風速急変時における構造基本断面のovershoot現象に関する基礎的研究

第I部門

京都大学工学研究科	学生員	○加藤嘉昭	京都大学工学研究科	正員	白土博通
京都大学工学研究科	学生員	前田耕治	京都大学工学部		高杉祐仁

Wind

Shutter A Shutter B

1. 序論 竜巻等の突風作用時の構造物の耐風性は未解明の点も多く,従来まで考えられてきたガスト応答係数を 用いた空気力算定式による設計では不十分である.なぜならば、突風発生時における空気力は、風速の乱れ成分 よりも主風速の変動そのものに着目すべきだからである.本研究では、風速急変時において発生する抗力の overshoot 現象[1]に着目し、表面圧力測定実験及び過渡抗力測定実験を行い、構造基本断面における overshoot 現

象について検討を行った.また、従来の抗力算定 式に inertia force を加えた新たな抗力算定式を用 いて、解析により求まる抗力と実験結果との比較 検討を行った. overshoot 現象の発生メカニズム を明らかにすることができれば、構造物や列車等 の耐風設計において非常に有益な成果をもたらす と期待できる.

2. 風洞システム 使用した風洞システムは, 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専 攻内に設置された吸い込み式の非定常気流 発生風洞である.本研究では風速が急変す る場合の空力特性を対象としており、主流 をできるだけ step 関数的に非定常に変化さ せるため, Fig.1 に示す風洞を用いた. 風洞

は測定部高さ200 [mm],幅200 [mm],測定部全長3000 [mm]の非定常気 流発生風洞であり、下流部に空気吸入窓、2 種類のシャッターA, B を有 する. 定常風速はシャッターA のスリットを調整することにより制御さ れ,また非定常な気流はシャッターB を全閉の状態から急激に開放の状 態にすることにより発生させることができる.模型の圧力を測定する前 に突風発生時における風洞内の静圧分布を調べた.風洞床面上の Fig.2 の Tunnel tap 1~5 における,定常風速 U=8.77 [m/s]となる突風発生時の 圧力分布を Fig.3 に示す. これより, 風洞内静圧は全ての圧力孔におい て同時に変化するが、下流方向にいくにつれて負圧ピークの絶対値が大

20 40 30 2-D model Wind 30 30 90 Fig.1 風洞実験装置 [mm] 800 180 202 185.5 180 34.5 熱線サポ 100 ピトー管 wind 145 3 Δ Tunnel tap no. 1 5 Fig.2 風路内圧力孔位置[mm]



Honeycomb

60

120

きくなる傾向がみられた.なお、以下で述べる圧力は、模型に設置された圧力孔から計測された値と Tunnel tap 1(最上流)における静圧との差で評価している.

3. 表面圧力測定実験 本研究では、構造基本断面(B/D=0.5, 1.0, 2.0, 5.0)及び円柱断面を対象に表面圧力測定実験を行っ た. その結果, B/D=2.0, 5.0, 円柱断面において overshoot 現象が発生していることが確認できた. Fig.4 に B/D=5.0 断面の前面・後面の圧力及び抗力係数の同時プロット図を 示す. この図より, 抗力が急増する無次元時間において模 型後面の圧力は負圧を示すが、同時刻において模型前面の 圧力は正圧の絶対値が増大しており,これにより overshoot 現象が生じていると考えられる.



Yoshiaki KATO, Hiromichi SIRATO, Koji MAETA, Yuzi TAKASUGI

4. 風路内静圧変化が及ぼす overshoot 現象への影響 2 節で述べたように、 本風洞では風路内各点において風速急変時に負圧のピーク値が圧力孔位置 により異なるため、特に *B/D*=5.0 断面において模型前後面の静圧差による overshoot 現象の発生の可能性について検討を行った. Fig.3 より定常風速 *U*=8.77 [m/s]の突風発生時において、風路内の静圧差は圧力孔間約 180 [mm]で 25 [Pa]程度である. 圧力は風速の 2 乗に比例することから、 *B/D*=5.0, *U*=3.05 [m/s]のケースでは、突風発生時に生じていると考えられる 静圧差から求まる抗力差は 0.016 [N]と評価される. Fig.5 より、このケース における抗力のピーク値は、定常値に比べ 0.05 [N]大きかったため、その 静圧差が抗力のピークに寄与する割合は約 30 %程度と判定される. このこ



 一. 航灯 [N] 一. 風踏圧刀 [Pa (Tunnel tap 1)
 Fig.5 模型抗力・風路内静圧 (B/D = 5.0, U=3.05 [m/s])

とから、風速急変時に模型幅で生じる静圧差の overshoot 現象への寄与は小さいものと考えられる.したがって、 抗力のピークを発生させる要因は前面及び後面の静圧差以外に別の要素により発生しているといえる.

5. 過渡抗力測定実験及び抗力算定式との比較 物体に作用する力は、風速が急変する場合に働く inertia force と 物体に作用する抗力を足し合わせて、

$$F = \rho V C_m \dot{U} + \frac{1}{2} \rho U^2 A C_D \tag{1}$$

と表わすことができる. 但し, $\rho$ :空気密度 [N/m<sup>3</sup>], V:体積 [m<sup>3</sup>],  $C_D$ :抗力係数,A:投 影面積 [m<sup>2</sup>],  $C_m$ : inertia coefficient である.本 研究では,式(1)を用いて過渡抗力測定実験結 果との比較検討を行った. overshoot 現象が顕 著に見られた B/D=5.0 断面では, Fig.6 より, 抗力算定式により比較的よい精度で時刻歴過 渡抗力特性を表現できた. また,抗力が急変



する無次元時間で inertia force が増加しているため, overshoot 現象を引き起こす原因として, inertia force の寄与 が大きいと考えられる.また, Fig.7 に示すように,カルマン渦が強く放出される *B/D*=0.5 の断面では, overshoot 現象は確認できなかった.以上の結果より,抗力のピークと渦放出は密接な関係があると考えられる.そのため, 風速急変時のカルマン渦放出及び既往の研究で報告されている対称渦[2][3]についても詳しく検討する必要がある. また,式(1)の第2項で表わされる抗力にも非定常性が存在する可能性があり,その非定常性が overshoot 現象に 及ぼす影響について検討する必要がある.

## <u>6. 結論</u>

1) 表面圧力測定実験により, B/D=2.0, 5.0 断面及び円柱にて overshoot 現象が確認できた.

- 2) *B/D*=5.0 断面において,風路内静圧変化が抗力のピークに寄与する割合は約 30%程度であり,模型幅の静圧 差が overshoot 現象を引き起こす割合は小さかった.
- 3) *B/D*=5.0 断面では,抗力算定式により比較的よい精度で時刻歴過渡抗力特性を表現できた.また,抗力のピークがみられる時間において inertia force が急増していることが確認できた.
- 4) 今後,式(1)の第1項に関して、粘性及び渦の影響を考慮する必要がある.また、式(1)の第2項の抗力に非定常性が存在する可能性があるため、その非定常性が overshoot 現象に及ぼす影響について検討する必要がある.
  【参考文献】

- [2]T. Sarpkaya: "Separated Flow about Lifting Bodies and Impulsive Flow about Cylinders", American Institute of Aeronautics Astronautics Journal, vol.4, No.3, pp.414-420, 1966
- [3] T. Sarpkaya: "An Analytical Study of Separated Flow about Circular Cylinders", Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, Journal of basic engineering, pp.511-520, 1968

<sup>[1]</sup>白石成人,松本勝,北川雅章: "風速が急変する場合の物体に作用する空気力",第7回風工学シンポジウム論文集, pp.107-113, 1982