

横衝撃力を受けるはりの動的破壊実験

広島大学大学院 学生員○西谷 真吾
 戸田建設(株) 正 員 清水 陽一郎
 川田工業(株) 正 員 斉木 孝二
 広島大学工学部 正 員 佐藤 誠

1. はじめに

佐藤¹⁾らは、横衝撃荷重を受けて破壊する脆性はりのき裂進展過程を動光弾性実験によって可視化し、き裂パターン、き裂進展速度などを明らかにしてきたが、それらにおいて衝撃荷重が未定のままであり、また、切り欠き位置と衝撃位置とによるき裂進展状態も明らかにされていない。

ここでは、落錘と脆性はり模型との間に設置した入力棒の動ひずみ測定によって衝撃荷重を求めるとともに、切り欠き位置と衝撃位置によるき裂パターンと進展過程を明かにするため、動光弾性実験を行った。

2. 実験方法および実験模型

図-1 にエポキシ樹脂製のスパンLのはり模型と衝撃位置(X)および切り欠き位置(Y)を示す。実験は図中に示すX, Yの9組のケースについて行った。図-2に入力棒による衝撃力の測定法を示す。衝撃荷重は、入力棒の上端へ、質量1015gの落錘を衝撃速度3.96m/sで衝撃し、A, B 2点での動ひずみ測定からはり模型への衝撃力が決定される。

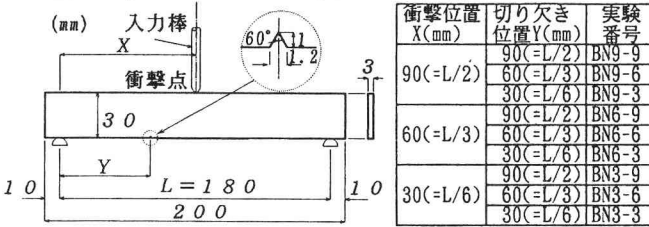


図-1 実験模型と衝撃位置

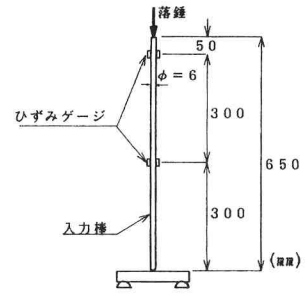


図-2 入力棒とひずみ測点
(μ sec)

3. 実験結果と考察

写真-1 にBN9-9, 写真-2 にBN3-6の等色線縞模様写真を示す。

写真-1 では、120~130 μsの間で切り欠き先端からき裂が発生し、また、210 μsまでは直線的に進展し最後は逆s字状に破断している。き裂開始時のはりの状態は、スパン中央の約L/3が下に凸の曲げで、それより支点側は上に凸の曲げの段階である。したがって、はり全体が下に凸の曲げモードを形成する以前にき裂がはり断面を貫通し、はり中央の曲げは解放されるが、支点へ向かう曲げ波は支点で反射し、破断後もき裂の両側に下に凸の曲げを生じている。

写真-2 では、170~190 μsで切り欠き先端からき裂が発生し、300 μs付近までは衝撃点方向に進しながら最後はs字状に破断する。き裂開始時は、スパン中央付近の純せん断断面と左支点間には下に凸、右半分は上に凸の曲げ状態であるが、衝撃点側の曲げが大きく、き裂が進展するにつれて衝撃点方向に向かう。この場合も、275 μs以後に衝撃点側の曲げはき裂進展とともに解放され、はりの右側には反射曲げ波により下に凸の曲げが生じる。

