

I-B 146 AFRP ロッドを用いた RC 梁の弾塑性衝撃応答解析

千葉県 正 員 長谷川康司
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 三井建設 正 員 三上 浩
 室蘭工業大学 正 員 松岡 健一

1. はじめに

著者等はこれまで重錘落下式衝撃実験装置を用いて、補強筋として丸鋼、異形鉄筋、AFRPロッド、CFRPロッド等を用いた RC梁の耐衝撃性に関する実験的研究を行ってきた。RC 梁等コンクリート構造部材の耐衝撃挙動を解明するためには実験研究はもとより、簡易な弾塑性衝撃応答解析手法を確立し、実験、数値解析の両面から研究を推進することが得策であるものと考えられる。

本研究では、著者等が過去に行った AFRPロッドを補強筋とする RC 梁の実験結果を対象として、主に応答変位波形に着目して検討を行った。なお、本解析では減衰項は考慮しているが、より単純化した形で検討することを前提としているため、材料定数は静的な材料物性を採用し、構成材料の高速载荷による歪速度効果は無視している。

2. 実験概要

本研究において対象とした RC 梁は図-1に示すような幅 15 cm、梁高 24 cm、純スパン 200 cm の複筋矩形梁である。本実験では支点部のリバウンドを防止するために、RC梁の両端面から 25 cm の位置で鋼製の治具を用いて梁の上下を固定している。治具全体は RC 梁の回転を許容し、ピン支持に近い構造となっている。衝撃荷重はピン支持

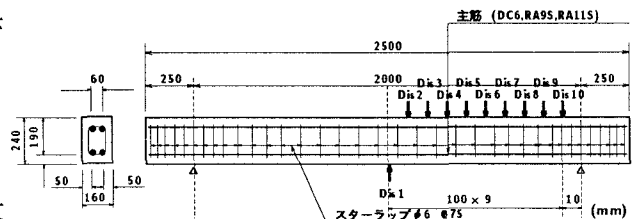


図-1 供試体の形状寸法と配筋および測定位置

された RC 梁のスパン中央部に重量が 200 kgf、直径 15 cm の重錘を所定の高さから自由落下させることによって载荷している。各 RC 梁に対する重錘落下による载荷は、繰り返し落下実験を行い、破壊に至った最終载荷速度を確認の後、その最終载荷速度で単一に载荷することとした。本研究で数値解析の対象とした実験結果は表-1に示すような補強筋比の異なる 3 ケースで、最終载荷速度で単一に载荷したものである。尚、各 RC 梁に用いている補強筋の材質はアラミド繊維を用いた砂付き AFRPロッドで、その力学的特性は密度 1.30 g/cm³、弾性係数 0.70×10^6 kgf/cm²、最大弾性伸び歪 2.0 % である。

表-1 解析ケースの一覧

解析 ケース	補強筋 径	補強筋比 本数 (%)	载荷速度 (m/sec)
RA9-2	RA9	2 0.42	6
RA11-2	RA11	2 0.56	6
D0-2	D6	2 0.00	3

3. 解析仮定

3.1 RC梁のモデル化

本解析に用いた衝撃応答解析用汎用プログラム LS-DYNA3D は、衝突時の速度を衝突体に与えることにより衝突体と被衝突体の一体解析が可能である。ここでは、図-1に示すように RC 梁が二軸対称であることより、支点の境界条件を実験状態に合わせて跳ね上がり防止用の治具を介してピン支持とし、自由端部を含めた四半分を解析断面とした。また、重錘については、先端形状が実物と同一で、直径が 15 cm、長さが 144.2 cm、重量が 200 kgf の円柱体にモデル化し、要素分割を行っている。図-2に RC 梁と重錘の要素分割図を示している。要素分割はコンクリートおよび補強筋、重錘の要素には三次元固体要素を用いている。また、スターラップ (φ6) は他の要素に比較して小さく数値計算時間に大きな影響を与えることより、剛性、断面

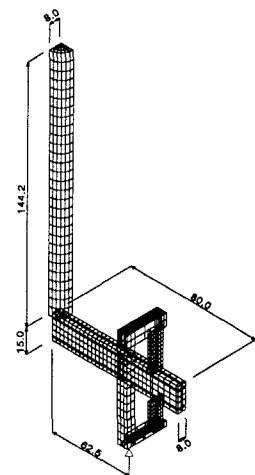


図-2 要素分割図

積、重量が等価な梁要素にモデル化している。全要素数、全節点数は全ての RC 梁に対してそれぞれ 1483、2322 である。全数値解析時間は実験結果と長期的な変形状態について比較検討するため 160 msec までとしている。

