

重錘落下衝撃を受ける扁平 RC 梁の弾塑性衝撃応答解析

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○ 鄭 丹丹 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
 室蘭工業大学大学院 学生会員 瓦井智貴 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本論文ではロックシェッド頂版部等の面部材を模擬・想定した扁平 RC 梁を対象に、三次元弾塑性衝撃応答解析を実施し、別途実施した実験結果と比較することにより、既往の解析手法の妥当性を検討した。

2. 数値解析概要

2.1 試験体概要

図1には、実験に使用した扁平 RC 梁の形状寸法および配筋状況を示している。試験体は断面寸法(梁幅×梁高)が $450 \times 150 \text{ mm}$ の扁平断面を有する複鉄筋 RC 梁であり、純スパン長は $L = 2 \text{ m}$ である。配筋は、一般的なロックシェッドの頂版部を模擬していることより、下端の鉄筋比を 0.75% 程度とし、上端の鉄筋比をその半分程度とした。軸方向鉄筋は D10 および D13 を 4 本ずつ上端および下端に複鉄筋配置し、せん断補強鉄筋には D6 を 125 mm 間隔で配筋している。また、軸方向鉄筋は梁端部に設置した厚さ 9 mm の定着鋼板に溶接定着している。実験は、質量 300 kg 、先端直径 200 mm の鋼製重錘を所定の高さ ($H = 0.5 \text{ m}$, 1.0 m , 1.5 m) から RC 梁のスパン中央部に一回だけ自由落下させる単一載荷法に基づいて行っている。

2.2 解析モデル

図2には、本数値解析に用いた扁平 RC 梁の要素分割状況を示している。対称性を考慮し、梁幅方向およびスパン方向にそれぞれ 2 等分した $1/4$ モデルとした。また、梁軸方向の要素長は 25 mm 程度と設定した。せん断補強鉄筋は 2 節点梁要素、その他の要素は全て 8 節点固体要素を用いてモデル化している。要素の積分点数に関しては、固体要素は 1 点積分、梁要素は 2×2 Gauss 積分とした。

境界条件は、RC 梁の対称切断面において法線方向変位成分を拘束している。支点部においては実験時と同様の支持状態とした。コンクリートと重錘および支点器具間には面と面の接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面を

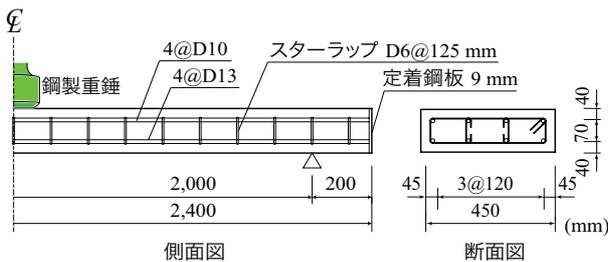


図1 試験体の設置状況

定義した。なお、減衰に関しては質量比例型成分のみを考慮することとし、事前解析を行い鉛直方向最低次固有振動数に対して $h = 1.5\%$ と設定した。衝撃荷重は、重錘の全節点に各落下高さ H に対応した実測衝突速度を付加することにより作用させている。

図3には、コンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係を示している。コンクリートの圧縮強度は 25.2 MPa 、せん断補強鉄筋 D6 および軸方向鉄筋 D10, D13 の降伏強度はそれぞれ 363.1 MPa , 378.5 MPa , 382.8 MPa である。

3. 数値解析結果および考察

3.1 各種時刻歴応答波形

図4には、落下高さ $H = 0.5 \text{ m}$, 1.0 m , 1.5 m における各種時刻歴応答波形を実験結果と比較して示している。まず、図4(a)に示す重錘衝撃力波形に着目すると、実験結果では振幅が大きく継続時間が 2 ms 程度の第1波に振幅が小さい第2波、第3波と後続する性状を示していることが分かる。解析結果も同様の性状を示しているが、第1波の最大応答値は落下高さ H が大きくなるにつれて実験結果よりも小さくなる傾向が見られる。

