

氏 名	川 村 純 夫
	かわ むら すみ お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 152 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 42 年 5 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	塔状構造物の風による振動に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 石崎 潑雄 教授 金 多 潔 教授 若 林 実

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は構造物の耐風設計を合理的に行なうことを目的とした研究で、主として鋼製煙突および鉄塔を直接の対象とし、これらがどのような構造特性をもつとき風によって振動を生じるか、また、どの程度の大きさの振動を生じるかについて追求したものであり、10章より成っている。

I章は序論で、構造物の風による振動現象を振動発生機構別に分類し、内外の諸研究を収集し、現在、実験的に明らかにされている事実、あるいはそれに対する種々の理論を整理し、さらに未解決の問題について述べている。

II章では鋼製煙突の風による振動に関する従来の諸説について論じ、そのいずれに拠っても説明し得ない現象のあることを述べて、研究の出発点としている。

III章は、これらを説明するために実物煙突について行なった諸実験の概要で、実物煙突の固有振動周期、減衰率、たわみ分布、基礎の運動状況を示すとともに、特定の風速の範囲でいちじるしい振動を生じる煙突が存在し、レイノルズ数のきわめて高い場合にも、周期的な渦が発生することを明らかにしている。また基礎の回転により、頂部の振幅の増大する割合を求め、基礎の固定度が重要であることを示した。

しかし、実物煙突の実験は自然風の下で行なわれるため、広範囲の風速についての実験がむずかしい。

よってIV章では、実物実験で究明し得ない基本的な問題に着目し、風洞による円筒模型実験を行なった結果について述べている。まず静止した円筒の場合にはレイノルズ数の比較的低いときに規則的な渦が発生し、レイノルズ数が高くなると渦の発生が次第に不規則になるが、円筒が振動する場合には、たとえレイノルズ数が大きくても、円筒の固有振動数とほぼ等しい振動数をもつ圧力変動が円筒表面に現われることを示している。すなわち円筒の運動により渦の発生が規制されるわけである。また、風速を次第に増したときと、次第に減少させたときでは、たとえ風速が等しくても、円筒の振幅は異なる場合があり、これは、その現象に非線型の特徴が内在するからであり、運動状態にはその履歴が影響していることを示した。

V章は、前章までの実験によって得られた事実に立脚して、現象を統一的に把握するための理論的考察である。煙突設計上からは、煙突がどのような構造的性質をもつとき、不安定振動を生じるか、また振幅はどの程度に達するかが重要である。著者は、この二つの問題を動的安定問題と応答問題とみなし、まず渦の発生数を定めるストローハル数を、無次元化された振幅の関数と仮定した。これにより、煙突が共振状態となるか、ならないかの判別式を得、また種々の風速時における最大振幅が計算され、また自励系の強制振動として得られた共振曲線が非線形の性質をもつとして、模型実験結果を説明している。また Scruton 等が実験的に求めた振動安定曲線と、ほぼ一致する曲線を理論的に求めることに成功した。本章の最後では、自然風の乱れの影響が、この振動現象に対して少ないことを示している。

VI章は風による鉄塔の倒壊原因について考察し、これを静力学的要素と動力学的な要素とに分け、前者としては、実際の風速が地形、地物などの影響により設計風速をはるかに超える場合があることを示し、後者としては、自然風の乱れによる鉄塔の振動、鉄塔の横揺れ振動、個々の部材の振動と塔全体の振動との共振、架線の振動と塔体との共振、塔体のねじれ振動、基礎の動的応答等の問題が重要であることを述べている。

VII章は、これらの問題を究明するために、実物鉄塔について、固有振動周期、減衰率、高さ方向のたわみ分布、部材の振動性状、基礎の運動状況等、実験で得られた結果を示し、これを振動論的に説明している。とくに、高次の振動形が誘発される場合も多いことを示し、その場合には鉄塔上部の動的応力が増して、設計応力状態と、かけ離れてくる点に注意を喚起している。また風圧力の高さ方向分布と、鉄塔の振動によるたわみ分布は、同一の傾向にあることを示している。

VIII章では自然風の乱れの構造、および乱れによる構造物の振動に関する確率統計的方法について論じ、2点間の自然風の乱れの相関を評価するため、空間相関係数の近似値の精度を高める一方法を提案している。

IX章では、自然風による風圧変動を実測にもとづいてモデル化し、これが片持ばりに加わる分布荷重になるとして、その振動を解析し、塔体の振幅を、風圧変化の平均値からの偏差、時間的変動による倍率係数、ならびに空間的な風圧分布による係数の積で表わし、鉄塔設計上の資料としている。

X章は結論で、以上の研究結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

鉄塔、煙突のような塔状構造物が風によって生じる振動の問題は、これらの耐風設計上、きわめて重要である。本論文は塔状構造物が、どのような構造特性を有するとき振動を生じるか、また、その大きさは、どの程度に達するかを明らかにするために行なった実験的、理論的研究を取りまとめたものである。

著者は、まず鋼製煙突を対象として実物実験、および風洞による模型実験を行ない、その振動性状、基礎の運動状態、および風による構造物表面の風圧変動、風速と振幅との関係等を明らかにした。これらの実験結果にもとづいて、煙突背後の渦の発生数を規制するストローハル数につき、これを無次元化した振幅の関数に仮定し、煙突が、その構造性状によって不安定振動を生じるかどうかの判別式を得た。また、この振動現象が非線形の性質を有することを説明し、種々の風速時における最大振幅を計算する式を求

め、Scruton 等が実験的に求めた振動安定曲線と、ほぼ一致する曲線を理論的に求めることに成功した。

つぎに、風による鉄塔の倒壊に関する資料を整理し、その倒壊原因について追求し、これには静的な風圧力のみならず動的な風の作用が大きな影響をもつことを示し、実物の鉄塔について行なった各種の実験から、その振動性状を明らかにしている。また自然風の乱れの構造、および乱れによる構造物の振動に対し確率統計的方法を適用して、鉄塔の動的問題を論じ、その振動の計算方法を示している。最後に、自然風の風圧変動によって鉄塔に加わる荷重の大きさを評価している。

以上要するに、この論文は塔状構造物の風による振動問題を究明し、耐風設計の資料としたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よってこの論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。