

I-673 個別要素法の適用によるRCばりの衝撃挙動解析

金沢大学大学院 学 玉村 茂樹
 金沢大学工学部 正 榎谷 浩
 金沢大学工学部 正 梶川 康男

1. まえがき

鉄筋コンクリートは土木構造物に広く使用されているが、近年になって衝撃荷重が作用する問題、具体的には落石防護工への落石の衝突や海洋構造物への船舶の衝突などがあげられる。しかし、現象が静的な場合と大きく異なるためその現象解明におお多くの問題を残している。そこで本報告では、衝撃破壊の問題に有効である個別要素の連続体衝撃問題への適用を試みた。解析の対象は、RCばり、さらには補強材によって増厚されたRCばりとした。補強材としてはアクリル樹脂コンクリートを用いた。アクリル樹脂（以下MMAと略す）とは、引張強度や伸び性能が高く耐衝撃性の大きな材料となることが予想される素材である。

2. 解析モデル

解析対象としたはりとは、図-1の様にスパン長180cmで高さ20cm、奥行き15cmの複鉄筋矩形はりで補強高さは2cmである。また、解析モデルは半径1.25cmの粒状剛要素を正方形に配置し、上側補強の場合上面から1層目をMMAコンクリート、黒く塗りつぶした部分を鉄筋の要素とした。

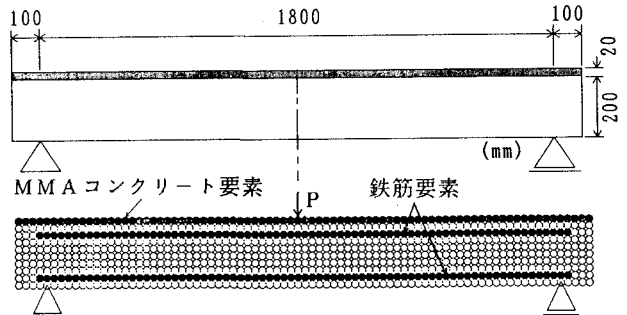


図-1 解析対象はりと解析モデル

3. 解析条件

図-2に解析に用いた個別要素法プログラムのフローチャートを示す。入力荷重として、図-3による荷重を供試体中央部に与えた。コンクリート、鉄筋およびMMAコンクリートのばね定数は、それぞれの材料諸定数（表-1）より法線方向ばね定数 K_n は

$$K_n = \alpha EA / 2r$$

接線方向ばね定数 K_s は

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

とした。ここで r は要素半径、 A は円筒要素の投影面積、 ν はポアソン比、 α は著者らが提案した要素分割に関する修正係数である¹⁾。

コンクリート及びMMAコンク

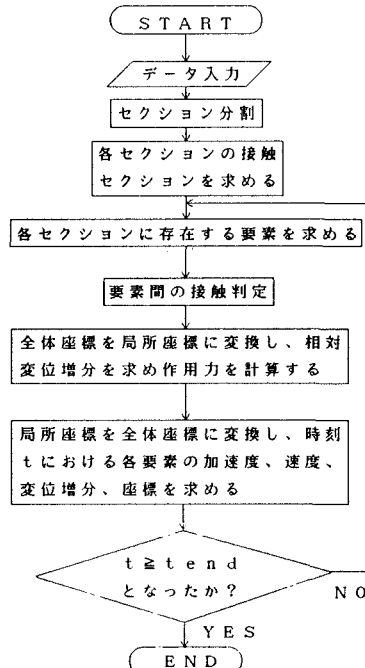


図-2 計算のフローチャート

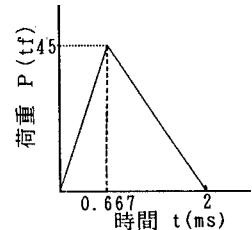


図-3 解析に用いる入力荷重

表-1 材料諸定数

コンクリート		
圧縮強度	(kgf/cm ²)	325.0
引張強度	(kgf/cm ²)	23.6
弾性係数	(kgf/cm ²)	2.85×10^5
ポアソン比		0.21
粘着力	(kgf/cm ²)	81.0
内部摩擦角		37°
減衰定数		0
鉄筋		
降伏応力	(kgf/cm ²)	4354.1
弾性係数	(kgf/cm ²)	2.10×10^6
ポアソン比		0.30
アクリル樹脂コンクリート		
圧縮強度	(kgf/cm ²)	233.0
引張強度	(kgf/cm ²)	173.0
弾性係数	(kgf/cm ²)	5.00×10^3
ポアソン比		0.40

