

実規模 RC 桁に関する三次元弾塑性衝撃応答解析の妥当性検討

(株) 大林組

正 会 員 ○ 名 雪 利 典

室蘭工業大学

フェロー 岸 徳光

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 正 会 員 今 野 久 志

三井住友建設 (株)

フェロー 三 上 浩

1. はじめに

現在、構造物の耐衝撃設計法は、衝撃荷重載荷実験や弾塑性衝撃応答解析がそれほど容易でないことにより、未だ三次元的な弾塑性挙動を考慮した合理的な耐衝撃設計法は確立されるに至っていない。しかしながら、実挙動に対応した合理的な耐衝撃設計法を確立するためには、実験研究を基本にして数値解析手法を援用する形で検討することが最も効率的であると判断される。このような観点から、本研究では実 RC 桁を対象として衝撃挙動解析手法の確立を目的に、三次元弾塑性衝撃応答解析を実施し、実験結果と比較することによりその妥当性を検討している。なお、本数値解析には、衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA を用いている。

2. 実験概要

本研究では、純スパン長および帯鉄筋配筋間隔が等しく、主鉄筋比を同程度とする 2 種類の試験体 (A, B 試験体) について検討を行うこととした。図-1 には、A 試験体の形状寸法および配筋状況を測定項目と併せて示している。A 試験体は、RC 製覆道頂版の設計断面を対象とし、断面形状を $1,000 \times 1,000$ mm、純スパン長は 8 m とした。軸方向鉄筋は、D32 を引張側に 7 本、圧縮側に 4 本配置し、桁両端面で厚さ 12 mm の定着鋼板に溶接定着している。また、帯鉄筋には D16 を使用し、250 mm 間隔に配置することとした。B 試験体は、桁高を 850 mm とし、軸方向鉄筋には D29、帯鉄筋には D13 を用いることとした。

実験は、2,000 kg 重錘を所定の高さまで吊り上げ、自由落下させることにより行っている。RC 桁は支点反力測定用ロードセル付きの支点治具上に設置し、跳ね上がり防止用治具を用いて固定しており、支点部の境界条件はピン支持に近い状態となっている。表-1 には、本実験における実験ケースの一覧を示している。

3. 解析概要

3.1 数値解析モデルおよび解析条件

図-2 には、本数値解析における A 試験体の要素分割

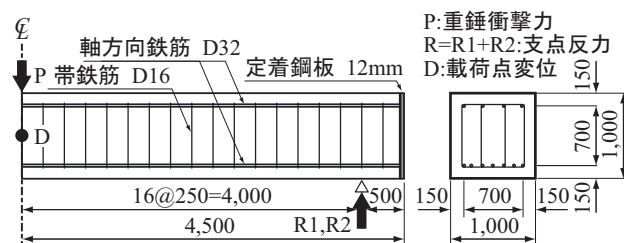


図-1 試験体の形状寸法および配筋状況 (A 試験体)

表-1 実験ケース一覧

実験ケース名	試験体名	重錘落下高さ H (m)
A-H5.0	A	5.0
A-H10.0		10.0
A-H15.0		15.0
A-H20.0		20.0
B-H5.0	B	5.0
B-H10.0		10.0

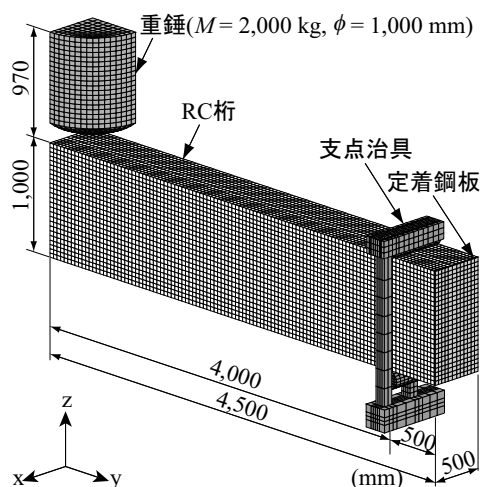
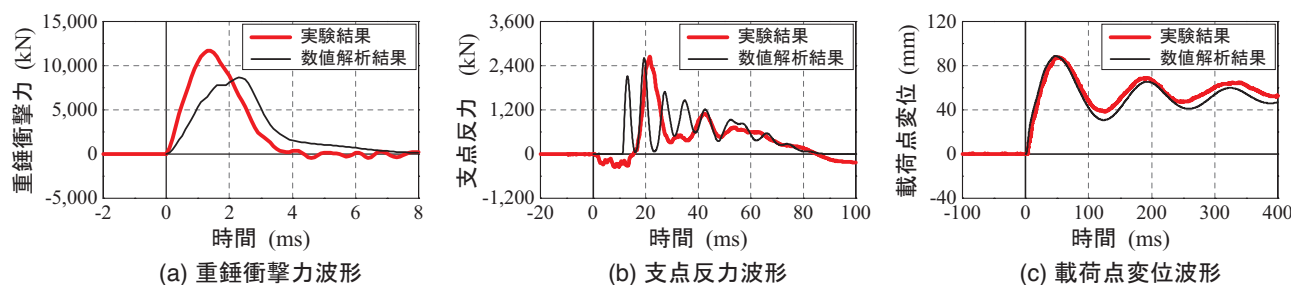


