

横衝撃を受けるはり内の波動挙動の動光弾性実験

広島大学工学部 正 員 佐藤 誠

広島大学大学院 学生員○安達 浩一

1. はじめに

はり要素が衝撃荷重を受けると、はり内に応力波が伝播する。この応力波による応力場は、主として曲げ波と呼ばれる波動を形成する。曲げ波に対するはり端部の支持状態（自由端を含む）は、当然、静的支持状態と異なると考えられる。そのため本研究では特に、はりの支持部への曲げ波の入・反射の関係を動光弾性実験によって明らかにする。

2. 実験方法と模型

動光弾性実験は、繰返し入力法と、多重閃光撮影法を用いた。この2種類の方法で撮影された光弾性写真の時間軸に差がないことは、予備実験によって確認された。実験に用いたはり模型は、当研究室で製作した厚さ10mmのエポキシ樹脂板から切り出して作成した。はり模型の寸法を図-1に示す。全長 $L=20\text{cm}$ 、スパン $S=18\text{cm}$ 、はり高さ $h=3\text{cm}$ とし、衝撃は、直径11.5mm、重さ5.5gの鋼球を落錘として、衝撃速度 V_0 を 5.5m/sec で与えた。

はり模型の支持方法は、図-2に示すHS-MODEL、KS-MODEL、KC-MODEL、KF-MODELである。衝撃点は、はり端から $d=40$ (0.20L), 70 (0.35L), 100 (0.50L)mm とした。KC-MODEL については、さらに $d=130$ (0.65L), 160 (0.80L)mm の点も衝撃した。なお、衝撃応答を定量的に把握するために、はりの下縁の適当な位置に接着したひずみゲージにより、動ひずみ測定を行った。

3. 実験結果と考察

図-3に、KC-MODEL の $d=70\text{mm}$ (衝撃点②) を衝撃した場合のはり下縁測点のひずみ波形を示す。また、この場合の光弾性写真を写真-1に示す。写真右側が固定部、左側が自由端である。 $0\mu\text{sec}$ において、衝撃断面左側5cmの位置に曲げの中立軸を示す0次の縞（中立点）が存在する。これより、この部分に上に凸の曲率を持つ曲げ波が生じていることが分かる。中立点の移動は、曲げ波の進行状態を表しており、中立点の移動から求めた曲げ波の移動速度は、約 600m/s であった。この先行する曲げ波は、縁縞次数を増加させながら、左方に進行し $10\sim 150\mu\text{sec}$ で、はりの自由端において反射し、逆の曲率を持った反射曲げ波となって右方へ進んでいる。 $240\mu\text{sec}$ において、衝撃点とはり中央断面に対して対称な位置で、はり固定部からの反射曲げ波と同位相で重なり合い、この部分の上下縁で縞次数のピーク値を生じている。この値は、衝撃点下縁における縞次数を上回るものであり、図-3の測点⑨のひずみ波形からも確認できる。また、 $0\mu\text{sec}$ 以後、衝撃断面より右方へ進行する曲げ波の固定端部で反射する際に、この部分が固定部でありながら、下に凸の曲率を持った曲げを受けていることが確認される。

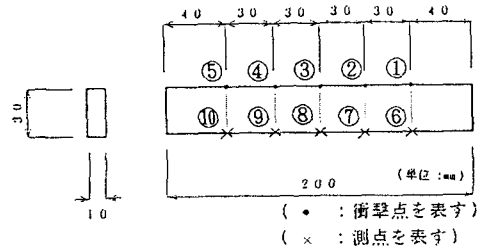


図-1 はり模型の断面寸法と測点及び衝撃点

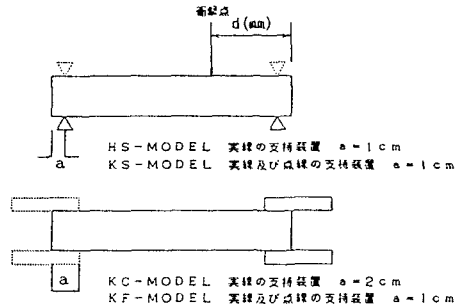


図-2 支持方法

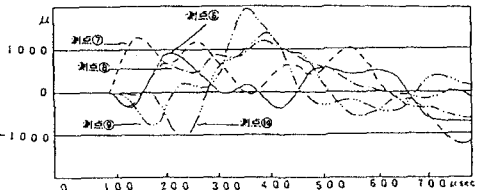


図-3 KC-MODELのひずみ波形 $d=70$

図-4に $d=40\text{mm}$ を衝撃した場合の衝撃点下縁のひずみ波形を示す。また、図中にKC-MODELの $d=160\text{mm}$ を衝撃した場合の衝撃点下縁のひずみ波形も併せて示す。

