

支持条件の異なる RC 矩形版の重錘落下衝撃挙動に関する数値解析的検討

札幌市役所 正 会 員 ○玉木 美帆 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 室蘭工業大学大学院 正 会 員 小室 雅人

1. はじめに

本研究では、重錘落下衝撃荷重载荷時における RC 矩形版の動的挙動解析において、任意の境界条件を有する場合に対しても適用可能な数値解析手法を確立することを目的に、実験結果との比較の下に数値解析手法の妥当性に関する検討を行った。本研究では、四辺支持、二辺支持二辺自由(以後、単に二辺支持)、一辺二隅角点支持矩形版を対象に検討を行った。なお、本数値解析には、LS-DYNA (Ver. 971) を用いている。

2. 試験体概要

本数値解析で対象とした RC 版の寸法は、 $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 180\text{ mm}$ であり、下端鉄筋には D16 を 150 mm ピッチで格子状に配置し、平均かぶり厚は 40 mm とした。各辺における支持治具は上下方向への変位を抑え回転を許容する単純支持に近い支持状態であり、隅角点支持部は上下方向への変位を抑え全方向に回転を許容するピン支持の状態になっている。図-1には、二辺支持矩形版を例に、形状寸法および配筋状況を示している。重錘落下衝撃実験は、質量 300 kg の重錘を、衝突速度を 4 m/s とし一度だけ自由落下させる単一载荷実験により行っている。

3. 数値解析概要

3.1 数値解析モデル

図-2には、本数値解析で用いた RC 版の要素分割状況および配筋状況を、二辺支持の場合を一例に示している。数値解析モデルは、対称性を考慮し、四辺支持および二辺支持については $1/4$ モデル、一辺二隅角点支持については $1/2$ モデルとした。減衰定数は、質量比例分のみを考慮し、予備解析を実施して鉛直方向最低次固有振動数に対して 5.0% と設定している。

3.2 材料物性モデル

コンクリート要素の相当応力-歪関係は、圧縮側に関しては $1,500\text{ }\mu$ 歪に達した時点で降伏するバイリニア型とし、引張側は引張強度に達した時点で引張応力を伝達しないとするカットオフを定義している。圧縮強度は材料試験結果を用いて 26.6 MPa とし、引張強度は圧縮強度の $1/10$ と設定している。なお、降伏強度の判定には Drucker Prager の降伏条件式を適用している。

キーワード：RC 版、支持条件、重錘落下衝撃挙動、弾塑性衝撃応答解析、三次元有限要素法

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL 0143-46-5226 FAX 0143-46-5227

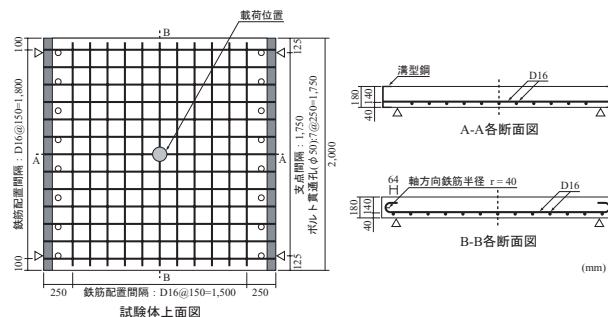


図-1 試験体の形状寸法および配筋状況(二辺支持)

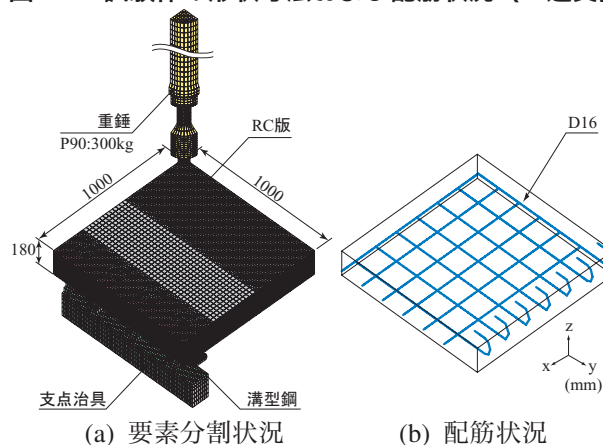


図-2 要素分割状況および配筋状況(二辺支持)

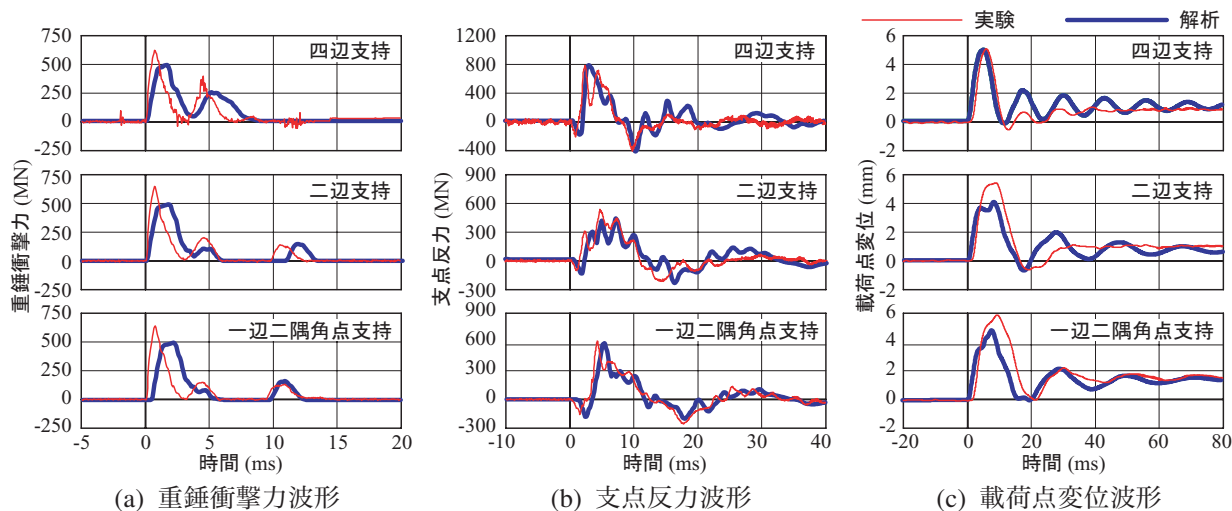
鉄筋要素に用いた相当応力-歪関係は、塑性硬化係数 H' を弾性係数 E_s の 1% と仮定するバイリニア型の等方硬化則に従うものとした。降伏の判定には von Mises の降伏条件式を採用している。また、降伏強度は、材料試験結果より 383 MPa とした。