図-2 数値解析モデル (A 試験体)

状況を示している。図中、コンクリート要素の辺長は全て 40 ~ 50 mm 程度となっている。解析対象は RC 桁の対称性を考慮し、1/4 モデルとしている。各要素において、鉄筋要素には梁要素を適用し 4 点積分としている。それ以外の要素には全て 8 節点の三次元固体要素を適用し 1 点積分としている。重錘および支点治具に関しては、実形状に即してモデル化しており、RC 桁との間にそれぞれ接触面を設定している。質量に比例する粘性減衰定数は、RC 桁の最低次固有振動数に対して 1.5 % を設定し

キーワード：実規模 RC 桁、三次元弾塑性衝撃応答解析、Drucker-Prager の降伏条件式、減衰定数

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 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227



図－3 各応答波形分布の比較 (B-H10.0)

ている。

3.2 材料物性モデル

コンクリートの応力－ひずみ関係は、圧縮側に対しては 0.15 % ひずみ時に圧縮強度で降伏するものとするバイリニア型とし、引張側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カットオフを仮定している。なお、コンクリートの圧縮強度は、A, B 両試験体でそれぞれ $f'_c = 33.3, 31.2$ MPa であった。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。

鉄筋に関しては、塑性硬化係数 H' を弾性係数の 1/100 とするバイリニア型の等方硬化則を適用している。

4. 解析結果と実験結果の比較

4.1 各応答波形分布の比較

図－3 には、B-H10.0 の場合における各応答波形に関する数値解析結果を実験結果と併せて示している。

図－3(a) の重錘衝撃力波形より、数値解析結果は実験結果と比較して、立ち上がりの時間勾配および最大重錘衝撃力が小さくなるものの、その波形性状は類似している。

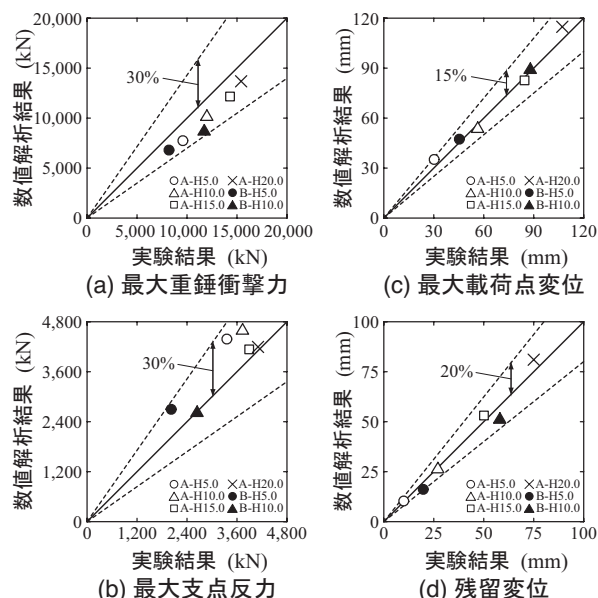
図－3(b) の支点反力波形より、数値解析結果は実験結果と比較して高周波成分が卓越しており、立ち上がりの時間勾配は大きく示されている。しかしながら、主波動継続時間は良く対応していることが分かる。

図－3(c) の載荷点変位波形より、数値解析結果の変位波形は実験結果と非常に良く対応していることが分かる。また、残留変位成分や振動周期においても良く対応していることから、RC 桁試験体の損傷の程度を精度良く再現しているものと判断される。

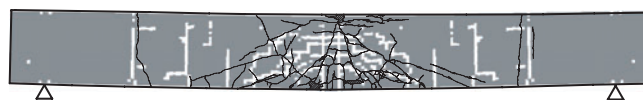
4.2 最大応答値および残留変位の比較

図－4 には、最大応答値および残留変位について数値解析結果を縦軸に、実験結果を横軸にとった比較図を全ケースについて示している。図中の 45 度勾配を有する実線は、数値解析結果と実験結果が一致していることを意味している。また、破線は両結果の誤差幅を表している。

図－4(a), (b) より、最大重錘衝撃力および最大支点反



図－4 最大応答値および残留変位の比較



図－5 ひび割れ分布の比較 (A-H15.0)

力の誤差幅は、それぞれ 30 %, 15 % 程度であり、最大支点反力に関しては安全側の評価を与えている。

図－4(c), (d) の最大載荷点変位および残留変位より、最大誤差幅はそれぞれ 15 %, 20 % 程度と比較的小さく、特に変位の大きい領域において、数値解析結果は実験結果と精度良く対応していることが分かる。

4.3 ひび割れ分布の比較

図－5 には、A-H15.0 の場合における実験終了後のひび割れ分布と数値解析によって得られるひび割れ分布図を重ね合わせた比較図を示している。実験終了後のひび割れ分布は、載荷点近傍で曲げひび割れと斜めひび割れが混在した複雑なひび割れ性状を示しているが、数値解析結果においてもその分布性状をよく再現している。

5. まとめ

提案の解析手法を用いることにより、実規模 RC 桁に対しても小型 RC 梁同様に実験結果と概ね良く対応した解析結果を得ることが可能であることが明らかとなった。