

コンクリートはり解析への個別要素法の適用について

金沢大学大学院 学生員 川合 裕二
 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

1. まえがき

個別要素法(Distinct Element Method)は本来、離散体の解析手法の一つである。この方法をコンクリートなどの連続体の解析に適用する場合、要素分割をどの程度にすべきか、また構成部材の破壊基準をどのように表現するなど解明すべき問題は多くある。しかし、大変形が生じ、一部が離散するような衝撃現象に対しては有効な解析法の1つである。本研究では、要素分割数の変化による解析結果への影響を調べており、ここではその一例を紹介する。

2. 解析方法

解析対象としたコンクリートはりは、図-1に示すように長さ180cm、高さ20cm、奥行き15cmの無筋コンクリート単純はりである。このはりを2次元円筒要素を用いて図に示すような3種類の解析モデル(CASE 1:5段x37列=186個、CASE 2:9段x73列=658個、CASE 3:17段x145列=2466個)を考えた。本解析では、はり中央上部に重錘を配置し、重錘に初速度を与えて重錘がはりに衝突した瞬間より計算を進めた。重錘の衝突条件を表-1に、また解析に用いたはりの材料諸定数は表-2に示すものを用いた。

個別要素法では、要素を剛体とし、要素間の法線方向、接線方向にそれぞればねとダッシュポットを配置し、このばね定数を変化させることでコンクリートの弾性および非弾性的性質を表現している。解析に使ったばね定数は、弾性範囲内においては、

$$K_n = E A / 2 r$$

$$K_s = K_n / 2 (1 + \nu)$$

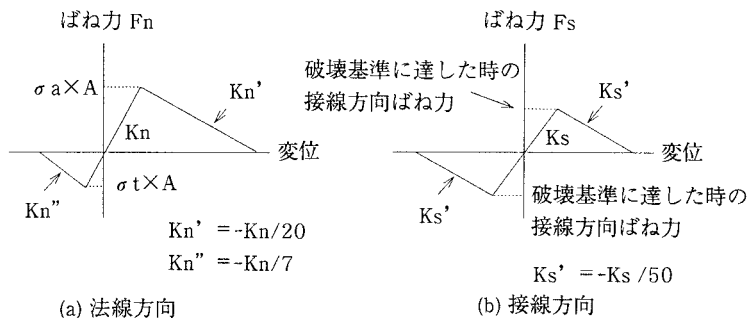


図-2 コンクリートのばね力-変位関係

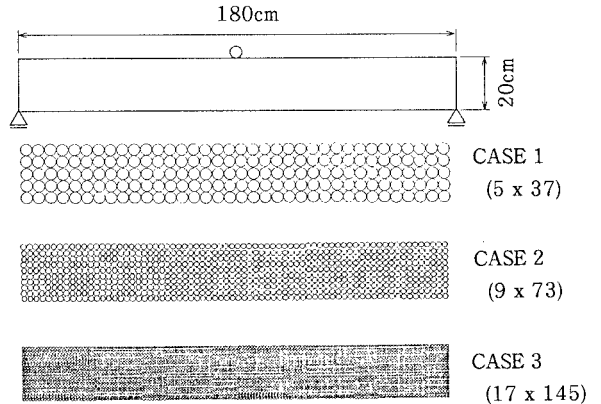


図-1 解析対象としたはりと解析モデル

表-1 重錘の衝突条件

重錘重量	200 kgf
衝突速度	100 cm/s

表-2 材料諸定数

圧縮強度 σ_a	325.0 kgf/cm ²
引張強度 σ_t	25.0 kgf/cm ²
弾性係数 E	2.7×10^5 kgf/cm ²
ポアソン比 ν	0.21
粘着力 C	81.0 kgf/cm ²
内部摩擦角 ϕ	37°
減衰係数 h	0.5

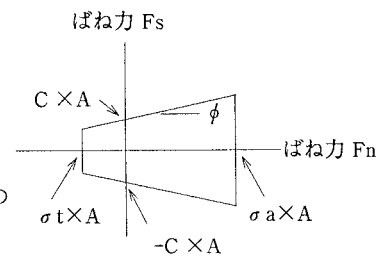


図-3 モール・クーロンの破壊基準

とした。 K_n は法線方向、 K_t は接線方向のばね定数である。ここで r は要素半径、 A は要素の側方投影面積、 ν はポアソン比である。ばねの力-変位関係は、法線方向ばねが図-2 (a) に示すように圧縮または引張の破壊力に達したあと、ばね力が減少していくものとした。接線方向ばねは、図-3 に示すように、せん断滑り開始条件にモール・クーロンの破壊条件を用い、破壊力に達したあと、図-2 (b) に示す通りばね力が減少していくものとした。

