

実規模ロックシェッド模型の三次元動的骨組解析における要素長の影響

(株) 構研エンジニアリング 正会員 牛渡 裕二 (株) 構研エンジニアリング フェロー 川瀬 良司
 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介 土木研究所寒地土木研究所 正会員 今野 久志
 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、実務設計を視野に入れた比較的簡便な三次元動的骨組解析を実規模 RC 製ロックシェッドに適用するためには、要素長や減衰定数が結果に及ぼす影響が大きいと考え、適切な要素長および減衰定数を把握することを目的に要素長、減衰定数を変化させた数値解析を実施し、別途実施された実規模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、図2には、配筋状況を示している。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。

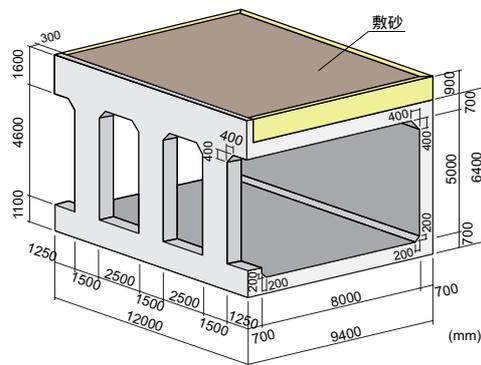


図1 試験体の形状寸法

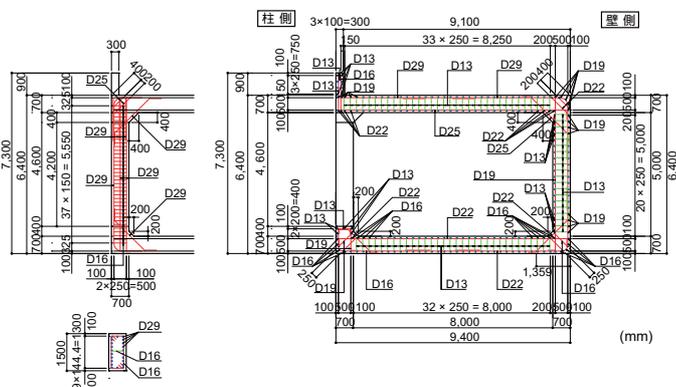


図2 試験体の配筋状況

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、高さ 15m の位置から質量 10t 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に要素長 1.0 m の場合の三次元動的骨組解析モデルを示す。モデルの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。数値解析では実験結果の重錘衝撃力波形を簡略化して入力することによって、実験結果との比較検討を行うこととする。要素長については、既往研究より RC 梁の衝撃問題にファイバーモデルを用いる場合にはその要素分割長は部材厚に対して 0.5 ~ 1.0 倍程度に設定することで精度が得られるとの報告がある。したがって、解析は標準要素長を部材長の 0.7 倍 (0.5 m)、1.4 倍 (1.0 m)、2.8 倍 (2.0 m) の 3 種類に変化させ、それぞれのモデルに対して減衰定数を $h = 1.0\%$ 、 2.5% 、 5.0% 、 10.0% に変化さ

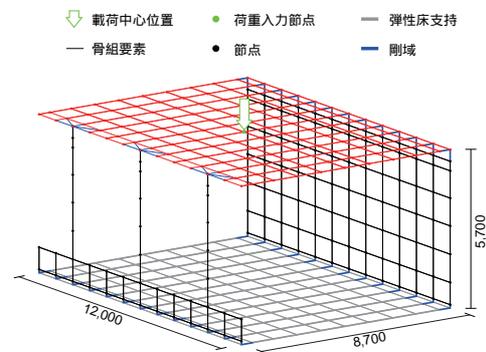


図3 三次元骨組モデル(要素長 1.0 m)

キーワード：実規模ロックシェッド，三次元動的骨組解析，要素分割，減衰定数，重錘落下衝撃実験，敷砂緩衝材
 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

