

平成 28 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災

研究期間：平成 28 年度

課題番号：163005

研究課題名（和文）：立ち上がり時間の短い突風を受ける建物の構造要素に作用する非定常内力に関する研究

研究課題名（英文）：Unsteady inner-force acting on structural elements of a building under short-rise-time gusts.

研究代表者：竹内 崇

交付決定額（当該年度）：180 千円

1. 研究の目的

竜巻やダウンバースト、あるいは台風や季節性強風下においては、短時間で風速が増加するいわゆる「立ち上がり時間の短い突風」が発生するが、このような立ち上がり時間の短い突風を受ける物体に作用する風力は、同じ風速値に風速がゆっくりと変化するときを生じる風力よりも大きいことが既往の研究で報告されており、この通常より大きな風力が作用する現象は「風力のオーバーシュート現象」と呼ばれている。既往の研究において、オーバーシュート現象の発生メカニズムやオーバーシュート風力の大きさの解明が行われている。しかしながら、“建物の被害の程度”に及ぼすオーバーシュート現象の影響を明らかにするためには、オーバーシュート風力により建物に生じる変位、加速度、せん断力などの荷重効果を明らかにする必要がある。そこで本研究では、短時間で風速が急増する突風を受ける建物の動的応答特性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法

①立ち上がり時間の短い突風を受ける建物に生じるオーバーシュート風圧力の分布特性を数値流体計算により調べた。数値流体計算は建物を模擬した物体周りの3次元流れ場に立ち上がり時間の短い突風を流入し、LESモデルを用いて解析を実施する。対象物体は、1辺20mの正方形断面建物とし、建物の高さは20mと50mと100mの3種類とした。建物の1辺に流入風が正対する角度から風を流入した。各モデルにおける表面の風圧力を高解像度で出力し、その分布特性を明らかにする。

②建物を多質点モデルと見なし、研究方法①で出力した圧力データを元に、各質点に作用する層風力の時刻歴波形を作成し、層風力の特性を調べる。20mモデルは5質点に、50mモデルは10質点に、100mモデルは25質点に分けるものとして、層風力は各圧力出力点の圧力データに各点の支配面積を乗じ、それらを足し合わせることで算出した。

③突風風力に対する動的風応答計算を行い、建物の応答を調べる。時刻歴応答解析にはNewmark β 法を用い、解析の時間刻みは0.01秒とした。解析モデルは質点を等価せん断バネで連結したランプドマスモデルとした。剛性分布は1次モードの変形形状が直線分布となるように決定し、剛性の値は設定した1次固有周期に従って決定した。質量は各質点480tonとし、減衰はモードごとに2%ずつの減衰を与えた。計算パラメータは、建物の1次固有周期とし、建物高さの0.015倍、0.02倍、0.025倍、0.03倍、0.04倍と設定した。

3. 研究成果

①高さ50mモデルの風上面上、側面上、風下面上の点の風圧力の時刻歴波形を図1に示す。ここで風圧力は風速立ち上がり後の定常時における速度圧で除して無次元化している。風上面上においては正圧のオーバーシュート現象が生じ、側面と風下面は負圧のオーバーシュート現象が生じている。特に側面では大きな負圧が生じた。

オーバーシュート風圧係数のコンター図を図2に示す。ここで、オーバーシュート風圧係数は、風圧力の最大値を定常時の速度圧で除した値と定義したものである。風上面上において、オーバーシュート風圧係数は中央付近では一様に分布し、端部付近では値が小さくなる傾向が見られる。高さ50mと高さ100mモデルの側面において、建物上方では風上側エッジ近くで負圧が大きいが、下方に行くに従い、負圧の高い領域が風下に移動し、モデル屋上から15mより下方では、高さによらず風上側エッジから5~10mの辺りで最も負圧が大きくなる。これは突風生成時に生じる非定常渦の発生位置と渦の発達過程での位置による影響と考えられる。一方、高さ20mモデル

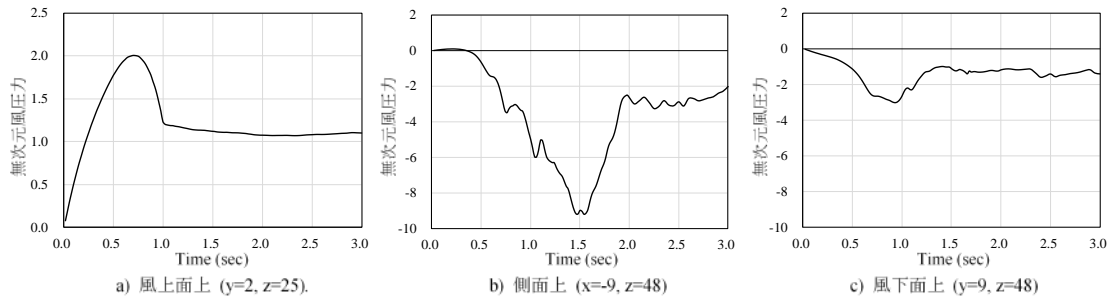


図1. 風圧力の時刻歴波形(高さ50m).

