

I - B 308

横衝撃を受ける脆性はりのき裂曲進メカニズム

清水建設株式会社 正員 小野 秀平
広島工業大学 正員 佐藤 誠

1. はじめに

構造物に甚大な被害をもたらした兵庫県南部地震による災害を契機に、衝撃荷重に対する脆性部材の破壊挙動および耐衝撃力に関する究明と対策が多方面でなされている。本研究では、はりスパンの変化に伴う基本固有周期の変化が、き裂進展開始時刻のはりの応力状態を決定することから、脆性はりの衝撃破壊においてスパン長の変化による曲げおよびせん断応力の比の效果に注目し、き裂が曲進する場合の破壊過程を考察する。

2. 実験概要

図-1にはり模型の形状と衝撃方法を、図-2に実験ケースの記号、模型の切り欠き位置及び衝撃位置を示す。

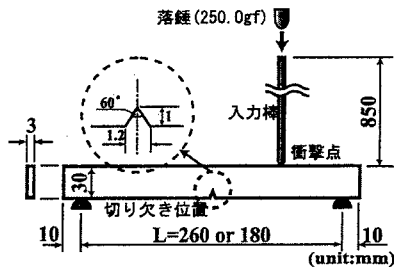


図-1 はり模型の形状と衝撃方法

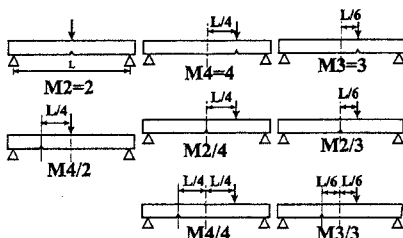


図-2 実験ケース(切り欠き位置と衝撃点)

ここでは、切り欠き断面の最大せん断応力と最大曲げ応力の静的関係が異なるように、切り欠き位置と衝撃位置の組み合わせによる8種類の実験ケースを対象とした。

衝撃には、全ケースで250.0gfの衝撃落錘を用い、衝撃速度は模型が切り欠きより確実に破壊するように、M4/4では4.43m/s、M4/2及びM3/3では3.96m/s、その他のケースは2.80m/sをそれぞれ与えた。

3. 実験結果

図-3にM2/3に作用する衝撃力の例を示す。この図-3には、ケースM2/3の衝撃力(黒)と、切り欠きを持たない場合の非破壊の衝撃力(灰色)を重ねて示す。本実験で使用した衝撃力は、主パルスの衝撃継続時間および波形が衝撃位置に関わらず一定で、主パルスの最大値は衝撃速度に比例するものを用いた。このM2/3

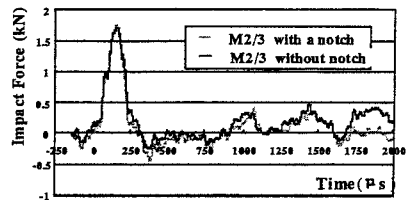


図-3 衝撃力波形

において2種類の波形が異なる部分は、き裂進展が進みはりが破断し入力棒を支持しなくなる影響であると考えられる。

図-4にスパン260mmのM3/3とM4/4の等色線縞模様写真を示す。M3/3のき裂が曲進を始めるときの縞模様は、衝撃点側の曲げ応力が反対側に比べて大きく、き裂先端がちょうど支点のように働いている。そのため、き裂先端と右支点とがその曲げに対する両支点を形成し、それらの支点間が強く曲げられている状態

キーワード; 横衝撃, 脆性はり, き裂進展過程

連絡先; 佐藤 誠, 広島市西区庚午中2-14-34, TEL 082-271-0592, FAX 082-271-0592

である。したがって、この支点反力に対応するせん断力の作用で主方向が決まり、その方向の垂直方向にき裂は曲進していると考えられる。

M4/4 は、はり下縁の曲げ応力によりき裂が進展した後、450～480 μs で切り欠き位置より左側に衝撃点側より強い曲げが発生している。そのため、き裂は一度左側に振れ、その後衝撃点側の強い曲げの影響でその方向に曲進している。き裂が進展すると切り欠き位置より非衝撃点側の曲げ波の供給が絶たれるので、き裂曲進の方向とき裂の進展開始時刻の応力状態とは密接な関係があるといえる。

