

衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリート梁の設計法に関する一考察

防衛大学校 学生会員 ○福田 貴志
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。そこで本研究では、比較的重量物が低速度で衝突した場合に発生する衝撃荷重に対して曲げ破壊する鉄筋コンクリート梁(以下 RC 梁)を対象として、その耐衝撃設計法を提案するものである。

2. 衝撃応答解析方法

(1) 2 質点系モデルによる衝撃応答解析

衝撃荷重を受ける RC 梁の安全性を合理的に検討するためには、RC 梁の衝撃応答をある程度簡易な方法により適切に求める必要がある。そこで、重錘衝突を受ける RC 梁の衝撃応答を図-1 に示す 2 質点系モデルによって解析する。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 ・ c_2 は減衰係数をそれぞれ表す。

(2) RC 梁の擬似静的な荷重 - 変形解析

2 質点系モデルによる衝撃応答解析を行うためには、図-2 に示すように RC 梁の中央に荷重 P が作用して一定変形速度($\dot{\delta}$)で変形する RC 梁の擬似静的な荷重 - 変位関係をコンクリートや鉄筋のひずみ速度効果を考慮して求める必要がある¹⁾。そこで、まず梁の変形速度と断面の曲率速度($\dot{\phi}$)の間に $\dot{\phi} = 12 \dot{\delta} / L^2$ の関係を仮定して図-3 に示すファイバーモデルによる解析によりひずみ速度効果²⁾を考慮した曲げモーメント - 曲率関係を評価する。次にある作用荷重 P における RC 梁の曲げモーメント分布に対して図-2(d)のように曲率分布を考えることにより梁中央部の変形を計算する。なお、本研究ではコンクリートの応力 - ひずみ関係中の軟化領域における最大圧縮強度の 20%の応力点を終局状態と仮定した。

(3) 適用性の検討

ここでは、土木学会の共通試験結果³⁾を用いて本解析方法の適用性を検討する。共通試験では、複鉄筋断面(幅 150mm, 高さ 250mm, 有効高さ 210mm, 引張・圧縮鉄筋に D13 を 2 本ずつ)を有する RC 梁を用いて、支間 2m で支持された RC 梁の中央部に衝突速度 4m/sec(自由落下高さ約 0.8m)で重錘(質量=300kg)を衝突させている。コンクリートの圧縮強度は 39.2MPa, 鉄筋の降伏強度は 392MPa である。この RC 梁が中央部の変位速度 4m/sec で変形した場合の解析により評価した擬似静的な荷重 - 変形関係を図-4 に示す。この RC 梁中央部の終局変形量は 25.8mm と評価された。衝撃応答解析では、RC 梁の擬似静的な荷重 - 変形関係として図-4 に示す直線で近似したモデルを用い、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($k_2=194,785\text{kN/m}$)を仮定した。また、減衰係数は $c_1=4.2\text{ (kN.sec/m)}$, $c_2=72.0\text{ (kN.sec/m)}$ とした。衝撃試験ならびに解析で得られた衝撃応答を図-5 に示す。解析結果は試験結果と良い一致をしている。この場合の最大応答変位は 35.5mm であり終局変形量を超えていることから安全性に関しては問題視される。

3. 耐衝撃設計方法の適用

土木学会の共通試験を例題として重錘の落下高さを変えて RC 梁中央部の最大応答変位を求めた。その結果を図-6 に示す。本研究では、衝撃応答解析から求まる最大応答変位が終局変位であれば安全と評価する。この RC 梁の終局変形量が 25.8mm であることから、落下高さが 0.5m 以下であれば安全であると評価できる。

4. まとめ

本研究では、ひずみ速度効果を考慮した構成材料の応力 - ひずみ関係を用いて RC 梁の擬似静的な荷重 - 変形関係や終局変形量を求めるとともに 2 質点系でモデル化された衝撃応答解析により最大応答変位を算定し、その値を終局変形量と比較することにより安全性を評価する耐衝撃設計法を提案した。

