

横衝撃力を受けるはりの衝撃破壊実験

広島大学工学部 正 員 佐藤 誠
神戸市役所 正 員 高橋 江助
HAZAMA 学生員 川平 英史

1. はじめに

衝撃的な荷重によって構造物が破壊する場合、部材内部には衝撃力によって生じる応力波のみならず、慣性力の影響、き裂先端から生じる応力波も加わり、静的な場合と違って非常に複雑な応力状態を示す。本研究では初期き裂を持つ脆性はり模型の任意断面に横衝撃を与えたときのき裂伝播のメカニズムを解明し、き裂進展に対する曲げ及びせん断の効果を検討する。

2. 実験概要

本実験では、スパン中央およびスパンの1/4点に切欠きを持つ2種類のはり模型に衝撃力を与え、動光弾性実験によりき裂進展過程の可視化を行った。衝撃力を各模型のスパン中央とスパンの1/4点に与える、各2ケース計4ケースの実験を行い、各実験のき裂進展過程の比較検討を行った。図-1に実験模型を示す。

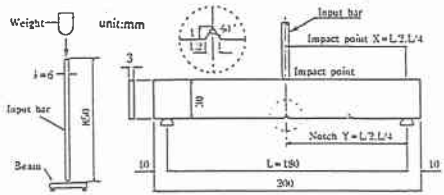


図-1 実験模型

3. 解析方法

有限要素法による弾性解析でき裂進展直前までの切欠き先端の応力拡大係数を計算し、き裂進展開始時の動的破壊靱性を求めた。ただし、衝撃力は各モデルの非破壊の場合の衝撃力を用いた。

4. 実験結果

図-2に各モデルのき裂進展経路および時間の平均速度を示し、図-3に動光弾性実験から得られた等色線縞模様写真を示す。これらからMODEL1（衝撃点 $X=L/2$ 、切欠き位置 $Y=L/2$ ）は、520~540 μ sでき裂が進展する。その時のはりの応力状態はスパン中央の約 $L/2$ にわたる範囲が下に凸の局所的な曲げの状態である。その後き裂は鉛直上方に向かって進展し、き裂が上縁に進展するに従ってはり下縁の曲げ応力は解放される。またき裂先端が圧縮領域に進展すると進展速度は急激に減速する。

MODEL2（衝撃点 $X=L/2$ 、切欠き位置 $Y=L/4$ ）は410~440 μ sでスパン中央から左右 $L/4$ の地点で曲げの強い状態でき裂が鉛直上方より僅かに衝撃点側に向けて進展する。また、

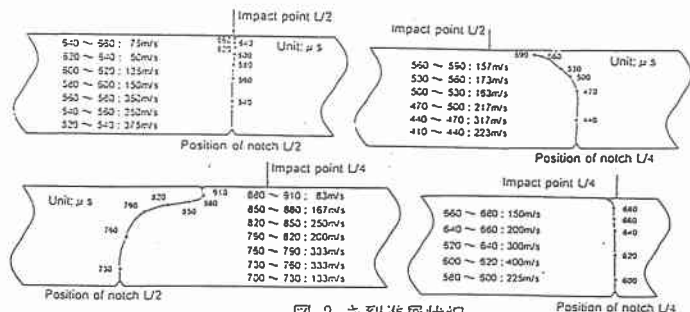


図-2 き裂進展状況

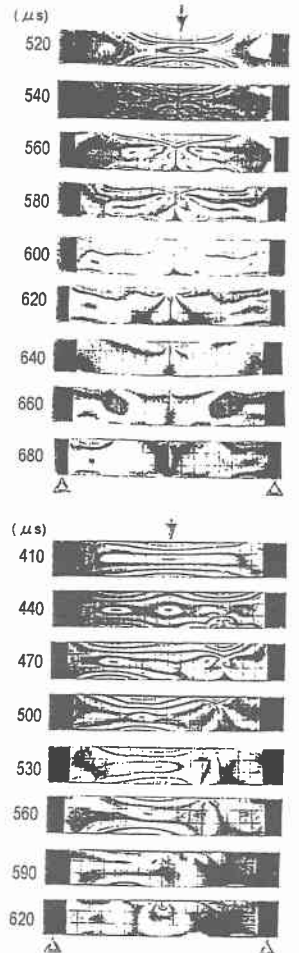


図-3 等色線縞模様写真

き裂が進展するにつれき裂断面より右側の曲げ応力が急速に解放されているのに対し衝撃点側はき裂断面付近のみ曲げが解放され、はり端から $L/4$ の地点で下に凸の曲げが存在する。き裂先端がはり高の約 $2/3$ まで進展するとき裂速度 $160\sim 200\text{m/s}$ でほぼ一定速度で衝撃点に向けて緩やかに曲進し、衝撃点から約 27mm 地点で破断する。

