

RC 版の衝撃応答解析における軸方向要素長の影響に関する一検討

室蘭工業大学 学生会員 ○ 鈴木 健之
室蘭工業大学 正会員 小室 雅人

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
寒地土木研究所 正会員 岡田 慎哉

1. はじめに

本研究では、RC 版の耐衝撃挙動を適切にシミュレート可能な数値解析手法の確立を目的に、RC 版の三次元衝撃応答解析を行った。ここでは、解析モデルの軸方向要素長が解析結果に及ぼす影響を検討するため、軸方向要素長を変化させた数値解析を実施し、実験結果との比較により検討を行った。なお、本数値解析には衝撃応答解析用汎用プログラム LS-DYNA を用いている。

2. 実験概要

試験体は寸法が $2,000 \times 2,000 \times 180$ mm の単鉄筋 RC 版である。下端鉄筋には D16 を使い、平均かぶり 40 mm の位置に 150 mm 間隔で格子状に配筋している。試験体の支持条件は、支持間隔を 1,750 mm とした四辺支持とし、支点部は単純支持に近い支持状態となっている。重錘には質量 300 kg、载荷盤直径 60 mm の鋼製円柱を用い、RC 版中央部に衝突速度 4 m/s で落下させている。

3. 数値解析概要

3.1 数値解析モデル

図-1 には、本数値解析で用いた RC 版の要素分割状況を示している。数値解析モデルは、構造および荷重条件の対称性を考慮し 1/4 モデルとした。境界条件は、支点の底部において実験時と同様に、上下方向への変位を

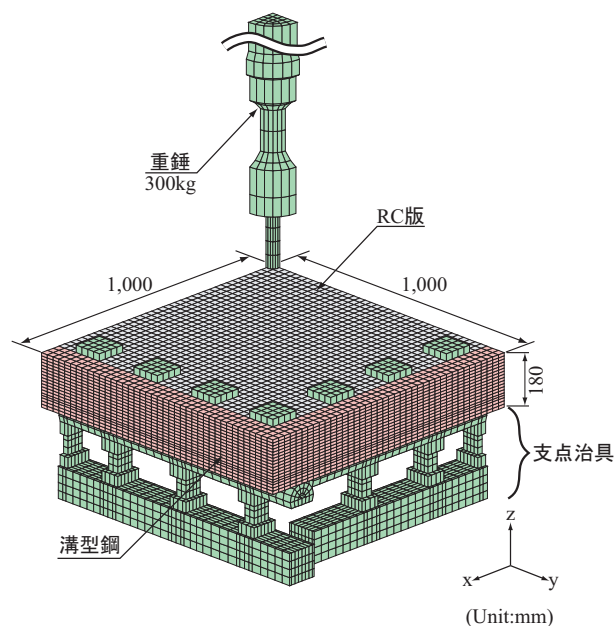


図-1 要素分割状況

抑え回転のみを許容している。なお、対称面にはシンメトリ条件を入力している。また、コンクリート-重錘間、コンクリート-支点治具間には、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。コンクリートと下端鉄筋および溝型鋼の間は完全付着としている。減衰定数は、質量比例分のみを考慮するものとし、構造の最低次固有振動数に対して 0.5 % と設定している。表-1 には、本数値解析で対象とした数値解析ケース一覧を示している。なお、RC 版の版厚方向の要素長は約 10 mm 程度としている。

3.2 材料物性モデル

表-2 には、本数値解析に用いた各材料の力学的特性値を示している。また、図-2 には、各材料の応力-ひずみ関係を示している。

図-2(a) に示すように、コンクリート要素の相当応力-ひずみ関係は、圧縮強度を降伏強度とする完全弾塑性の

表-1 数値解析ケース一覧

ケース名	軸方向要素長 (mm)	総節点数	総要素数
L-15	15	94,957	90,529
L-18.75	18.75	66,704	63,379
L-25	25	39,059	36,421
L-30	30	29,084	26,681

表-2 数値解析に用いた各材料の力学的特性値

材料	密度 ρ (ton/m ³)	圧縮/降伏 強度 (MPa)	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν
コンクリート	2.35	27.2	18.3	0.167
鉄筋	7.85	345	206	0.3

