

個別要素法を用いた構造部材の衝撃挙動解析

○金沢大学大学院 学生員 中田 吉彦
 金沢大学工学部 正会員 榎谷 浩
 金沢大学工学部 正会員 梶川 康男
 金沢大学工学部 W.Radomski

1. まえがき 土木構造物に衝撃荷重が作用する問題, 例えば落石防護工への落石の衝突, あるいは海洋構造物への船舶の衝突などの問題等があげられるが, 現象自体が一般に静的な場合と大きく異なるため, それらの現象解明において今なお多くの問題を残している. そこで著者らは, 衝撃破壊の問題を比較的簡単に扱える解析手法として, 粒状体などの不連続体の解析に有効である個別要素法¹⁾を用い, その連続体衝撃問題への適用性について検討を行ってきた²⁾. 本報告は, この解析法をさらにはりの横衝撃問題に発展させ, その適用方法の有効性について示したものである.

2. 横衝撃問題への適用

(1) 解析方法 ここでは, 横衝撃を受けるはりについて個別要素法を適用してみることにする. 解析対象としたはり, 図-1に示す長さ180cmで高さ20cm, 奥行き15cmの単純はりであり, 中央に集中荷重が作用するものとした. 解析においては, $k_n = EA/2r$, $k_s = k_n/2(1+\nu)$ を, それぞれ法線方向, 接線方向ばね定数とし, これらを基準ばね定数とする. ここに, r は円筒要素半径, A は円筒要素の投影面積($=2rd$), d は円筒要素の長さ, ν はポアソン比である.

(2) 解析結果

(a) 要素分割の影響 図-2は, 単純はりのスパン中央に図-3のようなステップ荷重を作用させた場合の, スパン中央点の下縁変位を時間変化ごとに示したものである. 要素半径が異なる5種類の場合について示している. これより, 要素半径が大きい場合, 理論解に比べ応答変位は小さく, 周期も短くなっているが, 要素半径をある程度小さくして, 要素数が多くなると理論解に収束している. 横衝撃のシミュレーションを行なう場合には, はり高方向に20近くの要素分割が必要ながわかる. そこで, 要素分割が粗い場合の適用について次のようなばね定数の使用を検討してみることにする.

$$k_n' = \alpha k_n \quad (1)$$

$$k_s' = \alpha k_s \quad (2)$$

ここに, α は要素分割に関する修正係数である. 図-4は, 試行錯誤法により求めた要素分割に関する修正係数 α とそれらの修正係数を用いた解析結果を示したものである. これより, 比較的粗い要素分割の場合であってもこの修正係数 α を用いれば, よい精度で横衝撃を受けるはりの挙動を解

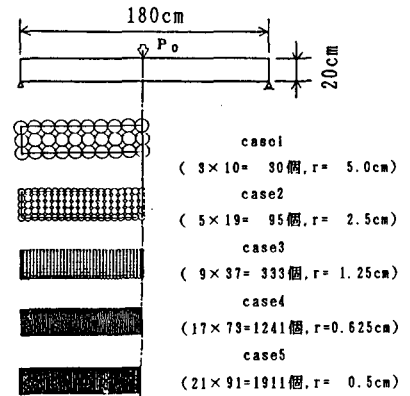


図-1 解析に用いた横衝撃を受けるはりと要素分割

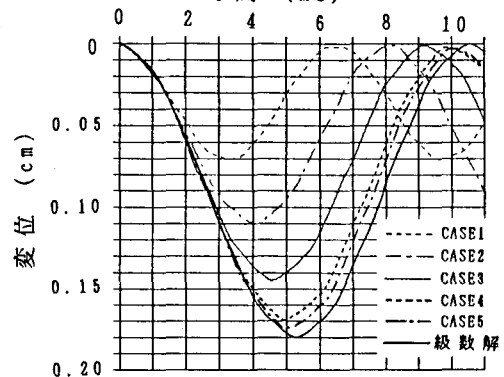


図-2 はりのスパン中央変位の応答曲線

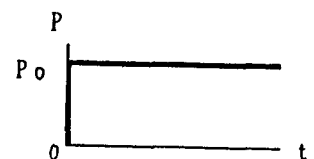


図-3 ステップ荷重

析できることがわかる。また図-5は図-1に示したCASE 3に修正係数 α を用いた場合の変位分布の時間的変化を示したものである。なお、図中のTははりの固有周期である。この図からも本解析による変位曲線は級数理論解とよく一致していることが確認できる。

