

## 鉄筋コンクリート梁の重錘落下衝撃実験とその解析的評価

防衛大学校 学生会員 萩島 圭太  
 防衛大学校 学生会員 増田 佳代  
 防衛大学校 正会員 藤掛 一典

### 1. はじめに

近年、車両、船舶、航空機などの衝突、落石、爆破などの衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリート(以下 RC)構造物に対する合理的な安全性の検討方法の開発が望まれている。既に福田ら<sup>1)</sup>は重錘落下衝突を受ける RC 梁の衝撃応答を 2 質点モデルにより求める解析法を提案しているが、広範囲な適用性に関する検討を行うには至っていない。そこで本研究では、RC 梁の鉄筋比ならびに重錘の衝突速度をパラメータとする RC 梁の重錘衝撃載荷実験を行い、実験パラメータが最大衝撃荷重や最大応答変位に及ぼす影響を調べるとともに福田らによって提案された解析法の適用性に関する検討を行った。

### 2. 重錘衝撃載荷実験

図-1 に、本実験で用いた RC 梁試験体の断面形状・寸法を示す。軸方向鉄筋には SD345 を使用し、軸方向鉄筋径の異なる 3 種類の試験体(I1616, I1322, I2222)を用いた。コンクリートの静的圧縮強度は  $f'_c=42.0$  MPa である。なお、本試験体にはせん断耐力が曲げ耐力を上回るように十分な量のせん断補強筋(D10 鉄筋を 75mm ピッチ)を配置した。本実験では重錘落下衝撃載荷試験装置を用い、図-2 に示すように支間長 1400mm で単純支持された試験体の中央部に質量 400kg の重錘を所定の落下高さ(I1616 試験体では 0.15, 0.3, 0.6, 1.2m, I1322 および I2222 試験体では 0.3, 0.6, 1.2, 2.4m)から自由落下させて衝突させた。衝撃載荷実験では、重錘先端に取り付けたロードセルによって衝撃荷重を、レーザー式変位計によって梁中央部の変形をそれぞれ計測した。

図-3 に落下高さ 1.2m で得られた各試験体の破壊状況を示す。I1616 試験体の場合、すべての落下高さケースにおいて RC 梁全体に渡る曲げ破壊(図-3(a)参照)のみが生じた。一方、I1322 および I2222 試験体では、落下高さが 0.6m 以下の場合には曲げ破壊のみが生じるものの、落下高さが 1.2m 以上になると曲げ破壊のみならず載荷点近傍のコンクリートが圧壊する局所的な破壊(図-3(b),(c)参照)が顕著となった。局所的な破壊は配置した圧縮鉄筋径の小さな I1322 試験体の方が I2222 試験体よりも広範囲に及ぶ傾向がみられた。したがって、圧縮鉄筋量を増やすとある程度局所的な破壊を抑制する効果が期待できると考えられる。

### 3. 解析モデルの適用性に関する検討(実験結果と解析結果の比較)

福田ら<sup>1)</sup>は重錘衝突を受ける RC 梁の衝撃応答を図-4 に示す 2 質点系モデルによって解析する手法を提案している。このモデルは衝撃現象における衝突点近傍の局所的な応答ならびに梁の全体応答を最小の自由度でモデル化したものである。ここで、 $M_1$  は梁の等価質量、 $M_2$  は重錘質量、 $k_1$  は RC 梁の復元力特性、 $k_2$  は重錘と RC 梁の衝突点における局部応答を表す接触ばね定数、 $c_1 \cdot c_2$  は減衰係数をそれぞれ表す。

本実験結果との比較を行うための衝撃解析に用いる RC 梁の復元力特性( $k_1$ )には、載荷速度の影響を考慮した非線形解析<sup>2)</sup>により得られた荷重 - RC 梁中央部の変位関係に基づき図-5 に示す関係を適用した。接触ばね定数は Hertz の接触理論による計算結果に基づき概ね等価な線形弾性( $k_2=240,000$  kN/m)を仮定した。また、減衰係数は  $c_1=0.0$  (kN.sec/m)  $c_2=120.0$  (kN.sec/m)とした。衝撃実験ならびに解析で得られた RC 梁中央部の最大応答変位ならびに最大衝撃荷重と落下高さの関係をそれぞれ図-6、図-7 に示す。I1616 試験体においては最大応答変位ならびに最大衝撃荷重の両方に関して実験と解析結果は良い一致をしている。一方、I1322 および I2222 試験体の最大応答変位に関しては落下高さ 1.2m 程度までは解析と実験結果は良い一致をしているが、落下高さ 2.4m では解析と実験結果は異なっている。また、I1322 および I2222 試験体の最大衝撃荷重に関しては、落下高さ 0.6m までは解析と実験結果は良い一致をするものの落下高さが 1.2m 以上になると解析と実験結果には開きが見られる。これらのことから、福田らによって提案された 2 質点モデルによる衝撃応答解析法は RC 梁が曲げ破壊のみを呈する場合に適用可能であり、載荷点近傍の局所的な破壊が顕著となる場合にはさらなる検討が必要であると考えられる。