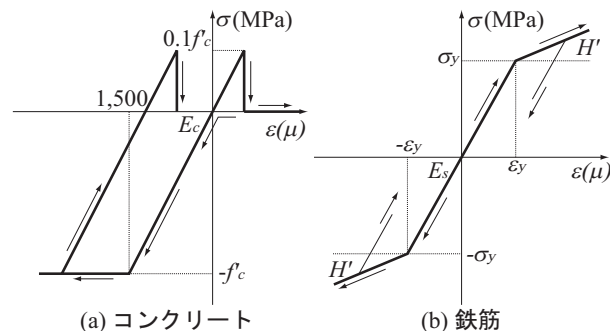


図-2 各材料の応力-ひずみ関係

キーワード：四辺支持 RC 版、弾塑性衝撃応答解析、軸方向要素長

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5226 FAX 0143-46-5227

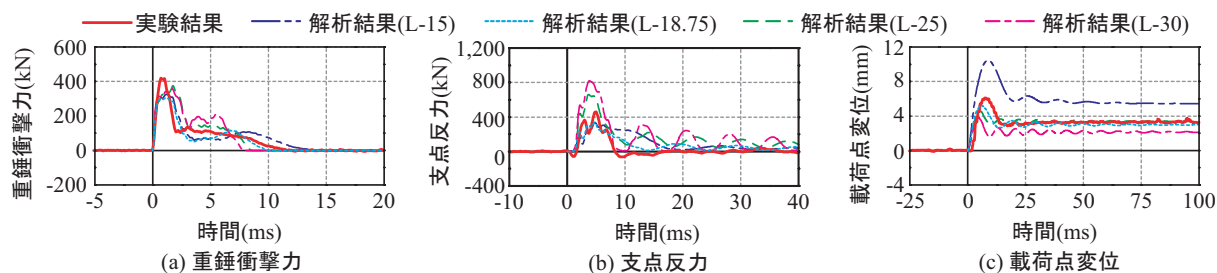


図-3 各種応答波形

表-3 各解析ケースにおける最大応答値一覧

ケース名	重錘衝撃力 (kN)	支点反力 (kN)	載荷点変位 (mm)
実験結果	419.8	460.9	6.1
L-15	324.5	338.2	10.5
L-18.75	304.9	334.2	5.2
L-25	375.1	661.1	4.6
L-30	357.7	820.0	3.8

バイリニア型にモデル化している．引張側に関しては応力が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．なお，引張強度は圧縮強度の 1/10 と仮定している．また，降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件式を採用している．

図-2(b)に示すように，鉄筋要素に用いた応力-ひずみ関係は，降伏後の塑性硬化係数 $H' (= E_s/100)$ を考慮したバイリニア型等方弾塑性体モデルである．降伏の判定には，von Mises の降伏条件を採用している．

4. 解析結果に関する検討

図-3には，各種応答波形を実験結果と比較して示している．また，表-3には，図-3より得られる最大応答値を一覧にして示している．

図-3(a)より，重錘衝撃力は全ての解析ケースにおいて同様の波形性状を示しており，実験結果を概ね再現していることが分かる．図-3(b)より，支点反力は要素長が短くなる程最大応答値が減少し，継続時間が増加する傾向を示している．なお，本ケースの中ではL-18.75の場合に最大値および継続時間が実験結果を最も良く再現している．図-3(c)より，載荷点変位は要素長が短くなる程，最大応答値および残留変位が増加する傾向にある．また，最大値発生時間は早くなり，それに対応して継続時間が短くなる傾向にある．載荷点変位においてもL-18.75が実験結果を最も再現している．

図-4には，数値解析結果から得られる載荷点の最大変位時におけるRC版の裏面および切断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．図中，緑色の領域は応力が零近傍の要素を示しており，最大変位時においてひび割れが発生しているものとして評価することが可能である．

実験結果を見ると，いずれもRC版中央部に押抜きせん

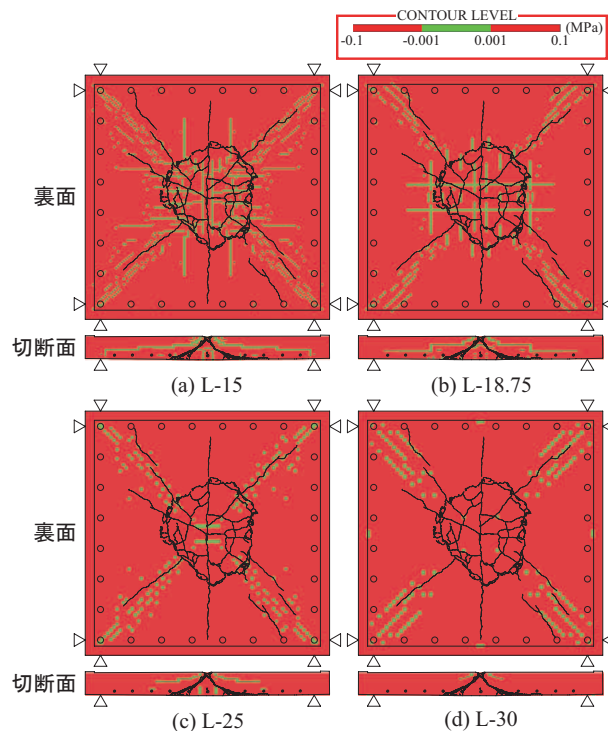


図-4 ひび割れ分布性状

断ひび割れが確認でき，対角線上にねじりおよび曲げによるひび割れが発生している．また，切断面においても，押抜きせん断ひび割れが確認できる．次に解析結果を見ると，裏面には，全ての解析ケースにおいて対角線上にひび割れが発生し，要素長が短い程中央部に多くのひび割れが発生している．切断面では，要素長が短い程，中心部から支点部にひび割れが進展している様子が分かる．なお，これらのひび割れは，実験結果における押抜きせん断ひび割れとは性状が異なっている．ただし，L-18.75の場合が最も実験結果を再現しており，このことは，前述の応答波形の比較検討結果とも対応している．今後は，ひび割れ分布性状に関する検討を行い，解析精度の向上を図る必要があるものと考えられる．

5. まとめ

- (1) 支点反力・載荷点変位・ひび割れ分布性状は軸方向要素長の影響が大きく，要素長が大きい程，剛性が高く評価される傾向にある．
- (2) 実験結果を再現するためには，軸方向要素長を適度な大きさに設定する必要がある，本検討の範囲内では要素長 18.75 mm が最も実験結果を再現している．