(b)要素配列方法の影響 個別要素法においては、要素配列の方法がいろいろ可能であるが、以上の議論で使った配列方法以外のものとして最も密な配列を用いた場合について、上述の方法と同様に検討した。図-6は、それらの結果の一例を示したものである。なお、図中の配列Aとは以上の議論で用いてきた配列であり、配列Bとは最も密な配列方法である。基準ばね定数をそのまま用いた結果と修正係数を用いた場合のものについて結果を示している。なお、配列Bの場合には、次のようなばね定数を用いている。

$$k_n'' = \beta k_n' = \alpha \beta k_n \quad (3)$$

$$k_s'' = \beta k_s' = \alpha \beta k_s \quad (4)$$

ここで、 β は配列方法に関する修正係数であり、本解析のようなはりの横衝撃問題では $\beta=1.1$ 程度の値を用いればよいことが確認できた。これより、配列方法が異なってもこのような配列形式に関する修正係数を用いれば十分な精度で適用可能なことがわかる。

3. まとめ 横衝撃を受けるはりに用いる場合の要素分割と配列方法の影響を明らかにし、本方法の適用方法とその有効性を示した。また、今後さらに破壊を含む現象に対する適用性についても検討する必要があると考えている。

参考文献 1)木山, 藤村: カンドルの離散剛要素法を用いた岩質粒状体の重力流動の解析, 土木学会論文集, No. 333, pp. 13-46, 1985.5, 2)中田, 榎谷, 梶川: 個別要素法を用いたモルタル棒の縦衝撃解析, 土木学会中部支部講演概要集, I-6, pp. 12-13, 1991.3

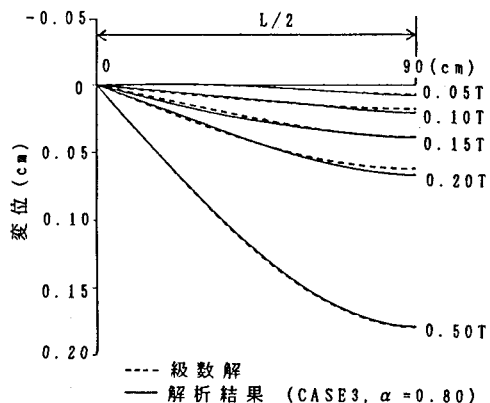
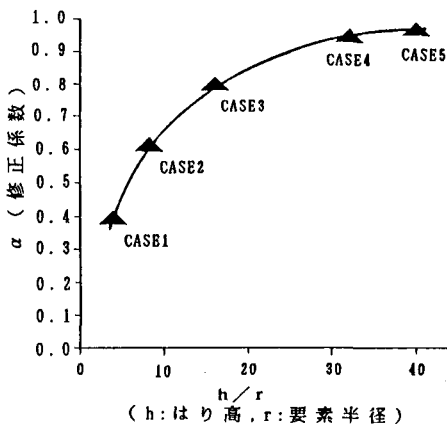
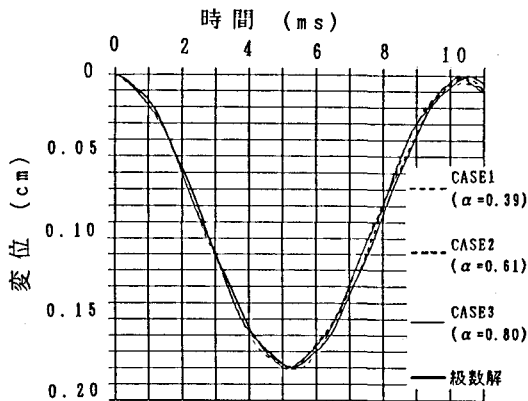


図-5 変位分布の時間変化



(a)要素分割に関する修正係数 α



(b)修正係数 α を用いた変位応答

図-4 修正係数と解析結果

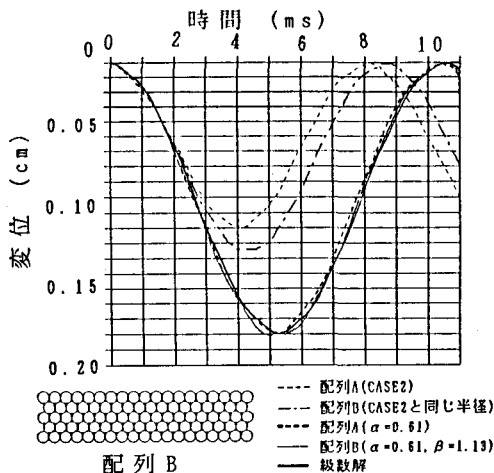


図-6 配列形式が異なる場合の変位応答