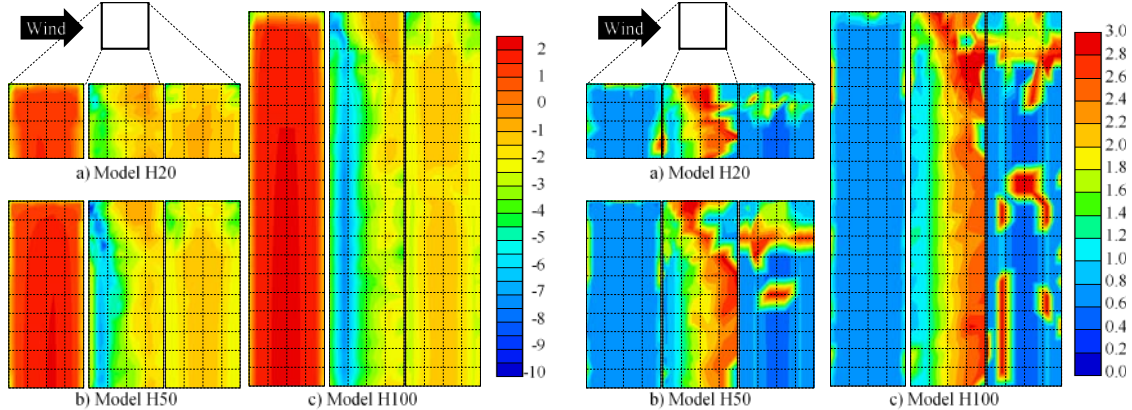


図2. オーバーシュート風圧係数の分布.

図3. オーバーシュート風圧力のピーク到達時間の分布

の側面においては、他のモデルほどの明瞭な傾向は見られなかった。背面においては、いずれのモデルにおいても建物上方の両角部付近の負圧が高くなる傾向が見られた。

図3に風圧力がピーク達した時間の分布図を示す。風上面では、コンター図に変化はほとんどなく、いずれの点でもほぼ0.7秒付近で同時にピークに達していることが分かる。側面においては、風上側と風下側でピークを迎える時間が変化していることが分かる。これは、風圧力のオーバーシュート現象を引き起こす非定常渦が側面の風上側で発生した後、風下に移動していくため、時間差が生じるものと考えられる。背面においては、所々、局所的にピークの発生が遅い領域があるモデルの屋上から15m以上下方ではほぼ一様であった。

②風上面、側面、風下面から作用する層風力に関して、高さ50mモデルの最下層、中央、最上層での時刻歴波形を図4に示す。ここで、縦軸の風力は、受風面積と定常時の速度圧で除して無次元化している。風圧力と同様に、風上面では正圧の、風下面では負圧のオーバーシュート現象が層風力においても起きているのが分かる。また最上層の風力は他の層風力と大きさが異なる傾向が見られた。一方、側面では、風圧力では大きなオーバーシュート現象が見られたが、層風力

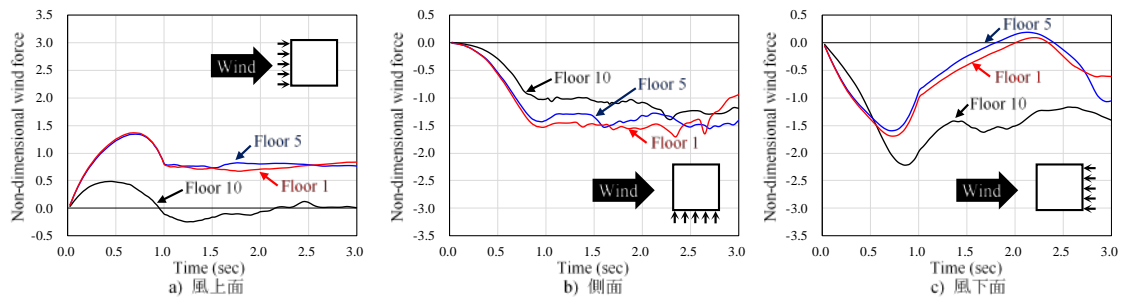


図4. 高さ50mモデルの各面に作用する層風力の時刻歴波形.