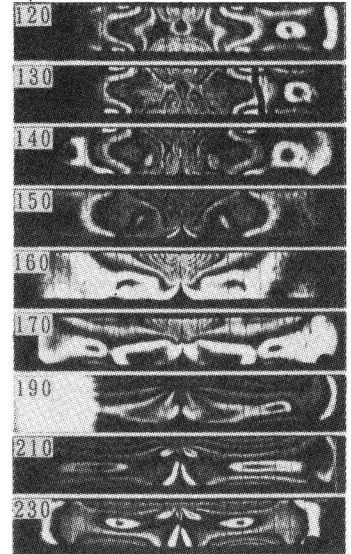


写真-1 BN9-9の光弾性写真

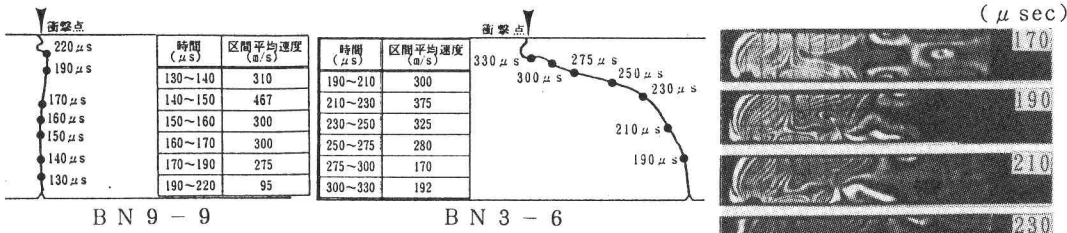


図-3 き裂進展状態と進展速度

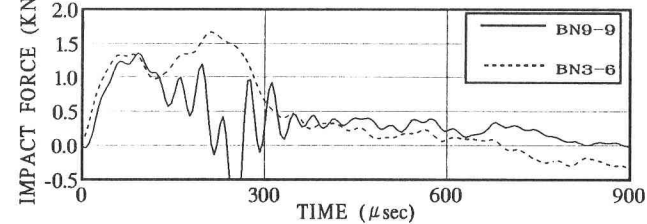


図-4 衝撃力

BN 9-9, BN 3-6 それぞれについて、図-3にき裂進展状況と区間の平均進展速度を、図-4にはりへの衝撃力を示す。

図-3から、上述したき裂開始から破断までのき裂パターンと写真の駒間の平均進展速度の変化が明瞭に読み取れる。BN 9-9の場合、き裂がほぼ鉛直に進展する間、進展速度は開始後一時増速するが、はり中央付近から次第に減速する。BN 3-6 もき裂開始後は曲進しながら緩やかに減速する。両者のき裂モードは異なると思われるが、はり高に対する進展速度の変化はほぼ等しい。

図-4に示すBN 9-9とBN 3-6に対する衝撃力を比較すると、前者にはフラッシュ閃光によるノイズが含まれているが、き裂開始による衝撃力の変化は少なく、後者はき裂開始後も衝撃力が増加する。また、後者は前者より最大衝撃力が大きく継続時間も長い。

写真-2 BN3-6の光弾性写真

表-1に9ケースの破壊過程の特徴を示す。

4. まとめ

- 1) 本実験では入力棒を用いて衝撃力を測定したが、実験条件の制限の中では比較的良好な結果が得られた。ただし、光源の発光下では雑音が入りやすく改善の余地がある。
- 2) き裂発生時刻は最大衝撃力の時間より遅れ、衝撃点が支点到近いほど最大衝撃は大きく、継続時間も長い。
- 3) 模型の破壊形状とき裂進展は切り欠き位置と衝撃位置の関係でほぼ決定される。すなわち、き裂はきり欠きから衝撃点へ向かって進展する。

表-1 各実験ケースの破壊過程の特徴

実験ケース ↓: 衝撃点 ▲: 切欠き	き裂の進展経路 分岐き裂の有無	き裂の進展速度 および速度変化 (m/s)	き裂進展時の はりの応力状態	衝撃応力の最大 値(kN), 継続時間(μs)	き裂開始 時間(μs)
BN9-9	鉛直→小S字	310→467→95 次第に減速	曲げが急激に消滅	1.20kN, 400	130
BN9-6	鉛直→小S字	367→117			280
BN9-6	鉛直→衝撃点へ大きく曲進	317→233→267 変化は僅か	き裂の右側の曲げやや持続	1.25kN, 400	230
BN9-3	鉛直→衝撃点方向へやや曲進	225→275→438 加速する	き裂の右側の曲げ持続	1.20kN, 900 100と500μsにピーク	370
BN6-9	途中から3本に分岐、中央は一時停止 鉛直→S字	408→167→408 408→333→0 408→467→66 267→533→117	き裂の左右の曲げやや持続	1.30kN, 800	300
BN6-6	鉛直→左支点側へS字	300→367→130	スパン中央の左右で逆の曲げ、右の曲げ持続	1.20kN, 300	100
BN6-3	鉛直→衝撃点へ曲進	305→340→76	スパン中央の左右で逆の曲げ、右の曲げ増加	1.30kN, 600	170
BN3-9	鉛直→左水平→S字	312→422→150	き裂左の曲げ大で持続	1.50kN, 600 矩形パルスに近い	340
BN3-6	鉛直→衝撃点へ曲進→鉛直	300→375→192	スパン中央の左右で逆の曲げ、右の曲げ逆転して増大	1.6kN, 400 100, 250μsにピーク、第2のピークが大	190
BN3-3	鉛直	400→158	スパン中央の左右で逆の曲げ、右側の曲げは移動しながら持続	1.4kN, 300	130

参考文献

1) 佐藤他, 衝撃破壊過程に対する動光弾性実験, 第45回土木学会中四支部講演概要集, pp. 62-63, 1993.