キーワード 鉄筋コンクリート梁、衝撃荷重、耐衝撃設計法、ひずみ速度効果

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: s50441@nda.ac.jp

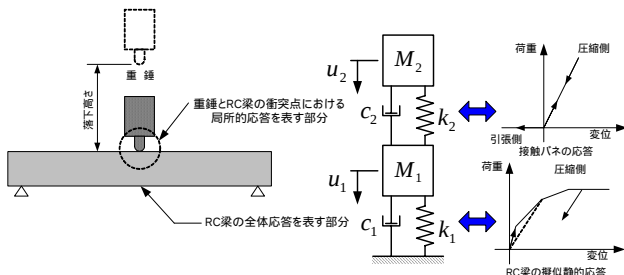


図-1 衝撃応答解析モデル

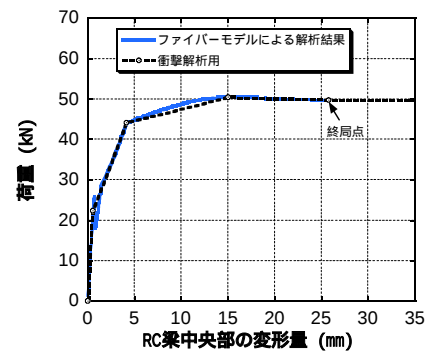


図-4 RC梁の擬似静的な荷重 - 変形関係

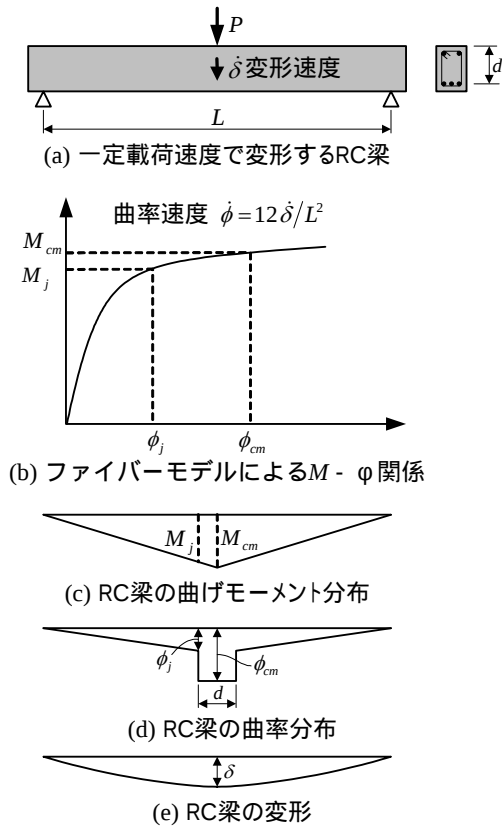
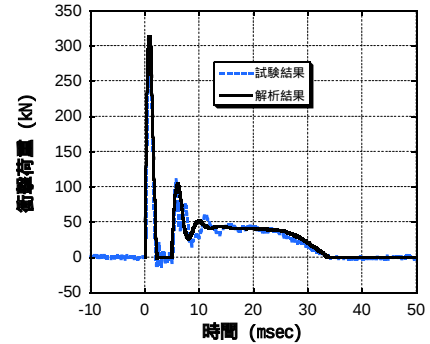
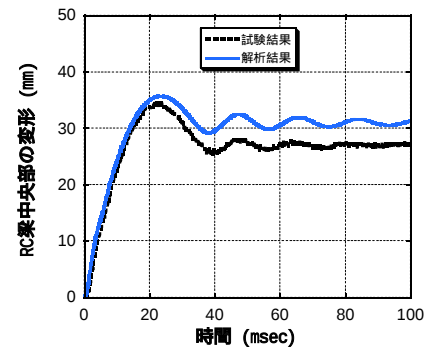


図-2 RC梁の擬似静的解析



(a) 衝撃荷重の時刻歴



(b) 変形の時刻歴

図-5 衝撃応答の時刻歴

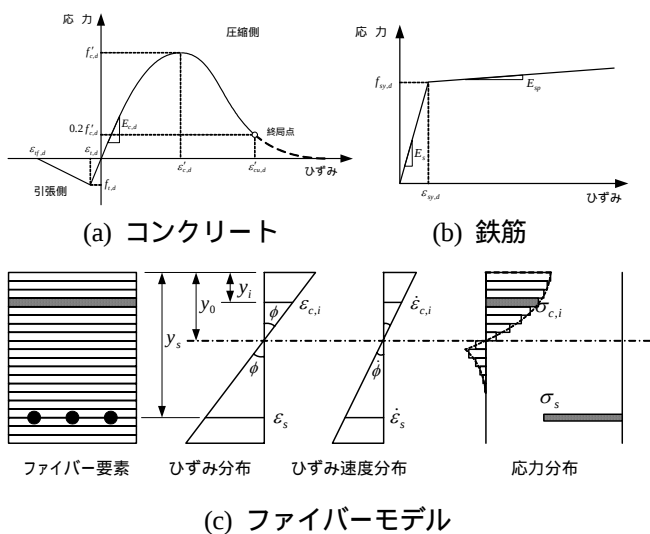


図-3 ひずみ速度効果を考慮した曲げモーメント - 曲率関係の評価方法

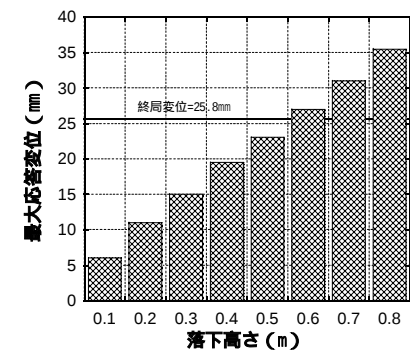


図-6 最大応答変位と落下高さの関係

参考文献

- 1) Fujikake et al., Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.1, 2006.
- 2) 上林他, 土木学会論文集, No.669/V-50, 2001.
- 3) 土木学会: 構造工学シリーズ 15, 2004.