—— HS-MODEL - - - - KS-MODEL - · - · - · KC-MODEL

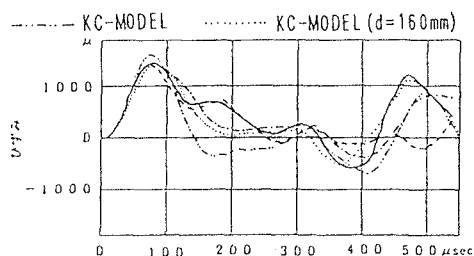


図-4 衝撃点下縁のひずみ波形

0~100 μsec の間、それぞれのモデル間におけるひずみ波形に差はない。最初に差が表れるのは、120~280 μsec においてであり、衝撃点に近い方の支持部から反射波が測点を通過する時刻に一致している。次に大きな差が表れるのは、400~550 μsec においてであり、衝撃点から離れた方の境界からの反射波が測点を通過する時刻に一致している。そして、これらのひずみ応答は、自由端的、単純支持的、固定端的と、大きく3種類に分類できる。

表-1は、動ひずみ測定で得られたひずみの最大値を衝撃点下縁のひずみのピーク値に対する比として表したものである。ただし衝撃点下縁のひずみを上回ったもののみを示している。

この場合ひずみの最大値は、はり軸中央断面に対して衝撃点と対称断面で生じており、はり両端で反射した曲げ波が同位相で重なりあったためと思われる。

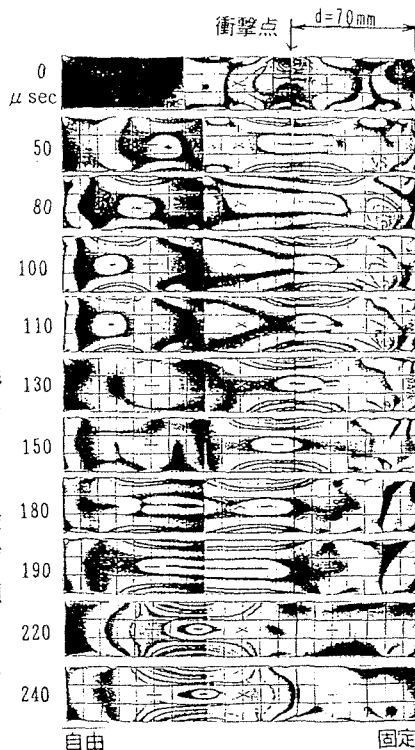


写真-1 KC-MODELの光弾性写真($d=70\text{mm}$)

表-1 最大ひずみと測点

支持方法	衝撃点	下縁最大ひずみ比	測点	時間 (μsec)
HS-MODEL	NO 2	1.28	NO 9	228.2
KS-MODEL	NO 2	1.06	NO 9	305.6
KC-MODEL	NO 2	1.48	NO 9	209.2
KC-MODEL	NO 1	1.22	NO 10	199.8

表-2に、支持条件に対する曲げ波の反射係数を示す。衝撃点によって反射係数が異なることから、同じ支持条件であっても、大きさの異なる曲げ波の入射に対しては、支持部の拘束の度合いが異なるということ

が分かる。固定端の場合、衝撃点によって異符号の反射係数が得られているが、いずれの場合も自由端、単純支持に比べると、反射係数が小さいことが分かる。

4. 参考文献

佐藤他：衝撃集中荷重を受けるはりおよび骨組み構造の動光弾性実験，日本光弾性学会第13回研究発表講演会講演論文集，NO. 13, PP95~98, 1991.

表-2 動ひずみ測定による反射係数

(a) $d=100\text{mm}$ 衝撃の場合

	測点	反射係数
HS-MODEL	NO 10	-0.43
KS-MODEL	NO 10	-1.04
KF-MODEL	NO 10	-0.25
KC-MODEL	NO 10	-1.00
KC-MODEL	NO 6	-0.20

(b) $d=70\text{mm}$ 衝撃の場合

	測点	反射係数
HS-MODEL	NO 10	-0.13
KS-MODEL	NO 5	-0.56
KF-MODEL	NO 10	0.12
KC-MODEL	NO 10	-1.00
KC-MODEL	NO 6	0.24