T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	気象モデル・工学LESハイブリッド解析による極端気象下の強風・突風の再現と建築物被害推定
Title(English)	
著者(和文)	川口真晴
Author(English)	Masaharu Kawaguchi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11523号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:田村 哲郎,坂田 弘安,肖 鋒,佐藤 大樹,大風 翼
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11523号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 系 都市・環境学 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （工学） Doctor of
学生氏名： Student's Name	川口 真晴	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	田村 哲郎
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は，「気象モデル・工学 LES ハイブリッド解析による極端気象下の強風・突風の再現と建築物被害推定」と題し，以下の６章から構成されている．

第 1 章「序論」では，近年の台風・竜巻の極端気象と建築物被害の実態を述べ，このような気象現象に対する数値解析による耐風性能評価において気象場に由来する強風・突風の構造を再現することの必要性を示す．本研究の目的として，建築空間の風速場・圧力場評価に適用できる気象モデル解析を活用した数値解析手法を構築すること，構築手法を近年の顕著な台風・竜巻の事象に適用し，市街地での気象場の影響を受けた突風やピーク風圧の発生について明らかにすること，さらに本手法による都市・地域の被災推定データを示し，将来の強風に対する荷重設計の指針の再検討や竜巻等突風荷重に対する設計基準策定に有用な基礎検討データの得ることができる事を示すことの 3 点を提示している．

第 2 章「気象モデル・工学 LES ハイブリッド解析手法の提案」では，気象場を考慮した建築空間の風速場・圧力場の解析手法として，気象場の解析，気象モデルに対する高周波成分の再生成計算，建築空間 BCM-LES の 3 段階からなる「気象モデル・工学 LES ハイブリッド計算」の枠組みを示す．建築空間での耐風性能評価を行う上で重要である気象場の高周波成分が通常，気象モデルにおいて減衰することへの対策として，LES を用いた風速場の高周波成分の再生成計算手法を温熱場の影響を考慮できる形に定式化の拡張を行い，気象場の解析結果に建築空間に導入する際に適用した．

第 3 章「高周波成分再生成計算の検証」では，温熱の影響を考慮し再生成された気象場の高周波成分の性質を対流境界層において検証する．新たな定式化により，気象場の比較的高周波の変動に基づいてより微細な風速と温位の構造が生成されること，スペクトルにより気象場の構造を保持したまま，Kolmogorov の-5/3 乗則に従う乱流として適切な性質を持つ高周波成分が付加されることを確認する．

第 4 章「実大気境界層の強風への手法適用」では，現行基準が想定する強風の主たる成因である台風の強風についての解析を行う．まず 2012 年台風 4 号を対象に，気象モデル WRF/WRFLES による台風の再現性を検証し，その上で提案したハイブリッド解析により顕著な被害をもたらした 2018 年台風 21 号時の大阪市市街地を解析する．初めに気象場の大規模な筋状構造や鉛直循環などの気象場の変動が地表付近の突風やピーク風圧の発生に影響を与えることを確認し，気象場の影響を受けた市街地での乱れについての統計的知見を示す．10 分間の風速の平均値と最大瞬間値の分布が地上での観測や被害と対応することを示し，地表や高層建物高さでの顕著な強風の発生分布の特徴について述べる．告示が定める平均風速値等，現行の規基準との対応を議論する．風圧により高層階窓が破損した建物を含む高層建築物について表面圧力の解析を行った結果，告示が定める風圧力の超過は見られなかった．これらの結果により現実に近い市街地の風速・風圧の推定や台風等強風の安全性の検討に本手法が有用であること示すとともに，気象場の不確実性等の検討した解析の必要性が示唆された．

