

令和 7 年 5 月 22 日現在

機関番号：32201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2022～2024

課題番号：22K04417

研究課題名（和文）波動場の再構築により上部構造のみの減衰及びその振動数と振幅依存性に関する検討

研究課題名（英文）Study on the damping of the upper structure of buildings and its frequency and amplitude dependence by reconstructing the wave field

研究代表者

王 欣（WANG, XIN）

足利大学・工学部・教授

研究者番号：90610626

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、地震応答記録をもとに波動場を再構築する手法を通じて、建物の上部構造の減衰特性、およびその振動数・振幅依存性を明らかにすることを目的とした。以下の成果を得た。1、建物内各階の加速度記録を利用した逆解析により、上部構造における波動場を再構築するアルゴリズムを構築した。さらに、実験データを用いた検証により、本手法の精度と安定性を確認した。2、得られた新しい波動場を用いて、上昇波と下降波の伝達関数から各モードにおける減衰比の時間変化および振動数依存性を分析した。3、振幅の大きさに応じて減衰比が非線形に変化する傾向があり、一定以上の振幅領域では、エネルギー消費機構の変化が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、建物内の加速度記録をもとに、波動場を再構築する新たな手法を提案するものである。これにより、振動数依存性や振幅依存性を含む減衰特性を詳細に評価することが可能となった。特に、地震応答中におけるモードごとの時間変化を含む減衰挙動を可視化・定量化できる点において、構造動力学および地震工学分野に新たな視点を提供するものである。本研究で得られた手法により、建物が大地震時にどのようにエネルギーを消費し、どのような状態で損傷に至るかをより現実的に把握することが可能となる。これにより、安全性評価の高度化や設計基準の見直しにも貢献し、地震被害の軽減と安心・安全な都市づくりに資することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aims to clarify the damping characteristics of the superstructure of buildings, as well as their dependence on frequency and amplitude, through a method that reconstructs the wavefield based on earthquake response records. The following findings were obtained:1.An algorithm was developed to reconstruct the wavefield in the superstructure using deconvolution analysis based on acceleration records from each floor of the building. The accuracy and stability of this method were confirmed through validation with experimental data.2.Using the reconstructed wavefield, the time variation and frequency dependence of the damping ratio in each mode were analyzed based on the transfer functions of up- and down-going propagating waves.3.It was observed that the damping ratio exhibits a nonlinear change depending on the amplitude. In the amplitude range beyond a certain threshold, changes in the energy dissipation mechanism were suggested.

研究分野：地震工学

キーワード：波動場再構築 構造減衰特性 振動数依存性 振幅依存性 構造健全性評価

様 式 F - 7 - 2

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		足利大学	機関番号	3 2 2 0 1
研究 代表者	部局	工学部		
	職	教授		
	氏名	王 欣		

1．研究種目名

基盤研究(C)（一般）

2．課題番号

22K04417

3．研究課題名

波動場の再構築により上部構造のみの減衰及びその振動数と振幅依存性に関する検討

4．補助事業期間

令和4年度～令和6年度

5．研究実績の概要

本研究では、地震応答記録をもとに波動場を再構築する手法を通じて、建物の上部構造の減衰特性、およびその振動数・振幅依存性を明らかにすることを目的とした。以下の成果を得た：1、建物内各階の加速度記録を利用した逆解析により、上部構造における波動場を再構築するアルゴリズムを構築した。さらに、実験データ（振動台実験や実地観測データ）を用いた検証により、本手法の精度と安定性を確認した。2、得られた新しい波動場を用いて、上昇波と下降波の伝達関数から各モードにおける減衰比の時間変化および振動数依存性を分析した。その結果、特に高振幅時において非線形減衰挙動が顕著に観測された。3、振幅の大きさに応じて減衰比が非線形に変化する傾向があり、一定以上の振幅領域では、エネルギー消費機構の変化が示唆された。この傾向はRC構造およびS造においても共通して観察され、構造形式に応じた減衰特性の違いが整理された。本研究の成果は、上部構造の健全性評価や地震後の被害診断における減衰特性の理解に資するものであり、今後のリアルタイムモニタリング技術への応用が期待される。

6．キーワード

波動場再構築 構造減衰特性 振動数依存性 振幅依存性 構造健全性評価

7．研究発表

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1．著者名 Wang X.	4．巻 50
2．論文標題 Changes in wave propagation due to damages and automatic recognition using a CNN model	5．発行年 2025年
3．雑誌名 Materials Research Proceedings	6．最初と最後の頁 141～146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21741/9781644903513-17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1 版

