

RC ラーメン構造形式の弾塑性衝撃応答解析手法に関する検討

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○吉井 康訓
 (株) 構研エンジニアリング 正会員 川瀬 良司
 (株) 構研エンジニアリング 正会員 鈴木 健太郎

室蘭工業大学

室蘭工業大学

(株) 構研エンジニアリング

フェロー 岸 徳光

正会員 岡田 慎哉

正会員 保木 和弘

1. はじめに

本研究では落石防護覆道の基本構造となる RC ラーメン構造形式の衝撃応答特性や耐衝撃性能を的確に評価可能な数値解析手法を確立することを目的とし、小型 RC ラーメン模型に関する重錘落下衝撃実験を実施し、併せて著者らが提案している衝撃応答解析手法¹⁾の適用性に関して、実験結果と比較する形で検討を行った。

2. 実験概要

図-1 には、実験に用いた RC ラーメン模型の形状寸法および変位計測位置を示している。RC ラーメン模型は梁構造とし、実構造物の 1/4 程度の縮尺模型とした。衝撃実験は、梁部中央位置に質量 300 kg の鋼製重錘を衝突速度 $V = 4 \text{ m/s}$ (IS-4), 5 m/s (IS-5), 6 m/s (IS-6) で自由落下させることにより行っている。計測項目は、重錘衝撃力および変位計測位置の面に対して法線方向の変位とした。

3. 数値解析概要

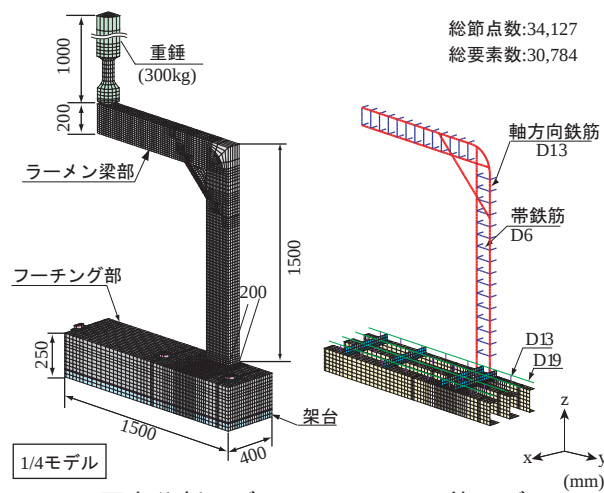
図-2 には、要素分割モデルおよび配筋モデルを示している。コンクリートおよび重錘、フーチング部には 8 節点の三次元固体要素を、鉄筋には梁要素を用いてモデル化し、コンクリートと鉄筋の要素間には完全付着を仮定している。減衰定数は質量比例減衰とし、0.5 % と設定している。図-3(a) には、コンクリートに関する相当応力-ひずみ関係を示している。圧縮側に対しては折線近似による完全弾塑性体のバイリニア型の相当応力-相当ひずみ関係、引張側に対しては線形の相当応力-相当ひ

ずみ関係を仮定し、破壊圧力に達した段階で引張力を伝達しないモデルを適用している。本研究では、圧縮試験から得られた圧縮強度 f'_c を圧縮側の降伏応力とした。また、軸方向要素長は 20 mm としてモデル化し、既往の数値解析結果¹⁾を参考に換算引張強度を設定することとした。図-3(b) には、鉄筋に関する応力-ひずみ関係を示している。鉄筋要素に用いた物性モデルは、降伏後の塑性硬化係数 H' を考慮した等方弾塑性体モデルである。塑性硬化係数 H' は、弾性係数 E_s の 1 % と仮定している。

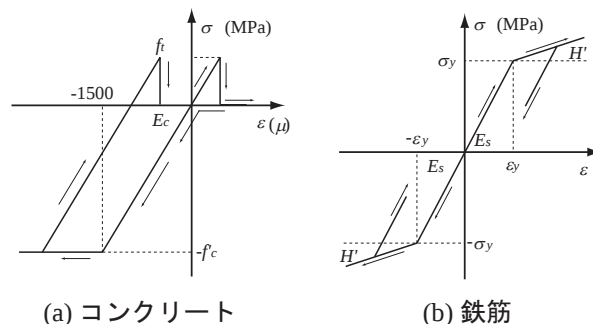
4. 数値解析結果

4.1 重錘衝撃力波形および変位波形

図-4 には、重錘衝撃力波形および载荷点近傍 (D1, D2) の鉛直方向変位波形を示している。図-4(a) より、重錘衝撃力波形は、振幅が大きく周期の短い正弦半波状の第 1 波と、振幅が一定で波動継続時間が長い第 2 波より構成



