

実規模ロックシェッド模型の三次元動的骨組解析に関する落石荷重モデルの影響

(株) 構研エンジニアリング	正会員	鈴木健太郎	(株) 構研エンジニアリング	正会員	牛渡 裕二
室蘭工業大学大学院	正会員	小室 雅人	土木研究所寒地土木研究所	正会員	西 弘明
北海道開発局	正会員	山口 悟	釧路工業高等専門学校	フェロー	岸 徳光

1. はじめに

本研究では、三次元動的骨組解析法を用いた設計手法の妥当性を検証することを目的に、落石荷重の入力波形を変化させた数値解析を実施し、実規模ロックシェッドに関する重錘落下衝撃実験結果との比較検討を行った。

2. 実験概要

図1には、落石衝撃力 $P = 1,466 \text{ kN}$ に対して許容応力度を満足するように設計したRC製ロックシェッド試験体の形状寸法を示している。試験体は、道路軸方向長さが12 m、外幅9.4 m、壁高さ6.4 mの箱型ラーメン構造である。内空断面は幅8 m、高さ5 mであり、内空の四隅にはハンチを設けている。柱の道路軸方向長さは1.5 m、部材厚さは、頂版、底版、柱および壁ともに0.7 mである。

図2には、試験体の配筋状況を示している。鉄筋の材質は全てSD 345である。また、コンクリートの設計基準強度は 24 N/mm^2 であり、実験時の底版、柱/壁、頂版の圧縮強度はそれぞれ、 30.68 N/mm^2 、 30.19 N/mm^2 、 37.87 N/mm^2 であった。

実験は、緩衝材を敷砂として高さ15 mの位置から質量10 tの重錘を模型中央部に自由落下させて実施した¹⁾。

3. 数値解析概要

図3に本数値解析に用いた三次元動的骨組解析モデルを、図4には解析に用いた各材料の応力-ひずみ関係を示している。要素分割は1要素長を各部材厚の0.7倍程度(0.5 m)になるように設定している。また、隅角部には道路橋示方書に準拠し剛域を設定している。柱と頂版の接合部には頂版の道路軸方向の変位やねじりを適切に柱に分担するように柱頂部より放射状に剛域を設定している。骨組モデルには断面寸法や各材料定数を考慮したファイバー要素を使用した。ファイバー要素のセルの分割は、各セルの中心近傍に軸方向鉄筋が配置されるように設定した。なお、底面の境界条件は弾性床支持とし、圧縮方向のみバネを考慮している。頂版上の敷砂緩衝工の質量は要素に付加することで考慮している。減衰定数は質量比例分のみを考慮し、事前に固有振動解析を行い、鉛直方向最低次曲げ振動モードに対応した固有振動数に対して、

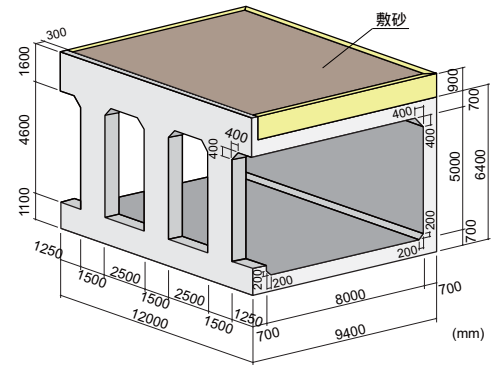


図1 試験体の形状寸法

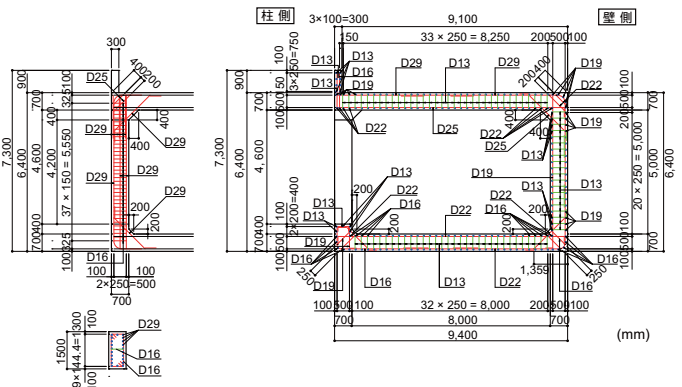


図2 試験体の配筋状況

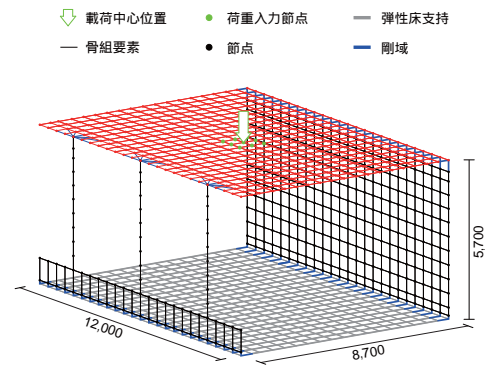


図3 三次元骨組モデル

$h = 2.5\%$ に設定した。なお、骨組の総節点数は1,327、総要素数は2,553である。また、本数値解析には Engineer's Studio (Ver.1.07.00) を使用している。

キーワード：実規模ロックシェッド、三次元動的骨組解析、落石荷重、重錘落下衝撃実験、敷砂緩衝材、実務設計
 連絡先：〒065-8510 (株) 構研エンジニアリング 防災施設部 TEL / FAX 011-780-2813 / 011-785-1501