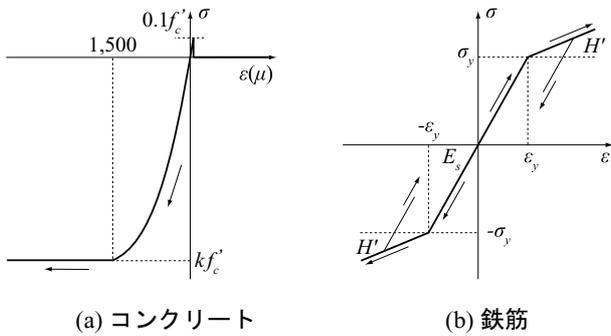


図4 材料物性モデル

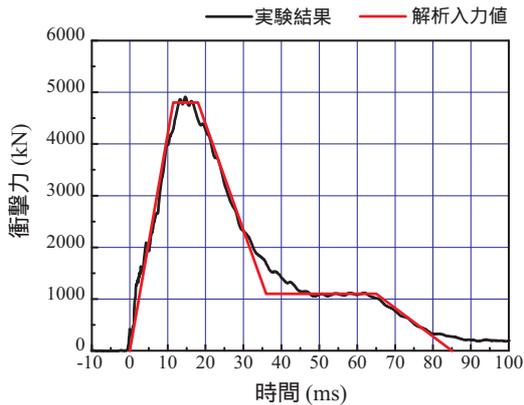
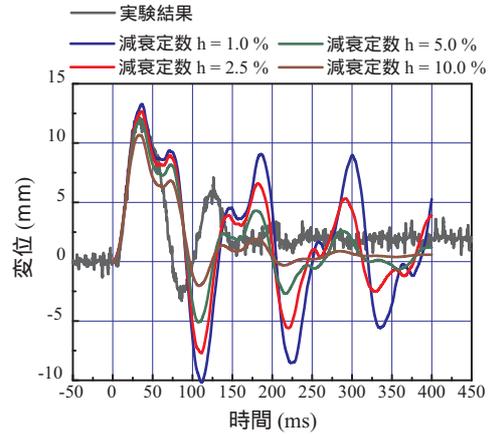
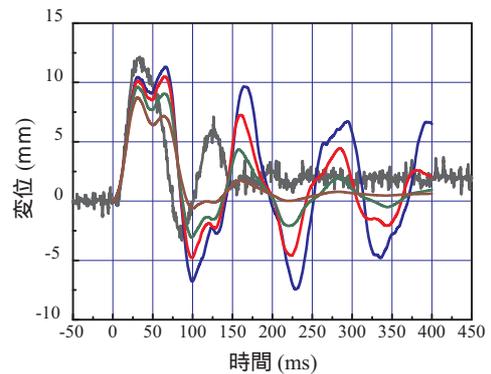


図5 入力荷重



(a) 要素長 0.5 m



(b) 要素長 1.0 m

図6 実験結果と解析結果の比較

せた計 12 ケースを実施した．本数値解析には Engineer's Studio (Ver.1.07.00) を使用している．

図4には、解析に用いた各材料の応力 - ひずみ関係を、図5には、実験にて得られた重錘衝撃力および解析にて使用した入力荷重を併せて示している．

4. 実験結果と数値解析結果の比較

図6には、各要素長における載荷点直下の節点における頂版変位波形を示している．標準要素長 0.5 m の波形比較に着目すると、波形の立ち上がりから最大値に至るまでの波形は全ての減衰定数の場合でほぼ同様の性状を示していることが分かる．最大値は減衰定数大きいほど小さくなる傾向を示しており、減衰定数 $h = 10.0\%$ の場合においては実験結果の最大値を過小評価する傾向であった．最大値以降は実験値と異なる性状を示しており、実験値が $t = 150\text{ ms}$ 以降で残留変位付近において微動しているのに対し、解析結果は大きく振動している．

標準要素長 1.0 m の波形比較に着目すると、波形の立ち上がりは概ね一致しているものの、全ての減衰定数において実験結果の最大値には至っていない．収束性については、標準要素長 0.5 m の場合と同様であった．なお、標準要素長 2.0 m の場合は紙面の都合上図を省略しているが、さらに実験結果を過小評価する結果であった．

以上より、標準要素長を 0.5 m、減衰定数 $h = 2.5 \sim 5.0$

%と設定することで、実験結果を最も良く再現可能であることが分かった．なお、最大応答値以降の波形性状については、いずれのケースにおいても再現出来ていないが、標準要素長を 0.5 m、減衰定数 $h = 2.5 \sim 5.0\%$ と設定することで実験結果を安全側に評価していることから実務設計における解析ツールとして十分適用可能であるものと判断される．

5. まとめ

本研究では、実規模 RC 製ロックシェッド実験の重錘衝撃力波形を用いて標準要素長および減衰定数を変化させた三次元動的骨組解析を実施した．その結果、最大応答値以降の波形性状については、いずれのケースにおいても再現出来ていないが、標準要素長を 0.7 倍 (0.5 m)、減衰定数 $h = 2.5 \sim 5.0\%$ と設定することで、最大応答値は実験結果を安全側に評価していることから実務設計の観点から RC 製ロックシェッドの性能照査型耐衝撃設計のための解析ツールとして十分適用可能であるものと考えられる．

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ド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