MODEL3（衝撃点 $X=L/4$ 、切欠き位置 $Y=L/4$ ）では、 $700\sim 730\mu\text{s}$ で発生したき裂は、MODEL2と同様にき裂断面の衝撃点の逆側の曲げが急速に解放され、逆に衝撃点側はき裂断面付近のみの曲げが解放されながら、衝撃点に向けて緩やかに曲進し、反衝撃点側の支点付近の応力が解放される $790\mu\text{s}$ で急激に曲進する。その後、衝撃点側の応力が解放する $880\mu\text{s}$ 以降でき裂は急激にはり上端へ曲進し破断する。

MODEL4（衝撃点 $X=L/4$ 、切欠き位置 $Y=L/4$ ）では、はり端右側から反射された曲げ波とはり端左側から伝播した曲げ波が切欠き位置で重なる $580\sim 600\mu\text{s}$ で約 400m/s の速度で鉛直上方へき裂の進展が開始する。このときき裂断面の右側の領域では曲げが急速に解放され、左側ではスパン中央付近までの曲げは解放されるが、スパン中央より左側の曲げ応力は長時間持続する。き裂は進展するに従い鉛直上方より僅かに左に傾きながら直進し、 $680\sim 700\mu\text{s}$ で破断する。

5. 解析結果

図-4に解析結果による応力拡大係数の図を表す。また、動光弾性実験から得た各モデルのき裂進展開始時刻を図-4に対応させて求めた破壊靱性を図-5に示す。これによると、MODEL1、MODEL3、MODEL4の破壊靱性は、き裂開始時刻以前の応力拡大係数の最大値よりも小さいという矛盾が生じており、本解析において信頼性のある破壊靱性を得ることができなかった。

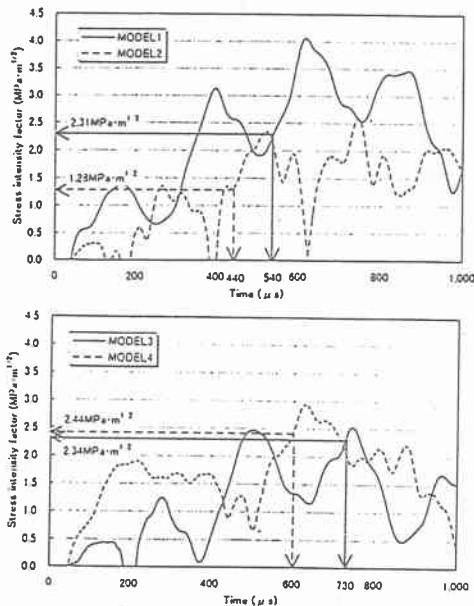


図-4 応力拡大係数

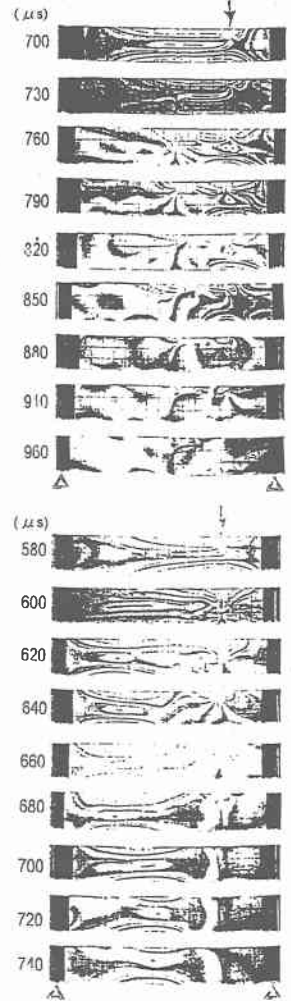


図-3 等色線縞模様写真

	破壊靱性 ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)
MODEL 1	2.31
MODEL 2	1.28
MODEL 3	2.34
MODEL 4	2.44

図-5 各モデルの破壊靱性

6. 結論

1) き裂が曲進する場合、一方の支点反力が解放しているに関わらず、他方の支点付近で曲げの状態を維持することからき裂先端が支点に代わる状態になり、その結果き裂先端には支点反力に代わるせん断力が作用する。

2) せん断力が作用するとき裂先端における応力場の最大主応力方向に引張応力が生じ、き裂先端はその最大主応力方向と垂直に進展しようとするためき裂の急激な曲進が起こると考えられる。