第 5 章「局地的突風を伴う極端現象への手法適用」では，現行の規基準の適用範囲外であり，まだ十分に明らかになっていない竜巻の空気力についての基礎的な知見を得ることを目的として，気象モデルにより再現された現実に近い竜巻構造を用いた実スケール建築空間の解析を提案したハイブリッド手法によって実施する．前半では，地形や建物など市街地などの現実の空間を想定した地表面による竜巻の渦構造や運動の変化，最大瞬間風速分布の変化を示す．さらに竜巻直下の建物における解析を行って非定常負圧の形成過程の解析し，外装材のピーク風圧設計値との比較を行う．後半では，つくば竜巻で被災した北条地区での実現象を再現した解析を実施する．周辺建物により形成される建物高さ付近での特徴的かつ顕著な強風の構造を明らかにする．また木造住宅の住宅地での瞬間風速と風圧の分布として，竜巻中心付近では風速 60 m/s 以上，圧力-55 hPa 以下の値が連続分布し，ところにより 80 m/s，-80 hPa に達することなど，竜巻下の建築空間の規基準を検討する上で有用な知見が得られたことを示す．また，住宅地内での最大瞬間風速分布により被害を推定した結果，おおむね実際の木造住宅の構造と外装材に関する実被害の分布特性をとらえることができたことを示し，被害の推定結果の精度を上げるための検討事項について述べる．更に特に顕著であった建物被害について個別の建物の実被害プロセスについて解析を行う．これらの結果より，本手法が竜巻の建築に及ぼす影響に関する基礎的知見を得る上で，また建築空間における被災推定を行う上で有効であることを示す．

第６章の「結論」では本研究で得られた成果を総括し，今後検討すべき課題や展望を述べる．

以上のとおり，本研究では気象場の影響を考慮した建築物の耐風性能を評価できる数値解析手法が構築され，近年の実事象の解析に適用された．その結果，実市街地・住宅地におけるピーク風速・風圧の性状を実態により近い形で再現し，実気象場の構造を再現する有用性を示す結果が得られた．また，建築基準との比較や建築物への被災の評価に適用可能であることが示された．今後気象場の不確実性等を考慮し，解析結果がさらに蓄積されることにより，本手法は将来の建築物の耐風性能の基準等の基礎的検討や，極端気象による都市や地域の防災のための被害推定において広く活用できることが期待される．

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	川口真晴		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	田村哲郎	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)		

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

This thesis entitled "Replication of Strong Winds and Gusts Under the Extreme Weather Conditions and Estimation of Building Damage using the Meteorological Model/Engineering LES Hybrid Analysis" is organized into the following 6 chapters.

In Chapter 1, the necessity of utilization of actual wind-field structure and turbulence originated from the meteorological systems in the numerical assessment of wind loads on the buildings is argued by reviewing the previous research on typhoons and tornadoes and resulting building damage. The purpose of this study is presented as follows: to establish a method for simulating the velocity and pressure field inside architectural spaces utilizing the meteorological model, to analyze occurring process of the peak pressure and gusts in the actual environment in the recent significant meteorological events using the present method, and to demonstrate that the method can provide fundamental data useful for improving the building standards. In Chapter 2, the meteorological model/engineering LES hybrid analysis is presented as a method for analyzing the transient flow structure and evaluating wind speed and pressure around the buildings under the influence of the meteorological filed. A high-frequency component regeneration method for actual meteorological fields was developed considering the thermal effect and incorporated into the hybrid analysis. The validation of the regeneration method is presented in Chapter 3. It shows that the components regenerated in the convective boundary layer have proper turbulence characteristics. Chapter 4 deals with the hybrid analysis of a significant typhoon case. Strong wind structures in the meteorological field influenced on the occurrences of near-ground peak pressure and gusts. The estimated wind speed inside the urban area was comparable with the actual damage and observation nearby. Thus the method can be used for a more realistic estimation of the maximum wind. Meanwhile, the estimated peak pressure on the high-rise building did not exceed the design value, although window breakages occurred at the actual site. It suggests further investigation including uncertainty of the meteorological field is necessary. In Chapter 5, the method is applied to a tornado event. The structural and kinetic change of the tornado due to urban geometry is presented. A realistic simulation of the part of the Tsukuba tornado track fairly reproduced the maximum gust and pressure-drop patterns over the timber frame houses and near-ground gust structure is revealed. Failure analyses of several severely damaged buildings are also presented. Chapter 6 summarizes the general conclusion of this study.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).