(a) 要素分割モデル (b) 配筋モデル
 図-2 要素分割モデルおよび配筋モデル



(a) コンクリート (b) 鉄筋
 図-3 各材料の応力-ひずみ関係

図-1 形状寸法および変位計測位置

キーワード：落石防護覆道，RC ラーメン，三次元弾塑性衝撃応答解析，重錘落下衝撃実験

連絡先：〒065-8510 札幌市東区北18条東17丁目1-1 構研エンジニアリング TEL 011-780-2815 FAX 011-785-1501

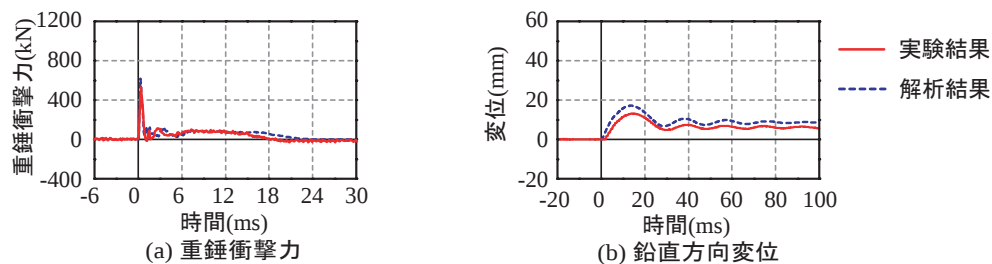


図-4 重錘衝撃力波形および荷点近傍 (D1, D2) における鉛直方向変位波形

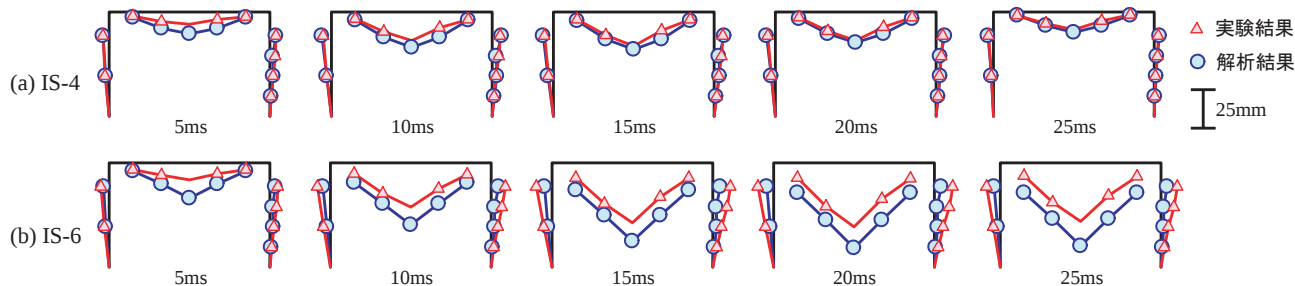


図-5 変形状

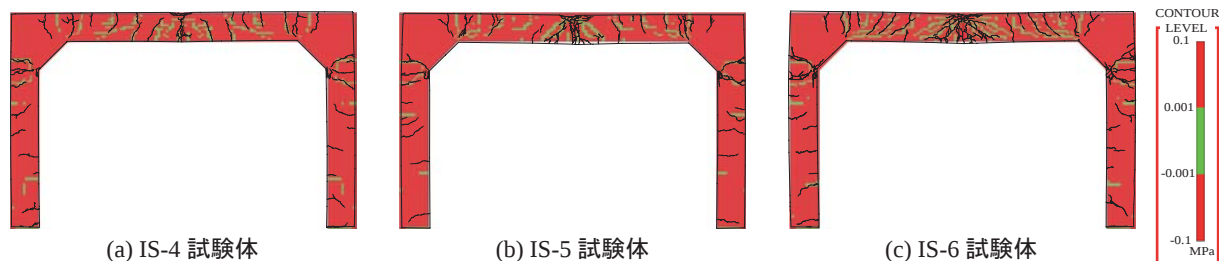


図-6 ひび割れ分布図

されている。解析結果は最大値に若干の差異があるものの、これらの性状をよく再現している。図-4(b)より、変位波形は 20 ms 程度で最大値となり、その後は残留変位成分を含む自由減衰振動に移行している。解析結果は、波形性状をよく再現しているものの、最大値および残留変位成分については過大評価する傾向を示している。

4.2 変形状

図-5には、IS-4、IS-6における変位分布性状を示している。実験結果の荷点直下の変位値については、実験時に欠測したため、推定値を図示している。図より、梁部は荷点部で、柱部は隅角部近傍で最大応答を示し、ほぼ左右対称の変形状を示していることが分かる。IS-4に関して実験結果と数値解析結果を比較すると、衝突初期においては若干の差異があるものの、いずれの時点においてもよく対応していることが分かる。一方、IS-6の解析結果の場合には 10 ms 経過後より荷点近傍の変形が大きく示されている。これに関しては、荷点近傍の損傷が著しく、ひび割れによる開口が顕在化したことによることを確認している。また、柱部の水平変位に関しては過小に評価する傾向がみられる。

4.3 ひび割れ分布性状

図-6には、実験終了時のひび割れ分布図に各解析ケー

スの荷点最大変位時の第一主応力分布図を重ねて示している。図中の緑色の領域はひび割れが発生しているか、応力零近傍の要素であることを示す。図より、梁部には荷点近傍に正曲げによる曲げひび割れが、隅角部近傍には負曲げによる曲げひび割れが発生していることが分かる。衝突速度が大きい場合には、荷点近傍に斜めひび割れが発生しせん断破壊の傾向を示している。一方、柱部には隅角部近傍および基部近傍に曲げによるひび割れが発生している。解析結果は、これらの状況もよく再現しているが、IS-6に関しては、実験結果に比較して柱部のひび割れの発生が少ない。これは、実験結果ではハンチ下部の損傷領域に明瞭な圧壊が確認されているが、数値解析においてはこの柱の圧壊が出現せず、実験結果に対応した損傷状況が再現されていないことが分かる。

5. まとめ

本検討で用いた数値解析手法は、RC ラーメン構造形式の衝撃応答特性や耐衝撃性能を評価可能な手法の一つであることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 外: 破壊エネルギー等価の概念を用いた大型 RC 桁に関する衝撃応答解析手法の妥当性検討, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.1227-1238, 2007.3