リートの破壊基準として、法線方向ばね力については、それぞれの圧縮強度に達した後はばね力の増加はないものとし、引張特性については引張強度に達した後、破断するものと仮定した。なお、接線方向ばね力についてはモール・クーロンの条件を採用している。

鉄筋の破壊基準として、法線方向ばね力については引張降伏および圧縮降伏を考慮して、降伏応力に達した後はばね力の増加はないものとした。また、接線方向ばね力についても法線方向ばね力と同様にせん断の降伏応力に達した後はばね力の増加はないものとした。

4. 解析結果

(1) ひびわれ発生状況

図-4に上側補強、下側補強および補強なしコンクリートについて、荷重載荷から3msと4ms後のひびわれ発生状況を示す。上側補強および補強なしコンクリートについては、供試体中央部にクラックが発生しているのが確認できるが、下側補強コンクリートについては、破壊の初期の段階では中央部のクラックの発生が拘束されている様子がわかる。また、上側を補強したものは載荷点付近の表面剝離が生じていないことが確認できる。しかし、どの補強においてもせん断型の破壊がかなり卓越して現れている。

(2) 中央変位の時間変化

図-5にそれぞれの補強の供試体について、中央部変位の時間変化を示す。同じ条件のモデル荷重に対して、補強された供試体は上側補強、下側補強のいずれも変位が現れにくくなっている様子がわかる。また、上側補強は下側補強に比べ変位が小さくなっているが、これは先のひびわれ発生状況からMMAコンクリートの上側補強によりはりの上部の破壊の進行が他の供試体に比べ遅いことが関係していると思われる。

5. まとめ

本研究では、補強されたRCばりに衝撃荷重を与え、そのときの破壊形状を個別要素法を用いて、補強の有無および補強箇所の違いによって比較検討した。その結果、補強効果はいずれの補強によっても確認できた。また、ひびわれ発生状況では、上側補強と下側補強との破壊の進展の違いも確認できた。

<参考文献>1) 榎谷浩，中田吉彦：個別要素法の衝撃問題への適用に関する一考察，構造工学論文集，Vol.38A，pp.1477-1487，1992年3月。

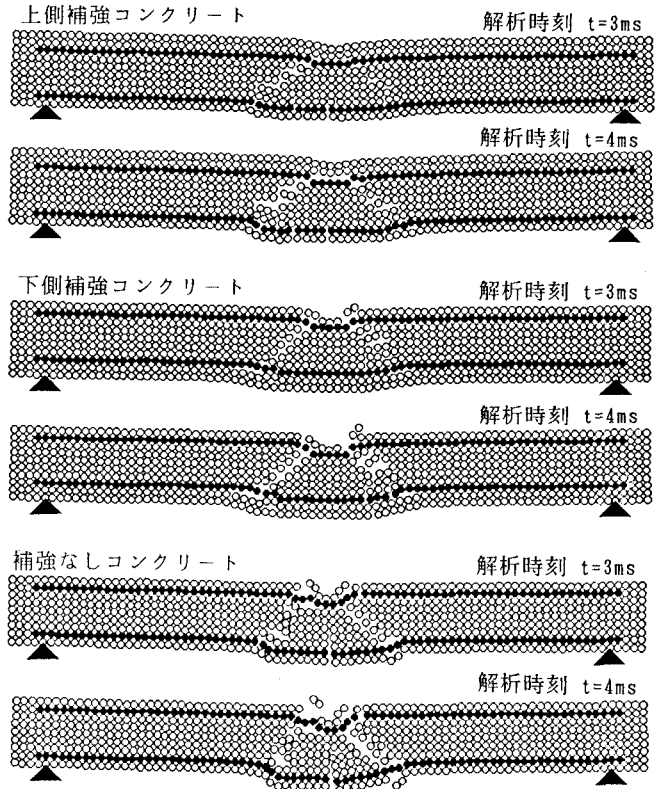


図-4 ひびわれ発生状況

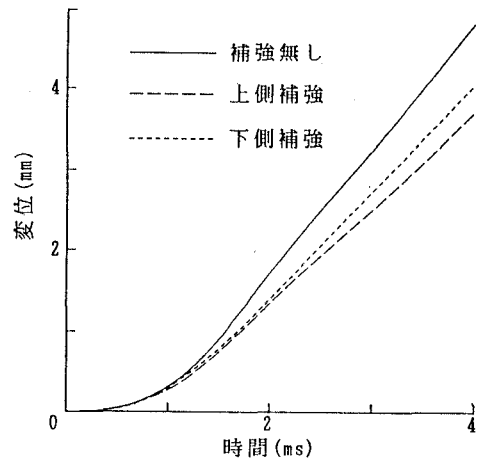


図-5 中央変位の時間変化