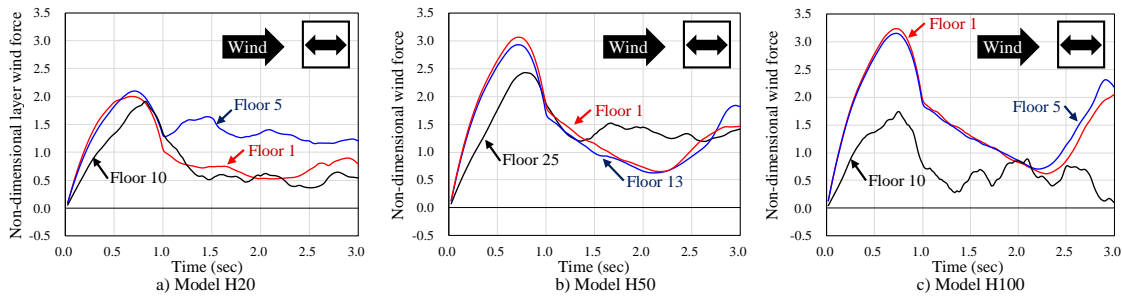


図5. 風方向の層風力の時刻歴波形

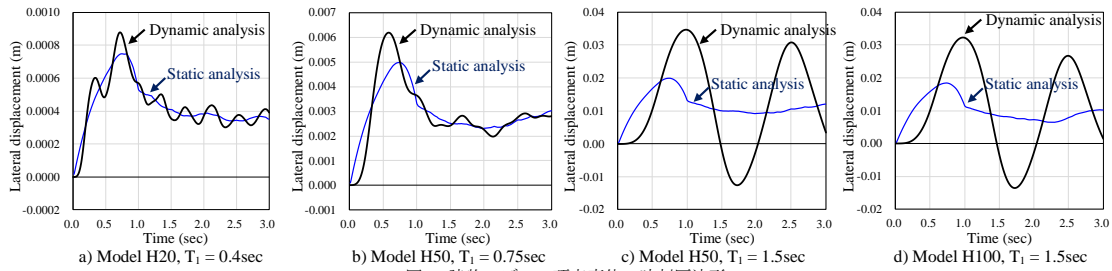


図6. 建物モデルの頂点変位の時刻歴波形.

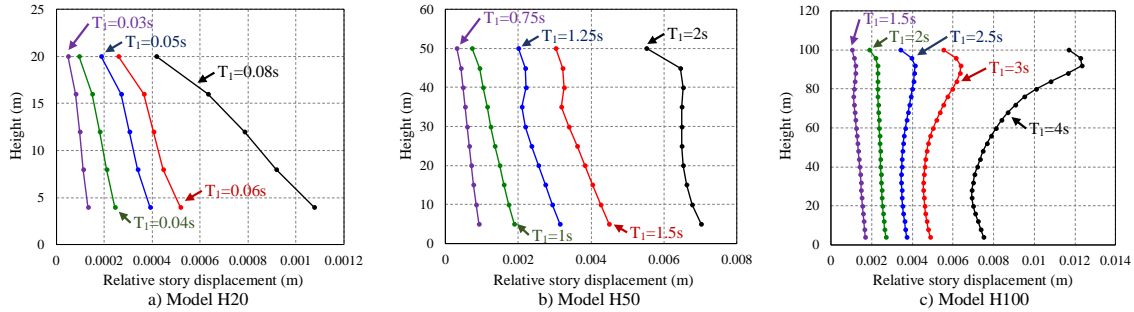


図7. 層間変位の最大値の分布.

のオーバーシュート現象はほとんど見られない。これは側面のオーバーシュート風圧力は高いが、図3で示したようにピークを迎えるタイミングが位置によって異なるため、層風力として重ね合わせると平均化され、オーバーシュートが発生しなかったものと考えられる。

図5は、各モデル風上面と風下面に作用する層風力を足し合わせた、風方向の層風力波形を示す。風方向の層風力においてはオーバーシュート現象が生じていることが確認できる。

③20mモデルの1次固有周期0.4秒、50mモデルの1次固有周期0.75秒、1.5秒と100mモデルの1次固有周期1.5秒の場合の建物頂部の応答変位の時刻歴波形を図6に示す。図中の青線は静的解析時の頂点の応答波形を示す。図より、突風時の応答はオーバーシュート風力により動的に増幅され、大きな応答となっていることが分かる。特に1次固有周期が大きいほど、動的効果が大きくなる傾向が見られる。図7に各計算結果における各層の層間変位の最大値を示す。モデルの1次固有周期が短い場合、層間変形量は、下層の方が大きくなる傾向が見られる。これは、静的解析時の変形量の分布に近くなるためである。1次固有周期が長くなると、上層の変形量が大きくなり、固有周期が2.0と2.5では、高さによらずほぼ一定となり、1次モード形状に近い形となった。一方で、さらに1次固有周期が長くなると、上層の層間変形量がより大きくなる傾向が見られた。これは1次固有周期が長くなることで、モデルの2次モードの影響が大きくなったためと考えられる。これらのことから、突風時の建物の応答は、建物の固有周期と、風速の立ち上がり時間との関係性により変化すると考えられる。今後、建物の応答特性に及ぼす風速の立ち上がり時間の影響を検討する必要がある。

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計1件)

1. 竹内直広, 竹内 崇, 孫玉平, 金容徹: 立ち上がり時間の短い突風を受ける建物の層風力の特性に関する研究, 日本建築学会大会, 広島工業大学, 2017.8.

[図書] (計0件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等]

なし

5. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 崇 (神戸大学)

(2) 研究分担者

1. 前田潤滋 (九州大学)
2. 金容徹 (東京工芸大学)
3. 田村幸雄 (東京工芸大学)
4. 松井正宏 (東京工芸大学)
5. 吉田昭仁 (東京工芸大学)