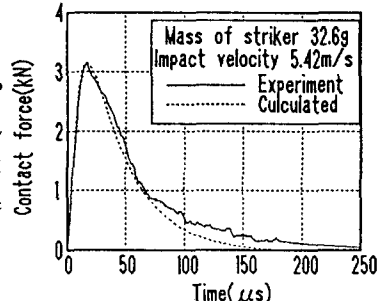


Fig. 4 入力棒への衝撃力

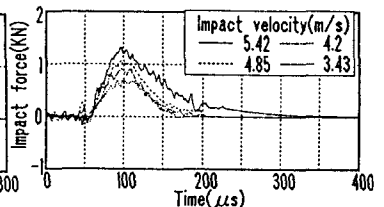


Fig. 6 はりへの衝撃力

波とする。入力棒の断面積を A とし、 σ_1 、 σ_R をそれぞれ入射応力波と反射応力波とすると、はりに対する衝撃力 $F(t)$ は次のように表せる。

$$F(t) = A(\sigma_1 + \sigma_R) = AE\{f(t) + g(t)\}$$

NCモデルの、 $L/2$ 点を 4 種の衝撃速度で衝撃した場合のはりへの各衝撃力を Fig. 6 に示す。Fig. 7 に落錘の衝撃速度 (V) とはりへの最大衝撃力 (F_{MAX}) および (F_{MAX})/入射波の最大値 (f_{MAX}) を示した。前者は衝撃速度の増加に伴って直線的に増加するが、はり高、衝撃点の違いによる変化はほとんどなかった。また、後者は落錘による入力棒への衝撃力の約35%で一定である。Fig. 8 に NCモデルの $L/2$ 点を衝撃速度 (μs)

5.42m/s で衝撃した場合の等色線縞模様写真を示す。曲げ波の発生と伝播は文献 1) に述べた状態と同じである。しかし、はり上縁の縞模様から、190 μs に一旦衝撃力は小さくなるが、再び衝撃力の増加を示す縞次数が現れ、230 μs で極値となる。これは入力棒内を往復した応力波による再衝撃力である。

Fig. 9 に、この場合の入力棒のひずみ測定から求めた第2の衝撃力を示す。第2の最大衝撃力 (0.62kN) は第1のそれ (1.28kN) の約50%でかなり大きい。

Fig. 10 に、Fig. 8 の衝撃条件に対する測点 A、B のひずみとたわみ波形を示す。ひずみ波形は約200 μs の短い周期で極値が現れるが、たわみ波形にはひずみ波形よりかなり長い周期で極値を示す。このことは、はり下縁のひずみははり内の曲げ波の伝播と反射をそのまま反映して現れるのに対し、たわみははりの固有周期に対応して現れることを示している。

4. まとめ

- 1) はりへの最大衝撃力は、本実験の条件では入力棒への最大入射荷重の約35%で一定である。
- 2) はりへの最大衝撃力は落錘の入力棒に対する衝撃速度の増加とともに直線的に増加する。
- 3) 等色線縞模様写真からは、入力棒内を往復する応力波により、衝撃力は約200 μs 間隔で作用することが認められ、第2の衝撃力は第1のその約50%あった。
- 4) はり下縁のひずみは曲げ波の伝播による応力変化を反映するが、たわみ波形はひずみ波形ほどはり内を伝播する曲げ波の影響を顕著に受けない。

5. 参考文献 1) 佐藤他：動光弾性実験による骨組み構造の衝撃応答、第45回土木学会中国四国支部研究発表会、pp. 64-65. 1993.

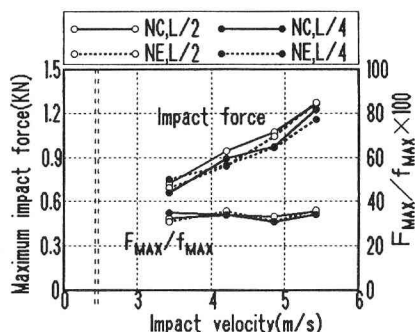


Fig. 7 F_{MAX} と F_{MAX}/f_{MAX}

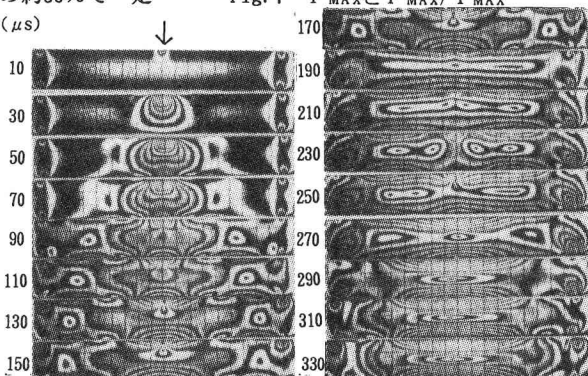


Fig. 8 等色線写真 (NCモデル, 衝撃点 $L/2$)
NCモデル, 衝撃点 $L/2$, 衝撃速度 5.42m/s

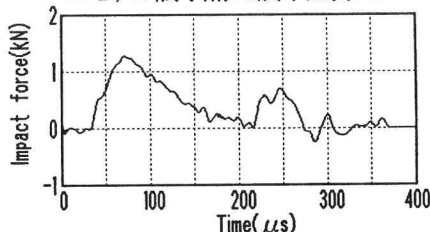


Fig. 9 はりへの衝撃力 $F(t)$

NCモデル, 衝撃点 $L/2$, 衝撃速度 5.42m/s

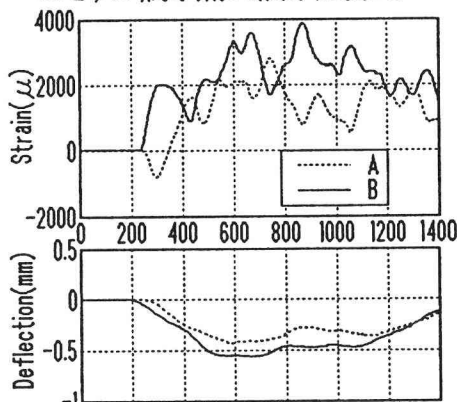


Fig. 10 ひずみとたわみ波形