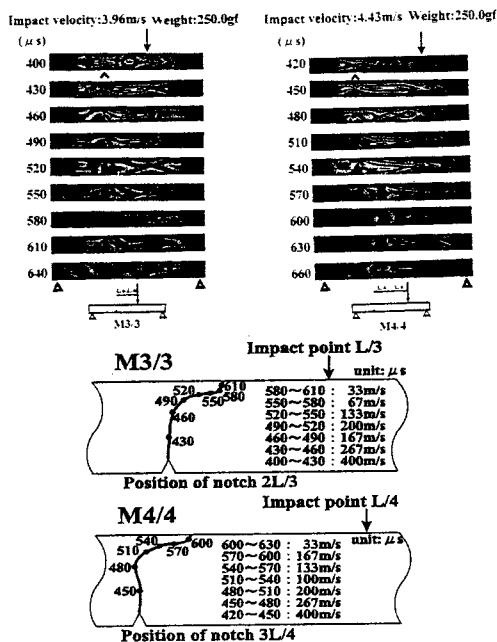


図-4 等色線縞模様写真とき裂パターン

き裂先端部の応力状態は、き裂進展の方向を決定する大きな要因となっている。そこで、き裂先端部のせん断応力 τ_{MAX} と曲げ応力 σ_{MAX} の比 $\tau_{\text{MAX}}/\sigma_{\text{MAX}} = \kappa$ を、き裂進展過程を撮影した等色線縞模様写真をもとに構造力学的に考察した。そこで、図-5(A)のような、き裂進展に影響を与えている曲げ区間について、き裂と曲げの関係を示すメカニズム図-5(B)を考えた。これには、以下を仮定している。1)き裂先端部は固定端、2)曲げ区間の他端はせん断断面で単純支持的支点、3)固定端と単純支持的支点間の曲げモーメントは、図-5(C)のような直線的分布、4)はりの断面の応力分布は静的な場合と同様中立軸に对称、と考える。以上の仮

定と等色線縞模様写真の縞次数と主応力差が比例していることをもとに、固定端の支点反力 R_A を求め、き裂先端部のせん断応力と曲げ応力の比 κ を求めた。その結果を表-1 に示す。これは複雑に動的変化をする応力状態を簡単なモデルに置き換えたものであるが、曲進開始時と曲進途中の κ を比べると、曲進中の方が κ が大きい。これは、せん断応力の占める割合が増加

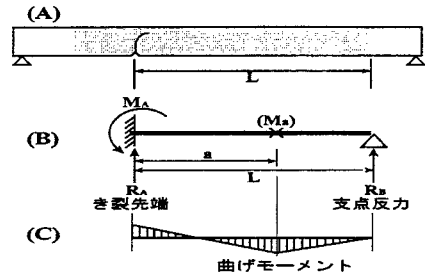


図-5 曲げ区間の構造モデル

表-1 き裂進展と $\kappa(\tau/\sigma)$

MODEL	$\kappa = \tau_{\text{MAX}}/\sigma_{\text{MAX}} (260\text{mm})$		
	曲進開始時	曲進途中	静的状態
M2/4	0.065(650 μs)	0.195(680 μs)	0.115
M4/4	0.074(480 μs)	0.107(510 μs)	0.087
M3/3	0.108(460 μs)	0.728(490 μs)	0.057
M2-2	0	0	0.057

したことを意味し、せん断応力がき裂曲進に大きな影響を与えているといえる。

4. 結論

本研究の範囲で、脆性はりの衝撃破壊におけるき裂曲進過程の特徴は以下のようにまとめられる。

- (1) はりの破壊による衝撃力波形への影響ははりが破断するまで現れない。
- (2) はりスパンが長くなると、はり中央部および衝撃点付近に大きな曲げ応力が形成され、はり軸方向に大きくき裂曲進する場合が多い。
- (3) き裂先端部のせん断応力と曲げ応力の比は、き裂曲進途中に曲進前と比べ増加しており、破壊過程においてこの比が増加するとき裂が曲進する。

参考文献

- 1) 佐藤誠, 小川拓也, 中屋幸久, 横衝撃を受ける脆性はりのき裂曲進について, 日本光弾性学会第 20 回研究発表講演会論文集, 1998
- 2) 高橋江助, 脆性はりの衝撃破壊現象への個別要素法の適用性, 広島大学修士論文, 1998