4. 実験結果と数値解析結果の比較

4.1 各種応答波形

図-3には、実験結果の各応答波形を数値解析結果と比較して示している。(a)図の重錘衝撃力波形に着目すると、実験結果は支持条件に関わらず载荷初期の振幅が大きい第1波と、その後の振幅が小さい第2波、第3波で構成されている。また、最大応答値は支持条件に関わらず同程度の値を示している。数値解析結果は、実験結果と比較すると、いずれの支持条件においても最大応答値が小さい値を示し、時刻歴分布形状も緩やかであり、実験結果を再現するには至っていない。

(b)図には支点反力波形を示している。実験結果の最大応答値は、四辺支持の場合が他の支持条件よりも大きな



図－3 各種応答波形

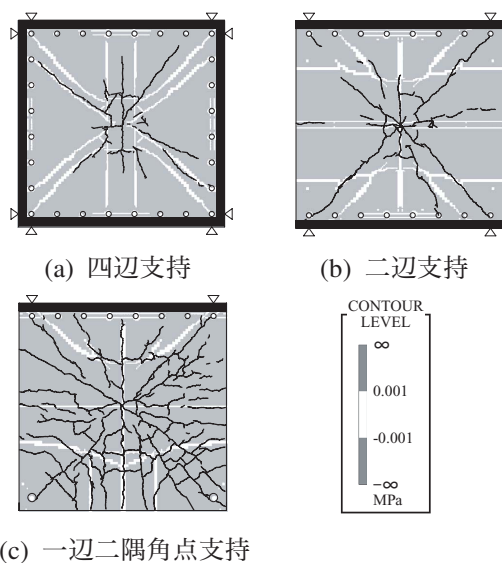
値を示している。数値解析結果は、実験結果と比較すると、最大応答値はいずれの支持条件においても実験結果と同程度の値を示している。また、時刻歴分布性状は、二辺支持および一辺二隅角点支持の場合には実験結果と類似している。一方、四辺支持の場合にも若干差異が見られるものの実験結果と大差なく、いずれの支持条件においても実験結果を良く再現していることが分かる。

(c) 図には载荷点変位波形を示している。実験結果は、いずれの境界条件においても、衝撃荷重载荷初期に正弦半波状の第1波が励起した後、減衰自由振動状態に至っている。また、最大応答値に関しては、支持条件に関わらず同程度の値を示している。数値解析結果は実験結果と比較すると、最大応答値に関してはいずれの支持条件においても実験結果よりも小さい値を示すものの、概ね一致していることが分かる。時刻歴分布形状に関しては、二辺支持の場合には数値解析結果の周期が実験結果よりやや大きくなっているものの、四辺支持および一辺二隅角点支持の場合には非常に良く対応している。残留変位を見ると、いずれの支持条件においても数値解析結果は適切に評価していることが分かる。

4.2 ひび割れ分布性状

図－4には、最大変位時におけるRC版裏面の第一主応力分布図とひび割れ分布図を重ねて示している。数値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白色として示している。

実験結果に関しては、四辺支持の場合には、押し抜きせん断破壊型の载荷点を中心とした円形状のひび割れ、および放射状の曲げひび割れが見られる。また、二辺支持の場合には、载荷点を中心とした放射状のひび割れに加え、支持方向と平行に一方向の曲げひび割れが多く発生している。一方、一辺二隅角点支持の場合には、载荷



図－4 RC版の裏面ひび割れ分布性状

点近傍のせん断ひび割れ、自由辺に向かう曲げひび割れが確認できる。

数値解析結果を見ると、四辺支持の場合には载荷点を中心とした円形状および放射状のひび割れが見られる。二辺支持の場合には一方向及び二方向曲げによるひび割れが発生している。また、一辺二隅角点支持の場合は支持辺に平行な一方向曲げによるひび割れ、および自由辺に向かうひび割れが発生している。いずれの支持条件の場合も、数値解析結果は実験結果と若干の差異はあるものの、実験結果を概ね評価しているものと判断される。

5. まとめ

本研究の結果、提案の数値解析手法は、いずれの支持条件においても、支点反力および载荷点変位波形は概ね実験結果を再現可能であるが、重錘衝撃力波形は実験結果を適切に再現するには至っていない。また、ひび割れ分布性状に関しては、支持条件にかかわらず実験結果を概ね評価可能であることが明らかになった。