1. 著者名 Zhang Aijia, Wang Xin, Dang Ji	4. 巻 29
2. 論文標題 CNN-Based Nonlinear Response Detection from Time-Sequential Impulse Response of an 18-Story Building	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 445 ~ 464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13632469.2024.2428763	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 X. Wang , B. Duan , Y. Nitta , M. Nagano	4. 巻 1
2. 論文標題 RECONSTRUCTION OF WAVEFIELDS OF BUILDINGS AND EVALUATION OF ATTENUATION FUNCTIONS FROM TRANSFER FUNCTION	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 WCEE18 Proceeding	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 王欣・Aijia ZHANG, 党紀
2. 発表標題 Timoshenko Beam モデルに基づく波動干渉法による超高層建物の上部構造の同定
3. 学会等名 日本建築学会大会2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Xin Wang
2. 発表標題 CNN-Based Damage Detection of Buildings from Time-Sequential Impulse Response Visualization
3. 学会等名 International Conference on Civil and Environmental Engineering, Dalian, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1 . 発表者名 Xin Wang, Aijia Zhang, Yoshihiro Nitta, Ji Dang
2 . 発表標題 Changes in Wave Propagation Due to Damages and Automatic Recognition Using A CNN Model
3 . 学会等名 10th Asia-Pacific Workshop on Structural Health Monitoring,Sendai, 8th-10th December, 2024 (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Aijia ZHANG, Xin WANG, Ji DANG
2 . 発表標題 System Identification of High-rise Buildings Based on Timoshenko Beam model: Application to a Shake-table Test of an 18-story Steel Building
3 . 学会等名 日本建築学会大会2024
4 . 発表年 2024年

〔 図書 〕 計0件

8 . 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

9 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 0 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 1 . 備考

-

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Zhang Aijia, Wang Xin, Dang Ji	4. 巻 2
2. 論文標題 CNN - based damage detection of buildings from wave propagation between two adjacent floors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering and Resilience	6. 最初と最後の頁 479 ~ 492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/eer2.62	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Aijia, Wang Xin, Dang Ji	4. 巻 433
2. 論文標題 Story-by-Story Building Damage Recognition from Changes of Wave Propagation Between Two Adjacent Floors Using CNN	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures. EVACES 2023. Lecture Notes in Civil Engineering,	6. 最初と最後の頁 468 ~ 478
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-39117-0_48	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Tang Zhenyun, Li Jiayu, Wang Mingqiao, Wang Xin, Yu Chunyi, Li Zhenbao	4. 巻 27
2. 論文標題 Investigation on bearing resistance of thin-walled circular steel tube subjected to eccentric loading	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Advances in Structural Engineering	6. 最初と最後の頁 1429-1444
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/13694332241253395	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Zheng, Wang Xin, Nagano Masayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of Damping Ratio of Buildings Using Seismic Interferometry Method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 391 ~ 399
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-93236-7_33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1．著者名 Wang Xin、Watanabe Testushi、Nagano Masayuki	4．巻 -
2．論文標題 A New Attempt at Estimating Natural Vibration and Bending Deformation Characteristics of Super High-Rise Buildings Using Wave Interferometry	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures	6．最初と最後の頁 429～438
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-93236-7_36	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1．著者名 Aijia Zhang, Xin Wang, Ji Dang	4．巻 -
2．論文標題 Wavefield Character in High Rise Building under Earthquake Shake and CNN based Damage Detection	5．発行年 2022年
3．雑誌名 9th Asia Pacific Workshop Structural Health Monitoring	6．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1．発表者名 王欣、Zhang Aijia、党紀
2．発表標題 被害により建物の波動場変化およびCNN モデルを用いた自動認識 - その1 波動場の再構築および各階での経時変化 -
3．学会等名 日本建築学会大会学術梗概集（近畿）
4．発表年 2023年

1．発表者名 Zhang Aijia、王欣、党紀
2．発表標題 被害により建物の波動場変化およびCNN モデルを用いた自動認識 - その2：CNNモデルの構築および振動台データにより検証 -
3．学会等名 日本建築学会大会学術梗概集（近畿）
4．発表年 2023年

1．発表者名 山田晴香、肥田剛典、王欣、永野正行
2．発表標題 動画と深層学習による物体検出を用いた建物の災害後即時被害判定
3．学会等名 日本建築学会大会学術梗概集（近畿）
4．発表年 2023年

1．発表者名 段布賀、王欣、仁田佳宏
2．発表標題 波動干渉法による波動場の変換および上昇波と下降波の伝達関数から減衰関数の評価-入射振動の有効周波数範囲による影響-
3．学会等名 日本建築学会大会学術梗概集（近畿）
4．発表年 2023年

1．発表者名 王欣、段布賀、仁田佳宏
2．発表標題 建物模型の振動台実験を用いた上昇波と下降波の伝達関数により減衰関数評価に関する検討
3．学会等名 日本地震工学会シンポジウム2023
4．発表年 2023年

1．発表者名 Aijia Zhang, Xin Wang and Ji Dang
2．発表標題 STORY-BY-STORY BUILDING DAMAGE RECOGNITION FROM CHANGES OF WAVE PROPAGATION BETWEEN TWO ADJACENT FLOORS USING CNN
3．学会等名 10TH International Conference of Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures（国際学会）
4．発表年 2023年

1．発表者名 Xin Wang
2．発表標題 CHANGES OF SHEAR-WAVE VELOCITY BY STRUCTURAL DAMAGES OF A SPECIMEN OF AN 18-STORY STEEL BUILDING CONSIDERING THE DISPERSION DUE TO BENDING DEFORMATION
3．学会等名 10TH International Conference of Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures (国際学会)
4．発表年 2023年

1．発表者名 王 欣, 永野 正行
2．発表標題 波動干渉法による建物の減衰特性の評価に関する基礎的研究
3．学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)
4．発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6．研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------