キーワード 重錘落下衝撃載荷実験, 鉄筋コンクリート梁, 衝撃解析, 衝撃荷重, 最大応答変位

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810 E-mail: s51472@ed.nda.ac.jp

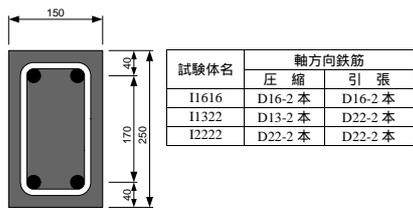


図-1 RC梁の断面

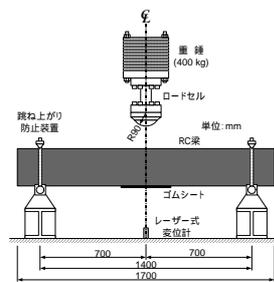


図-2 重錘落下衝撃載荷実験



(a) I1616 試験体

(b) I1322 試験体

(c) I2222 試験体

図-3 試験体の破壊状況(落下高さ 1.2m)

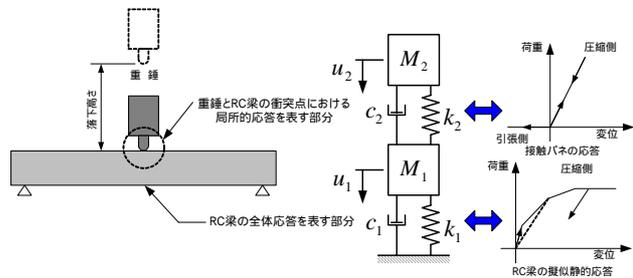


図-4 衝撃応答解析モデル

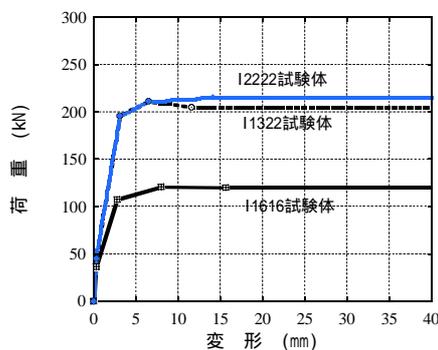
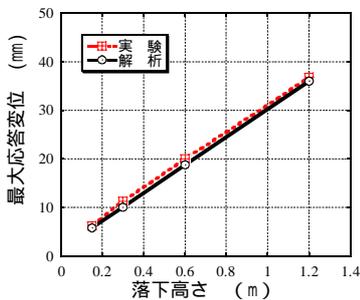
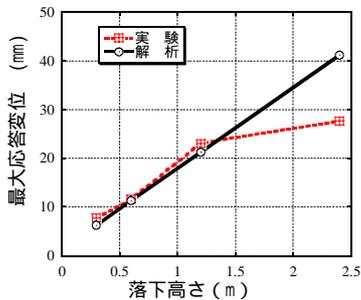


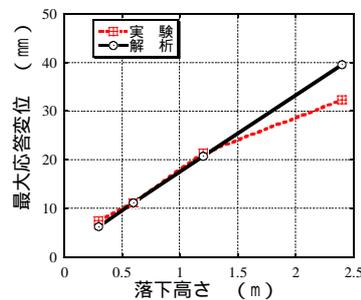
図-5 RC梁の荷重 - 変形関係



(a) I1616 試験体

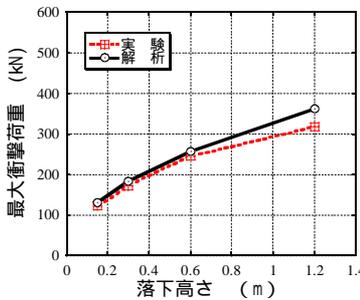


(b) I1322 試験体

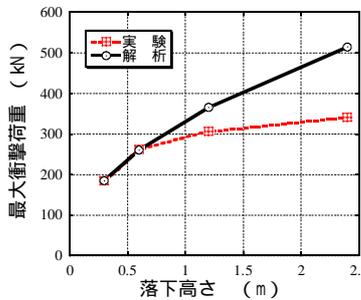


(c) I2222 試験体

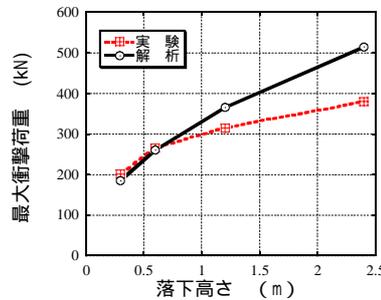
図-6 最大応答変位と落下高さの関係



(a) I1616 試験体



(b) I1322 試験体



(c) I2222 試験体

図-7 最大衝撃荷重と落下高さの関係

参考文献

- 1) 福田ら, 第 33 回土木学会関東支部講演概要集, I-45, 2006.
- 2) 増田ら, 第 34 回土木学会関東支部講演概要集, 2007.