3. 解析結果

図-4 は衝撃荷重の応答を示したものである。要素数が多くなると最大衝撃荷重が小さくなり、作用時間が長くなることがわかる。本解析例では重錘要素の大きさを他の要素に一致させているため、要素数が多い場合、衝突付近に力が集中し衝突点付近の破壊が進行したためと考えられる。図-5 は部材中央部最下端要素の変位の応答を示したものである。要素数が多くなると変位が大きくなることがわかる。図-6 は、衝突後 8msec 後のはりの変形図を示したものである。CASE 1 では、はりの破壊状況は図から明確にはわからないが、CASE 2 では中央よりスパン長の 1/4 程度離れた点に比較的大きなひび割れが発生しているのが確認できる。また CASE 3 では重錘衝突地点で局所的に大きな破壊がみられ、また中央からスパン長の 1/4 程度離れた点では、はり上面からのひび割れが生じているのがわかる。

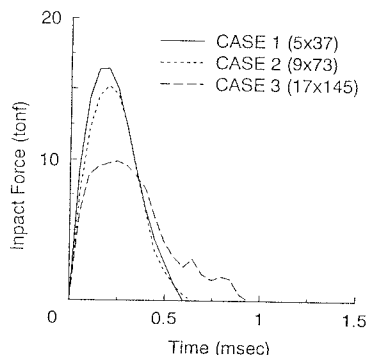


図-4 衝撃荷重の応答

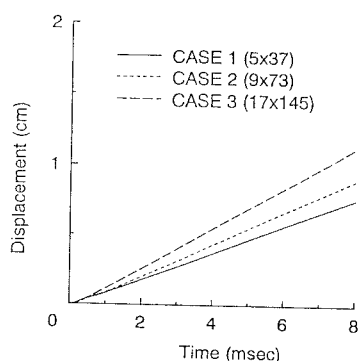


図-5 部材中央変位の応答

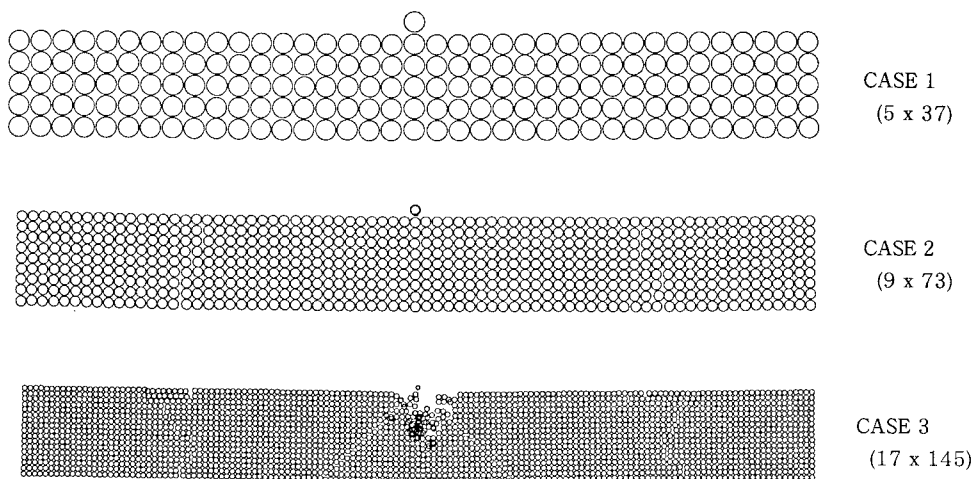


図-6 はりの変形図 (8msec)

4. あとがき

本研究では、重錘のはりへ衝突現象の解析に 2 次元の個別要素法を用い、要素分割数による解析結果への影響の一例を紹介した。現在個別要素法を用いてコンクリートばりの衝撃破壊現象を精度よく再現できる段階に至っているわけではない。今後、いろいろな点でさらに検討を加えていきたい。