RC 梁の繰り返し重錘落下衝撃挙動に関する数値解析的検討

室蘭工業大学大学院	フェロー	○岸 徳光
三井住友建設(株)	フェロー	三上 浩

1. はじめに

本研究では、梁部材を対象として、繰り返し衝撃荷重 載荷実験が再現可能な解析手法を確立することを目的に、 三次元弾塑性有限要素法に基づいた解析法を提案し、実 験結果との比較によってその妥当性に関する検討を行っ た. なお、本数値解析には、非線形動的応答解析用汎用 コード LS-DYNA (ver. 971)を用いた.

2. 数值解析概要

2.1 RC 梁の概要

解析対象とした RC 梁は,断面寸法(幅×高さ)が200 ×250 mm,純スパン長が3.0 m,軸方向鉄筋として D19 を上下端に2本ずつ配筋した複鉄筋矩形 RC 梁である. スターラップには D10 を用い100 mm 間隔で配筋してい る.実験方法は初期衝突速度および増分衝突速度を1 m/s とした漸増繰り返し載荷により実施している.なお,本 試験体における終局衝突速度は6 m/s であった.

2.2 解析モデルおよび解析条件

図-1には、本数値解析で用いた試験体の要素分割状況 を示している.数値解析モデルはRC梁の対称性を考慮 して梁幅およびスパン方向にそれぞれ2等分した1/4モ デルである.コンクリートと重錘および支点治具の要素 間には、面と面との接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触 面を定義している.また、コンクリートと軸方向鉄筋要 素間には、完全付着を仮定している.衝撃荷重は、重錘 要素をRC梁に接触する形で配置し、その全節点に設定 した衝突速度を初速度として付加することにより作用さ せることとした.減衰項は、質量比例成分のみを考慮し、 梁の最低次固有振動数に対して0.5%と設定している.

2.3 材料物性モデル

コンクリートの応力-ひずみ関係には、圧縮側に関し ては、圧縮ひずみが1,500 μ に達した時点で降伏するバ イリニア型とし、引張側には応力が引張強度に達した時 点で零レベルにカットオフしている。圧縮強度は材料試 験結果に基づき23.7 MPaとし、引張強度は圧縮強度の 1/10と仮定した。 土木研究所寒地土木研究所 正会員 今野久志 土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明



図-1 要素分割状況

係数 E_s の 1 % とするバイリニア型の等方硬化則を適用 している.また,鉄筋の降伏応力は,材料試験結果に基 づき 404 MPa とした.なお,これらの各材料の降伏の判 定には von Mises の降伏条件を採用している.

2.4 繰り返し衝撃荷重載荷時の解析概要

本数値解析では繰り返し衝撃荷重載荷実験を適切に再 現するために、以下の手順で数値解析を実施している.

1) 重錘要素を繰り返し載荷回数分だけ,予めRC梁上 に重複して設置する.2) 一次載荷時に衝突させる重錘要 素に所定の衝突速度を付加し,数値解析を実施する.な お,減衰定数は,鉛直方向最低次固有振動数に対して0.5 %とした.3) 一次載荷時の数値解析終了後,鉛直方向最 低次固有振動数に対する臨界減衰定数を入力して数値解 析を実施し,RC梁を数値解析的に静止させる.同時に一 次載荷時に使用した重錘要素を除去する.4) 二次載荷時 に衝突させる重錘要素に所定の衝突速度を付加し,数値 解析を実施する.なお,減衰定数は,本数値解析では一 次載荷時と同様の値を入力することとした.5)以降n時 載荷終了までは3),4)の手順を繰り返し行う.

3. 実験および数値解析結果

3.1 各種応答波形の比較

10 と仮定した. **図**-2 には,各種応答波形に関する解析結果を実験結 鉄筋の応力-ひずみ関係には,塑性硬化係数 H'を弾性 果と比較し,衝突速度 V = 2, 4, 6 m/s の場合について示

キーワード: RC 梁,繰り返し衝撃載荷,弾塑性衝撃応答解析,累積損傷 連絡先:〒050-8585 室蘭工業大学大学院 工学研究科 くらし環境系領域 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227



図-3 ひび割れ分布図および第一主応力分布図

している.重錘衝撃力波形を見ると,解析結果は衝突直 後の周期が短く振幅の大きい第一波と,周期が長く振幅 の小さい第二波で構成される波形性状をよく再現してい ることが分かる.しかしながら,最大応答値に関しては 実験結果が解析結果を上回る傾向にある.

支点反力波形は,実験および解析結果ともに,重錘衝 突時点より遅れて励起し,かつ低周波の正弦減衰振動成 分と高周波成分が合成された応答波形を示しており,両 者類似した性状を示していることが分かる.

変位波形は,実験結果を見ると,いずれの衝突速度の 場合も衝撃荷重載荷初期に正弦半波状の第1波が励起し た後,減衰自由振動を呈していることが分かる.また, 衝突速度の増加に伴って最大振幅,残留変位成分および 第1波の継続時間が増加する傾向を示している.解析結 果を見ると,V=6m/sの残留変位成分は実験結果と比較 して若干大きく示されているものの,いずれの場合も重 錘衝突後に最大変位を示す第1波目の正弦半波から除荷 後の減衰自由振動波形に至るまで実験結果をほぼ再現し ていることが分かる.

3.2 ひび割れ分布性状

図-3には、最大変位時における第一主応力分布図を実 験終了後のひび割れ分布図と比較して示している.なお、 解析結果は、ひび割れ位置を特定できるように、第一主 応力が零近傍となる要素を緑色として示している.図よ り、実験結果は衝突速度の増加と共に曲げひび割れの発 生範囲が支点に向って進展する傾向にあることが分かる.

一方,解析結果は, V=4 m/s以降に見られるコンク リートの剥落は再現されていないものの,衝突速度の増 加とともに曲げひび割れが進展し,載荷点近傍における 損傷状況も実験結果とよく対応していることが分かる.

4. まとめ

本研究より,提案の手法を用いることによって,繰り 返し重錘落下衝撃荷重載荷を受ける RC 梁の耐衝撃挙動 や累積損傷の程度を高い精度で再現可能であり,本解析 手法を適用することによって,繰り返し衝撃荷重載荷時 の累積損傷度合いや残存耐力評価が実現象に則して適切 に評価できるものと考えられる.