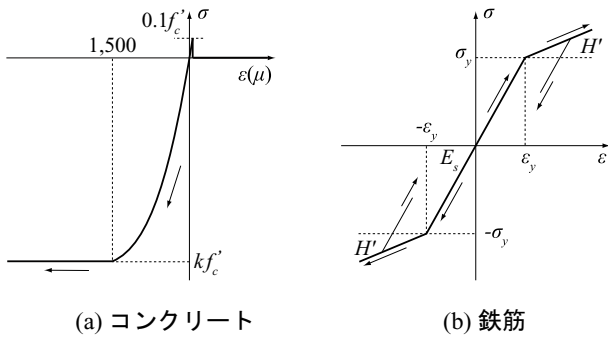


図4 材料物性モデル

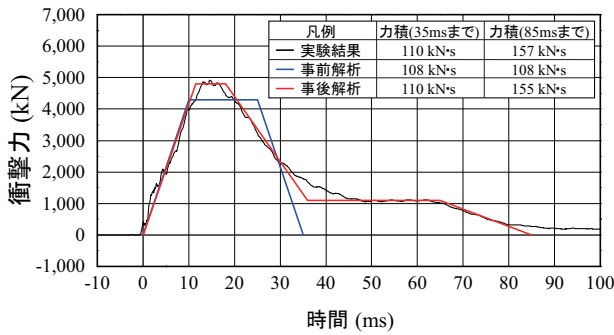


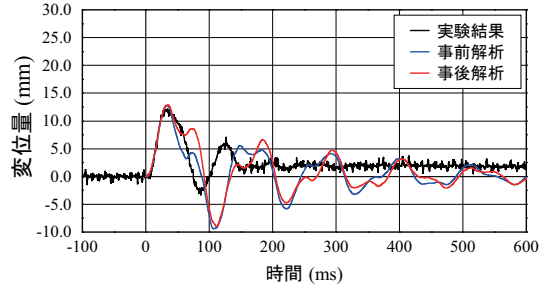
図5 入力荷重

4. 実験結果と数値解析結果の比較

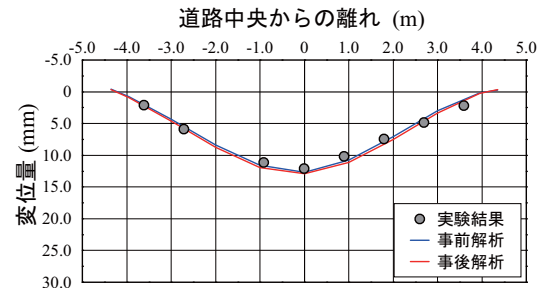
図5には、実験結果から得られた重錘衝撃力、事前解析および事後解析に用いた入力荷重を併せて示している。なお、事前解析で用いた入力荷重はロックシェットの耐衝撃設計を参考に荷重作用時間が35msの台形分布状とした。最大衝撃力値は振動便覧式を用いて評価することとし、被衝突体が敷砂であることからラーメの定数として $\lambda = 1,000 \text{ kN/m}^2$ を代入して算定した。また、事後解析では実験結果を簡略化して入力することとした。載荷範囲は重錘が敷砂に衝突する点を中心に重錘径で等分に作用するものと仮定し、載荷面積比を考慮して各部材に入力している。

図6には、載荷点変位波形、道路軸直角方向変位分布および道路軸方向変位分布に関する実験結果と事前解析および事後解析結果の比較図を示している。

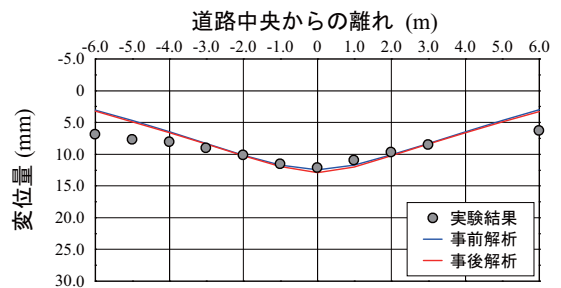
図より、載荷点直下の節点における応答変位波形に着目すると、事前および事後解析結果は、立ち上がり時刻から増加勾配、第1波の最大値まで精度良く実験結果を再現している。最大変位発生以降は、実験結果は早期に振動が収束する傾向を示すのに対して、解析結果は振動が収束していない。しかしながら、大略的にはほぼ再現されているものと判断される。最大変位に関しては、いずれの数値解析結果も実験結果と同程度の値を示している。残留変位に関しては、いずれの解析結果も実験結果より若干小さな値となっている。変位分布に着目すると、道路軸直角方向分布はいずれの解析結果も実験結果を精度良く再現している。これに対して、道路軸方向分布に



(i) 載荷点直下変位



(ii) 道路軸直角方向変位分布



(iii) 道路軸方向変位分布

図6 実験結果と数値解析結果の比較

関しては、ブロック中央部の変位分布は精度良く実験を再現しているものの、ブロック端部に近づくにつれて実験値との差が拡大する傾向にある。

5. まとめ

本研究では、三次元動的骨組解析法を用いた設計手法の妥当性を検証することを目的に、落石荷重の入力波形を変化させた数値解析を実施し、実規模ロックシェットに関する重錘落下衝撃実験結果との比較検討を行った。その結果、1) 提案の骨組解析法を用いた数値解析結果は、入力荷重の最大値に多少の差がある場合でも第1波目の入力力積が同程度であれば解析結果に生じる差は小さく、実験結果を精度良く再現可能であること、2) 道路軸方向に関しては載荷点近傍の再現性は高いものの載荷点から離れるほど実験結果との差が大きくなり再現性はやや低くなること、が明らかとなった。

参考文献

1) 山口悟, 木幡行宏, 小室雅人, 岸徳光: 敷砂緩衝材を設置したRC製実規模ロックシェット模型の衝撃載荷実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp.553-558