3.2 物性モデル

本数値解析では、コンクリートや補強筋に対する弾塑性モデルとして DYNA3D にあらかじめ組み込まれているモデルを用いることとした。すなわち、コンクリート要素には引張による破壊を考慮した土質体・クラッシュモデルを用いている。このモデルは、圧力がカットオフ値に達すると要素が破壊したとみなされ引張応力を伝達しないようになっている。また、降伏の判定は Von Mises の条件に従うこととしている。また、補強筋の要素についても、コンクリート要素と同様のモデルを用いている。

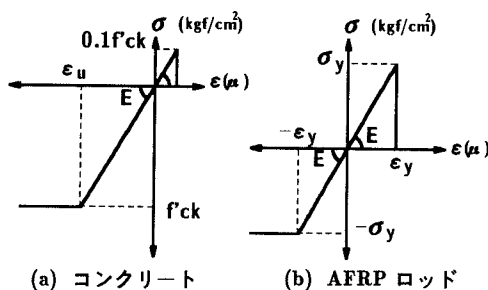


図-3 数値解析に用いた応力-歪曲線

数値解析に用いたコンクリートおよび補強筋の応力-歪曲線を図-4に示している。コンクリートは一軸圧縮試験結果に基づきバイリニア型にモデル化した。また、引張破壊応力は降伏応力の 1/10 と仮定した。また、補強筋に関しても同様に土質体・クラッシュモデルを用い、材料定数は弾性係数 $E = 0.7 \times 10^6$ kgf/cm²、降伏応力、引張破壊応力ともに 14000 kgf/cm² を用いることとした。

4. 数値解析結果と実験値との比較

図-7は補強筋比の異なる RC 梁各点の重錘落下速度が破壊に至る最終載荷速度時の

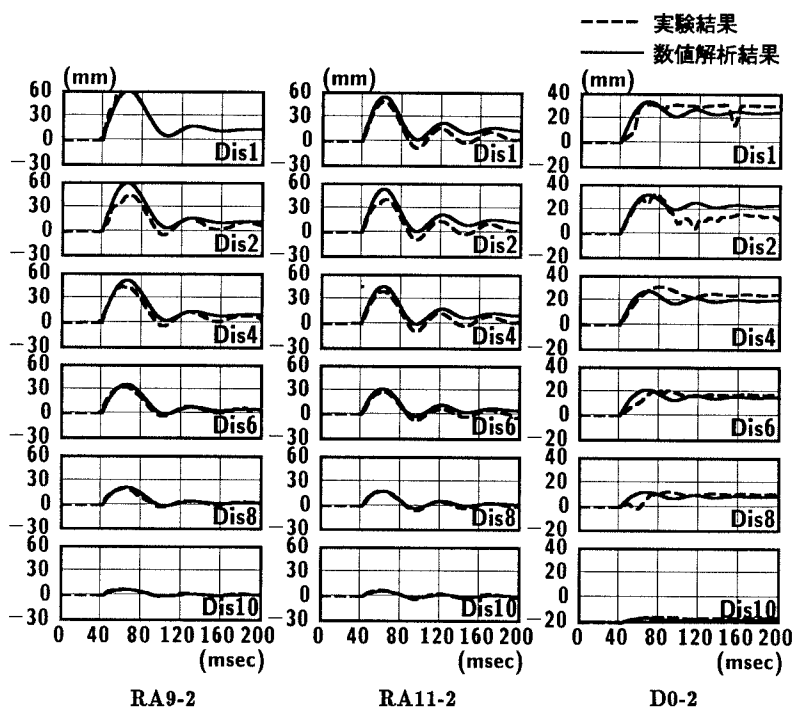


図-4 応答変位波形に関する数値解析結果と実験結果との比較

変位応答波形について、実験結果と数値解析結果を比較して示している。図より、実験結果は RA9-2、RA11-2、D0-2 とも波動の立ち上がりから最大応答値に達し、その後除荷され変位が残留している。AFRP ロッドで補強された梁は最大応答値に達した後ある程度復元しているが無補強に近い D0-2 の場合には復元の程度が小さく残留変位が大きいことがわかる。数値解析結果は実験結果と類似した波動性状を示しており、除荷後の振動性状も含め実験結果とよく対応していることがわかる。

5. まとめ

検討結果、本解析結果は実験結果で得られた変位波形と類似の応答波形を得ることが明らかとなった。今後、補強筋の特性が異なる場合や断面形状の異なる RC 梁についての検討も行い、より精度の高い RC 梁の弾塑性解析手法を確立したいと考えている。

参考文献

- 1) Hallquist, J.O.: LS-DYNA3D User's Manual, Livermore Software Technology Corporation, 1993.9.