次に、図4(b)に示す支点反力波形に着目すると、落下高さが $H = 0.5 \text{ m}$, 1.0 m の場合には、支点反力の継続時間が実験結果と概ね一致するものの、全体的には実験結果を過小評価していることが分かる。一方、落下高さ $H = 1.5$

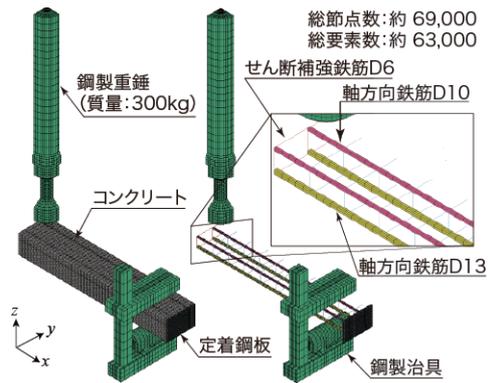


図2 数値解析モデル

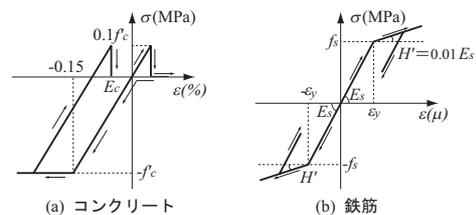


図3 材料構成則

キーワード：扁平 RC 梁，衝撃荷重，有限要素法，弾塑性衝撃応答解析

連絡先：〒 050-8585 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX:0143-46-5228

