

RC 梁の弾塑性衝撃応答解析

室蘭工業大学 学生員 長谷川康司
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 三井建設(株) 正 員 三上 浩
 開発土木研究所 正 員 佐藤 昌志

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異形鉄筋を補強筋とする 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。尚、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、構成材料の高速載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 10 cm、梁高 15 cm、純スパン 125 cm の矩形梁である。補強筋には SD295 D10 を用いている。解析に用いた実験ケースは弾性状態から損傷程度の大きい状態までを検討するため、単一載荷状態で載荷速度が $v=2\text{m/sec}$ 、 $v=3\text{m/sec}$ 、 $v=4\text{m/sec}$ の場合である。本実験では、RC 梁は

載荷速度 $v=4\text{m/sec}$ で破壊に至っている。実験時のコンクリートの物性値は強度が $f'_{ck}=439\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数が $E_c=2.83 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ 、ポアソン比が $\nu_c=0.2$ である。図-1 に実験時における変位の測定位置を示している。

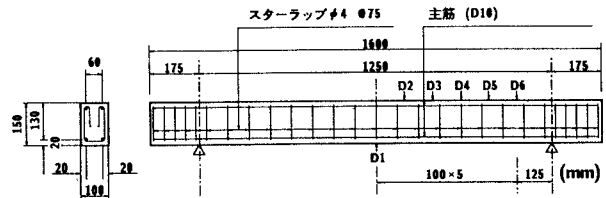


図-1 供試体の形状寸法と配筋および測定位置

3. 解析仮定

3.1 RC梁のモデル化

解析に用いた衝撃解析用汎用プログラム LS-DYNA3D は、衝突体に衝突時の速度を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。RC 梁が二軸対称であることより、ここでは自由端部を含めた四半分を解析断面と仮定した。また、重錘は重量 200 kgf、実寸が直径 15 cm、長さ 161 cm で上部が直方体、下部が円柱体となっているが、本解析では直径 15 cm、長さ 10 cm、で同じ重量の円柱体にモデル化し、要素分割している。図-2 に RC 梁と重錘の要素分割図を示している。尚、コンクリートおよび主筋(D10)、重錘は三次元固体要素を、また、スターラップ($\phi 4$)は梁要素にモデル化している。全分割数は 844 である。減衰定数は、各載荷速度について検討を行った結果、減衰定数 $h=0.05$ とした。

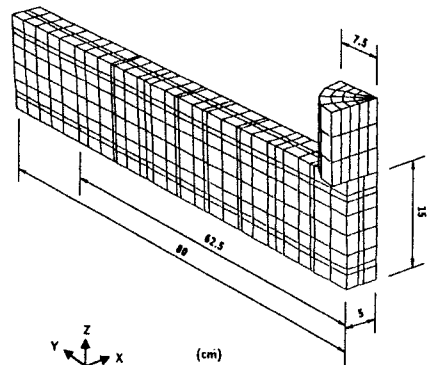


図-2 要素分割図

3.2 物性モデル

本解析では LS-DYNA3D にあらかじめ組み込まれている材料モデルを用いることにした。コンクリートは引張による破壊を考慮した土質体・クラッシュブルモデルを用いて評価している。このモデルは、引張側の圧力がカットオ

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。カットオフ値は降伏応力の1/10と仮定した。また、降伏の判定は Von Mises の条件に従うものとしている。異形鉄筋は、降伏後の硬化係数 H' を考慮した等方弾塑性体モデルを用いて評価している。材料定数は規格値に基づいた値を採用し、引張側、圧縮側とも弾性係数 $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、降伏後の硬化係数を $H' = 0.7 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定している。各材料の応力-歪曲線を図-3に示している。

4. 解析結果と実験値との比較

図-4はRC梁各点の変位応答波形について、実験結果と解析結果を比較して示している。尚、図中各載荷速度における点D1の実験結果は

変位計の設置不良により途中より正確な波形を与えていない。実験結果は、重錘による衝撃载荷によってRC梁が変形を開始し、最大値に達した後除荷とともにある程度まで復元し、その後残留しているようである。最大値に対する残留の程度は載荷速度が大きいく程大きくなっている。実験結果と解析結果を比較すると、載荷速度 $v=2\text{m/sec}$ の場合には、波動の立ち上がりから除荷時の復元状態まで

のD2～D6における解析結果は実験結果をよく近似していることが分かる。載荷速度 $v=3\text{m/sec}$ 、 $v=4\text{m/sec}$ の場合には、波動の立ち上がりが両者よく一致しているものの、残留変位は解析結果が実験結果より小さく示されているようである。

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 Tecnology Corporation, 1993.9.

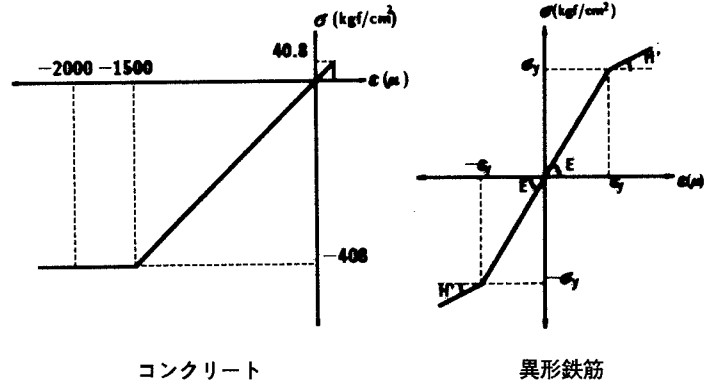


図-3 各材料の応力-歪曲線

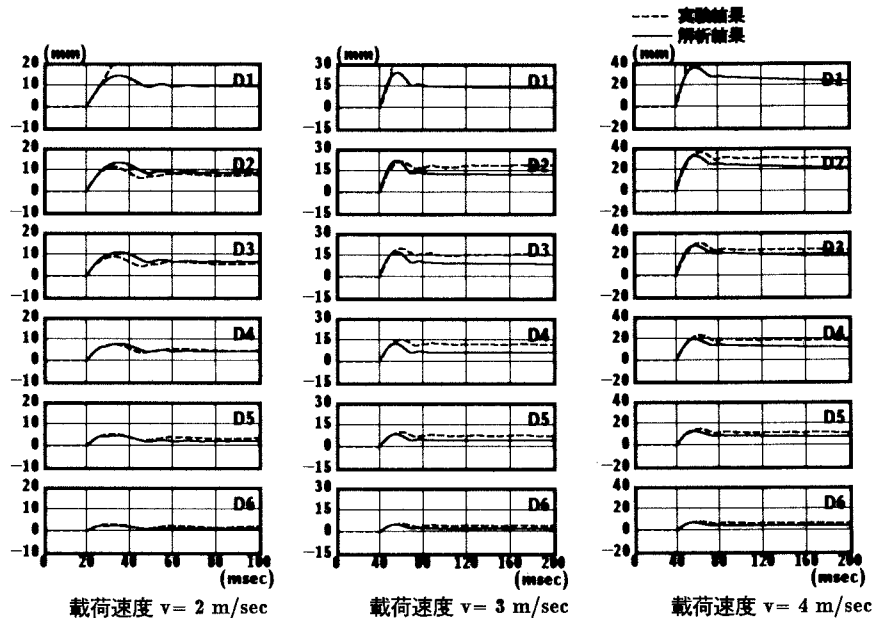


図-4 応答変位波形