

衝撃を受ける脆性はりのせん断破壊について

広島大学工学部 正 員 佐藤 誠

広島大学工学部 学生会員 ○長田 耕太郎

1 はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震には、直下型地震に特有の被害形態も多く、破壊メカニズムが容易に解明できない現象もあり、これらについては様々なアプローチが試みられている。

ここでは、地震力による破壊のアプローチの一つとして、地震衝撃力が構造物に作用した可能性を考え、その衝撃力によって破壊した場合があると考え、横衝撃荷重を受ける脆性はりが曲げモーメントとせん断力が共存する場で破壊する、すなわちモードⅠとモードⅡが同時に存在する複合モード下での破壊過程を、動光弾性実験的に検討する。

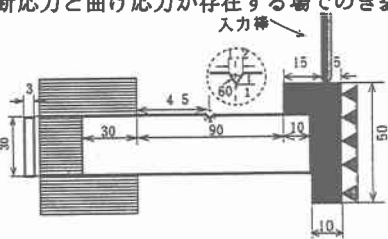
2. 実験方法とはり模型

脆性はりが複合モードで破壊する過程を可視化するためにCranz-Shardin型の動光弾性実験を行った。また、以下に述べる脆性はり模型は板厚3mmのエポキシ樹脂(アラルダイトB)板から切り出した。

(1)はり模型Ⅰ(図-1):はり模型Ⅰは、一端を固定し、他端の回転を拘束したまま上下方向に移動できるように支持したはりで、移動端の上縁に横衝撃荷重を与える。はりのスパン中央の上縁に切欠きを持ち、固定端側は、はり端から3cmの上下縁を鋼金具で拘束し、上縁に衝撃力を受けている移動端側は、逆L型の鋼金具が支持装置の溝に沿ってたわみ角を拘束したまま上下方向に移動できるようにしている。

(2)はり模型Ⅱ(図-2): はり模型Ⅱは、はり模型Ⅰと同じ断面の単純支持はりで、スパン中央下縁に切欠きを持ち、スパンの1/3断面の上縁に衝撃力が与えられる。したがって、下縁の曲げ応力でき裂が開始したあとにはり高中央付近ではせん断応力と曲げ応力が存在する場でのき裂進展が行われる。

両はり模型には、はりの
衝撃点に垂直におかれた丸
鋼の入力棒を介して衝撃力
を与えた。入力棒の上端に
鋼落錘で衝撃を行い、入力
棒の下端から等間隔に 2箇
所に接着したひずみゲージ



はり模型Ⅱ内で両端からの距離が異なって往復する曲げ波と入力棒内の縦波とが干渉し、衝撃力の主要部分で4~5個のピークを持つかなり複雑な波形となる。

3. 実験結果と考察

図-5, 6にそれぞれはり模型Ⅰ, Ⅱに対する動光弾性写真を示す。各写真の時刻は、はりへ衝撃力が作用し始めた時間からの値(μs)である。図-5の縞模様から判断すると、固定端からスパンの2/3の距離までは上下縁で最大の縞次数となり、曲げモーメントの卓越が示され、衝撃点から約1.5cm左の断面で零、はり高中央で最大の縞次数が現れ、せん断力の卓越が示されている。

また、き裂進展開始時には移動端の逆L型金具とはり端との接着面の一部の分離を示す縞模様があり、移動端にたわみ角が生じている。

図-5では1330 μs ~1370 μs でき裂が開始し、モードⅠのき裂がはり軸直角方向に進展するが、はり高中央に近づくときせん断応力が卓越するため複合モードとなり、固定端側に向かって緩やかに曲進する。また、き裂進展開始からはり高中央付近まではき裂進展速度が増加する。また、図-6では、960 μs ~980 μs でき裂が発生し、980

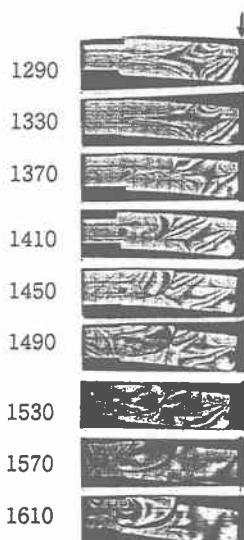


図-5 はり模型Ⅰ

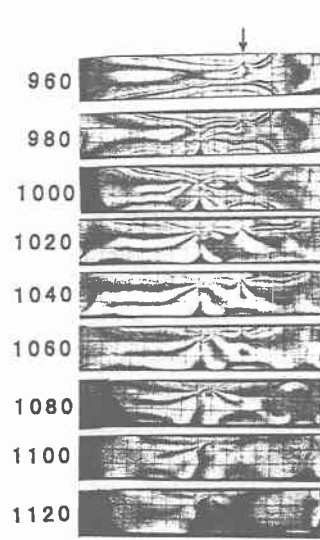


図-6 はり模型Ⅱ

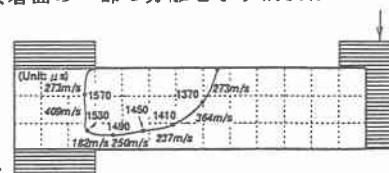


図-7 き裂進展図(はり模型Ⅰ)

μs ~1040 μs までは衝撃点方向に緩やかに曲進し、1060 μs からS字状に破断する。き裂開始時はスパン全体が下に凸の曲げ応力状態だが、衝撃点側の曲げ応力が若干大きい。その後き裂が進展するにつれ、はり内の応力はスパン中央右側から解放される。1060 μs でき裂が衝撃点側に急激に曲がり、はり中立軸とほぼ平行に進展し明らかにモードⅡが卓越した状態である。図-7にはり模型Ⅰのき裂進展と進展速度の図を示す。

4. はり模型Ⅱの解析

図-5に、はり模型Ⅱのスパンの1/3点と、スパンの中央を衝撃した場合の応力拡大係数を示す。前者は、はりのスパンに対して対称な衝撃であり、左右の支点からの反射曲げ波が同時にスパン中央で重なり合うので、応力拡大係数は局所的に明瞭で大きなピークを形成しながら増加するが、後者は、衝撃点から両支点までの距離が異なるため、反射曲げ波が重なり合う断面が一定しない。そのため、前者の応力拡大係数は後者のように局所的なピークが大きくなり、実験的にき裂開始に再現性が得られにくい原因となる。

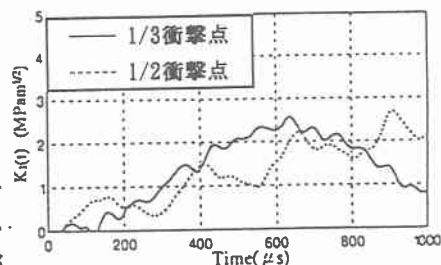


図-8 切欠き先端の応力拡大係数

5. まとめ

- (1) はりが複合モードで破壊する2種類の実験を行ったが、共にき裂開始時は、はり縁の曲げ応力によるモードⅠでき裂が進展し、き裂進展に伴うはり高中央部のせん断応力による複合モードでき裂が曲進する。
- (2) 十分な大きな衝撃力を与えたはり模型Ⅰの場合、破壊き裂のパターンに再現性が得られやすいが、はりがやっと破壊する衝撃力を与えたはり模型Ⅱの場合、曲げ波の伝播と反射によって支配される応力拡大係数の変化が、スパン中央を衝撃した場合に比べ滑らかである。実験での破壊開始時刻に再現性が得られにくい。