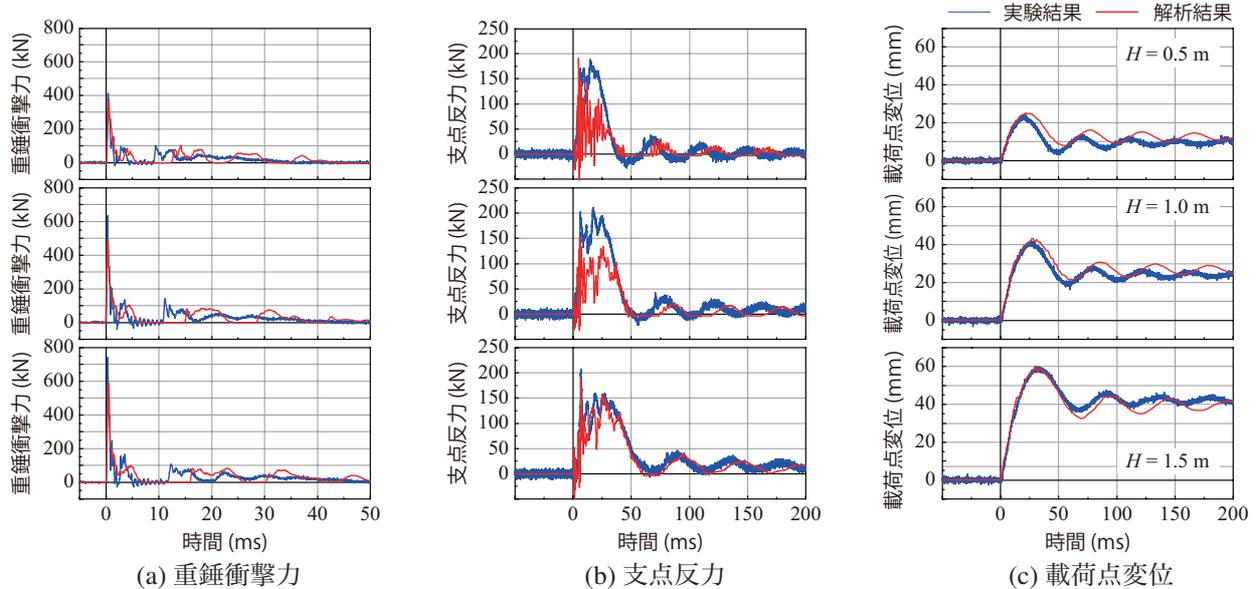


図4 各種時刻歴応答波形

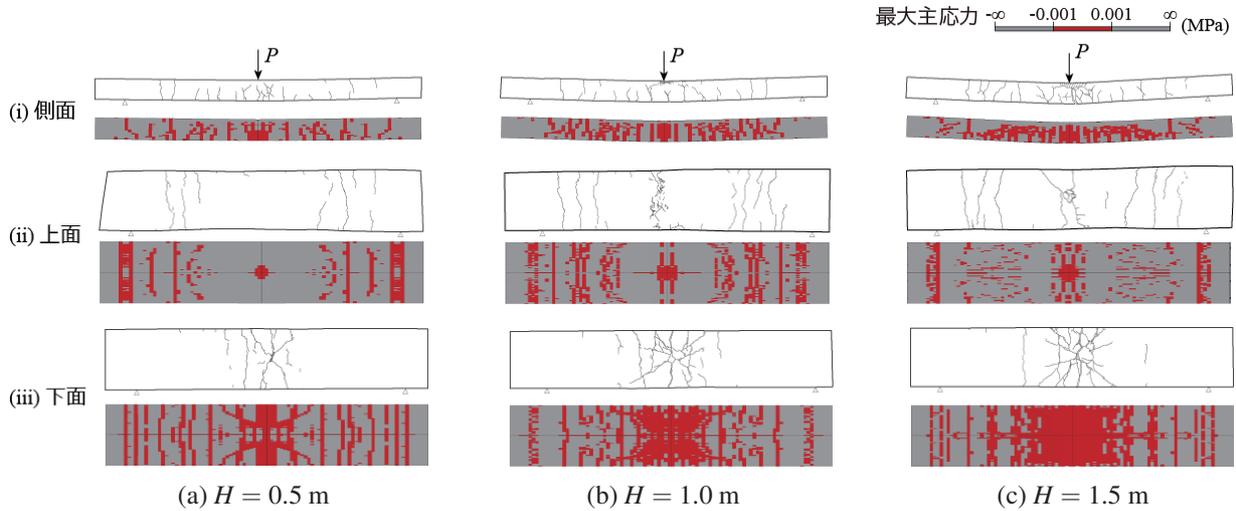


図5 ひび割れ分布(上段：実験結果, 下段：解析結果)

m の場合には、最大支点反力も含めて反力の継続時間や減衰自由振動における波形形状は実験結果と非常によく対応していることが分かる。図4(c)に示す載荷点変位波形を見ると、解析結果は、いずれの落下高さ H に対しても実験結果の波形形状をほぼ再現していることが分かる。

3.2 ひび割れ分布

図5には、各落下高さ H における実験終了後の側面、上面および底面のひび割れ分布と各解析結果から評価されるひび割れ分布を比較して示している。

まず、実験結果に着目すると、図5(i)に示す側面のひび割れ分布形状は、いずれの落下高さ H においても梁下縁から鉛直方向に進展する曲げひび割れが発生していることが分かる。図5(ii)の上面のひび割れ分布に着目すると、落下高さ H の増加に伴い、梁軸直角方向に進展するひび割れが増加し、かつ上縁コンクリートの圧縮破壊が進展していることが分かる。また、支点部近傍にひび割れが発生しているが、これは重錘衝突初期に曲げ波動の先端部が固定端のような状態で推移することにより発生し

たものと考えられる。図5(iii)に示す底面のひび割れ分布に着目すると、上面と同様に落下高さ H に比例してひび割れが多いことが分かる。また、版構造に見られる載荷点直下から放射状に広がるようなひび割れも確認できる。

次に、数値解析結果に着目すると、側面のひび割れ分布は実験結果に見られる曲げひび割れをほぼ再現していることが分かる。底面のひび割れ分布に関しては、いずれの落下高さ H においても損傷を過大に評価する傾向が見られるものの、載荷点直下に発生する放射状のひび割れも定性的にはあるが、ある程度再現しているものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 既往の研究において提案されている有限要素モデルを用いることにより、実験結果の重錘衝撃力、支点反力、載荷点変位波形を概ね再現可能である。
- 2) ひび割れ分布は全体的に若干過大に評価する傾向にあるものの、曲げひび割れや斜めひび割れを概ね再現可能である。