室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

RC製ロックシェッドの衝撃荷重載荷時における三次元動的骨組解析法の適用性に関する研究

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2014-06-26
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 牛渡, 裕二
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00005107

氏　　名	牛　渡　裕　二（うしわたり　ゆうじ）
学位論文題目	RC 製ロックシェッドの衝撃荷重載荷時における 三次元動的骨組解析法の適用性に関する研究
論文審査委員	主　査　　准教授　菅　田　紀　之 教　授　荒　井　康　幸 教　授　溝　口　光　男 准教授　小　室　雅　人 釧路工業高等専門学校 校　長　岸　　徳　光

論文内容の要旨

本研究では，RC 製ロックシェッドの耐衝撃挙動を解明するとともに，性能照査型耐衝撃設計法を確立することを目的に，1/2 縮尺模型に関する重錘落下衝撃実験を実施すると共に実務設計解析のために三次元動的骨組解析法の適用を提案し，実験結果や三次元弾塑性有限要素解析法による解析結果との比較によって，その適用性について検討を行った。

本論文の構成は，以下のとおりである。

第 1 章は本論文の序論であり，本研究の背景，既往の研究および目的について述べている。

第 2 章では，提案の動的骨組解析法の衝撃問題への適用性を検討するため，既往の小型 RC 梁に関する重錘落下衝撃実験結果との比較検討を行い，基本的なその適用性を検証している。

第 3 章では，RC 製ロックシェッドの 1/2 縮尺模型を用いた重錘落下衝撃実験を実施して，繰り返し載荷により終局に至るまでの耐衝撃挙動を詳細に検討している。その結果，敷砂を設置する場合には頂版部が曲げ破壊で終局に至ることや，同時に柱上端部も著しく損傷を受けること等を明らかにしている。

第 4 章では，第 3 章の実験結果および三次元弾塑性有限要素解析（FEM）結果を基に提案の動的骨組解析法に基づいた三次元骨組解析を実施し，本解析法の版構造を有する立体構造物への適用性について検討を行っている。その結果，提案の解析

法は，FEM に比較して詳細な動的挙動の再現性は劣るものの最大応答値までは精度よく評価可能であることを明らかにし，RC 製ロックシェッドの性能照査型耐衝撃設計法に基づく設計解析手法として十分適用可能であることを示している。

第 5 章では，RC 製ロックシェッドの実物大模型を対象に，提案の動的骨組解析法を用いて設計入力エネルギーから最大入力エネルギーまでの各荷重レベルに対する耐衝撃挙動および破壊性状を推定した。更に，実験結果から得られた実入力衝撃荷重を用いた数値解析を実施し，実験結果と比較検討することで本解析法の実物大模型に対する適用性を検討している。その結果，提案の解析法は入力荷重の精度が確保されることにより実験結果を比較的精度良く再現可能であり，RC 製ロックシェッドの耐衝撃設計解析に十分適用可能であることが明らかになった。また，入力荷重の設定においては，作用時間あるいは入力力積の設定が重要であること等も明らかにしている。

第 6 章は本論文の結論であり，本研究で得られた知見をまとめると共に，今後の課題と展望について述べている。

ABSTRACT

In this study, in order to establish a rational and practical numerical analysis method for the Reinforced Concrete (RC) rock-sheds under falling rocks, a three-dimensional (3D) frame analysis method with fiber elements was proposed. The applicability of the method was verified by comparing with the experimental results of falling-weight impact tests for a half-scale RC rock-shed and the numerical results obtained applying a 3D elasto-plastic finite element (FE) analysis method, which are able to assume as the accurate results instead of the experimental ones.

First of all, to consider the applicability of the proposed method to the RC members under impact loading, the accuracy for each constitutive model of the materials and length of each element were numerically investigated comparing with the experimental results for the small-scale rectangular RC beams.

Secondly, the consecutive falling-weight impact tests for a half-scale model of the RC rock-shed with 90 cm thick sand cushion was conducted to accumulate

basic knowledge on dynamic response characteristics of the rock-sheds from the elastic region to the ultimate state. From this experiment, it is observed that the rock-sheds covered with sand cushion reach the ultimate state in the flexural failure mode for the roof slab and alternatively the upper part of the column near the loading point tends to be severely damaged.

Next, to discuss the applicability of the proposed method to impact response analysis for the real rock-sheds under falling rocks, numerical results were compared with the experimental results mentioned above and also 3D elasto-plastic FE analysis results. From these considerations, it is seen that the proposed method can be practically applied to analyze the dynamic response of the rock-sheds.

Also, to confirm the practical applicability of the proposed method, impact resistant behavior and the ultimate state of the full-scale RC rock-shed model were numerically predicted by using the method and after that these results were compared with the experimental results. As the results, it is seen that applying the proposed method, the dynamic behavior of the full-scale rock-shed can be better predicted by inputting appropriate time history of the impact load.

Then, it is confirmed that the 3D frame analysis method proposed here can be used as a tool of practical design of the reinforced concrete rock-sheds based on the performance-based impact resistant design concept.

論文審査結果の要旨

本論文は，落石を受ける RC 製ロックシェッドの衝撃挙動の解明および性能照査型の耐衝撃設計法を確立することを目的としたものであり，ロックシェッドの大型模型を用いた重錘落下衝撃実験による実験的検討，および実務設計における解析法としてファイバー要素を用いた三次元動的骨組解析法を提案し，その適用性に関する検討を行っている。

RC 製ロックシェッドの大型模型を用いた重錘落下衝撃実験の結果から，緩衝材として敷砂を用いた場合，ロックシェッドに作用する最大衝撃力はラーメの定数を 1,000 kN/m^2 として入力エネルギーから評価できること，損傷に伴う残留変位は入

力エネルギー増大に対応して増加すること，対象としたロックシェッドは頂版部の曲げ破壊で終局に至り柱上部も損傷を受けることを明らかにしている。

本論文で提案しているファイバー要素を用いた三次元動的骨組解析法の衝撃問題への適用性について，小型 RC はりの実験結果と比較検討し適切な要素分割法や材料構成則について示した後，1/2 縮尺の RC 製ロックシェッド模型の重錘落下衝撃実験および三次元有限要素法（FEM）による数値実験との比較検討を行っている。その結果，提案している三次元動的骨組解析法は，著しい損傷を受ける場合や頂版の端部に重錘が落下する場合の再現性については FEM 解析より劣るが，敷砂緩衝材を有する RC 製ロックシェッドの衝撃実験結果を概ね再現することができ，実務設計の解析ツールとして適用可能であることを示している。また，提案解析法の実務設計への適用性について更に検討するために，現行の許容応力度法で設計された実規模 RC ロックシェッドの重錘落下衝撃実験と三次元動的骨組解析法による解析の比較を行っている。その結果，簡略化した荷重波形を入力荷重として用いても，緩衝材として敷砂を用いた場合の実験結果については概ね再現でき，緩衝材として三層緩衝構造を用いた場合については安全側の評価ができることを明らかにし，実務設計の解析ツールとして十分適用可能であることを示した。また，入力荷重の設定においては，最大荷重値の設定よりも力積の設定が重要であることを明らかにした。

本論文は，RC 製ロックシェッドの衝撃挙動を解明するとともに，性能照査型耐衝撃設計法の確立に大きく貢献している。以上のことから，本論文提出者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。