【253】

| | |
|---|---|
| 氏　名 | 木　村　雄　吉（き　むら　たけ　よし） |
| 学位の種類 | 工　学　博　士 |
| 学位記番号 | 論　工　博　第 166 号 |
| 学位授与の日付 | 昭和 42 年 7 月 24 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 | **Studies on Hypersonic Gun Tunnel**<br>（極超音速ガン・タンネルに関する研究） |
| 論文調査委員 | （主　査）教　授　神元五郎　教　授　玉田　晄　教　授　桜井健郎 |

## 論　文　内　容　の　要　旨

この論文は極超音速風胴として用いられるガン・タンネルの性能とその性能を左右するピストン運動ならびに風胴性能向上のための技術的問題などを解明し，さらに極超音速流れの中におかれた鈍頭円錐体の周りの流れを理論的，実験的に解明した結果について述べたもので，緒言，4章および結論からなっている。

緒言ではガン・タンネルが従来の衝撃風胴に代って極超音速風胴として用いられるに到った経緯について述べている。

第1章は極超音速ガン・タンネルにおけるピストンの加速および減速期の運動，ピストン前方の衝撃波速度，ピストン運動による岐点状態および測定室における気流のマッハ数とその持続時間などの一般性能の理論と著者の用いた小型ガン・タンネル装置の構造とその性能実験の結果とについて述べている。すなわち高速風胴の性能としてもっとも重要なものは作動流体の岐点圧力，温度であるが，従来ガン・タンネルの場合，銃身内を高速度で運動するピストンがピストン面と銃身端面との間の反射衝撃波によって減速することなく等速度で運動し，3回目の反射衝撃波によって初めて瞬間的に静止して岐点圧力が得られるという仮定の下に Cox, Winter が岐点状態を理論的に計算している。しかし実際にはピストンは上述の反射衝撃波との衝突毎にその速度を減速し，次第に平衡岐点圧力がピストン前方に得られるという事実から，むしろピストンの質量を零と近似した，衝撃風胴における平衡仕立面法の一つの応用として計算する方法が妥当であるとして，著者はこの近似計算を行ない，実験結果とよく一致した結果が得られることを述べている。さらにピストン運動を解析するに必要なピストン前後の圧力，ピストン運動による銃身内の衝撃波の形成とその速度，岐点状態の高温高圧空気の極超音速ノズル内の膨張による流れのマッハ数とその持続時間などを計算し，実験結果とよく一致することを確めている。

第2章では，極超音速ガン・タンネルにおけるピストン運動について理論的に解析し，実験結果との比較について述べている。従来このピストン運動の解析は銃尾部の容積が極めて大きいとして，すなわち銃

尾部と銃身部との断面積比が無限大であるという仮定の下に行なわれている。著者はこの断面積比が有限であるとし，この銃尾部と銃身部との間の隔膜部における断面積変化は単調な狭まりノズルとした場合とこの隔膜部に有孔板を挿入して，これを狭まり一拡がりノズルとして取扱った場合とについてそれぞれピストン運動を解析している。一方このピストン運動を測定するためにマイクロ波発振回路を用い，従来の測定では銃身端部を閉じて計測を行なっているに対して，著者はノズル喉部にマイクロ波アンテナを封入した装置を考案し，これを用いて風胴として作動中の銃身内ピストン運動を測定している。そして測定の結果は上記の解析による理論計算の結果とよく一致することを示している。

第3章では極超音速ガン・タンネルの運転性能の向上のための技術的問題の解析とその実験結果について述べている。前章で解析したピストン運動は測定室内の高速気流の一様性に密接な関係をもつものであり，とくに銃身端近くにおけるピストンの急激な減速によって銃身端内部の気体の圧力にピークが発生し，ピストン運動は激しい振動運動を伴いながら静止し，測定室内の流れは時間的に一様でなくなるのみならず，ときにはピストンを破壊する。このピーク圧力は銃尾部と銃身部との初期圧力比とピストン重量とによって決まることを理論的に解析し，理論値が実験結果とよく一致することを示している。このピーク圧力を減少させ，ピストン運動によって得られる平衡圧力と等しくするような条件は上記の理論によって決まり，ガン・タンネルにおける初期気流の一様性を得るためにはいわゆるピストン平衡法が有効であることを述べている。さらに銃身端近くでピストンが減速するとき，その背後に衝撃波が発生し，これが隔膜部で反射する場合，隔膜部における面積比から膨脹波が反射してピストンを引きもどし，銃身端部の気体の岐点圧力を低下させる。その結果ガン・タンネルにおける末期気流の一様性が破れ，気流の持続時間が短くなる。したがって隔膜部に有孔板を挿入し，孔の面積比のある値において反射膨脹波を弱め，ピストンの振動運動をなくして気流の持続時間を長くする，いわゆる有孔板法についても理論的に解析し，この方法もガン・タンネルの運転性能の向上に有益であることを実験によって示している。なおピストン重量を極めて大きくした場合についてもピストン運動とそれによる気体の圧縮について解析し，実験結果と比較し，このヘビー・ピストン法による運転は衝撃波管の高圧高温駆動気体源として有効であることを述べている。

第4章は極超音速ガン・タンネルにおける模型実験，とくに極超音速流中の鈍頭円錐体について空気力学的な理論とその実験結果とについて述べている。すなわち著者の製作した歪計天秤を球，半球柱体，n乗物体およびスパイクの付いた半球柱体などの模型内に装着して，マッハ数10，12，14の下で抗力の測定を行ない，これらの模型のニュートン理論による抗力や既存の測定結果と比較して，著者の実験法が十分正確であることを確めている。つぎに先端を球状に丸くした円錐体について，Chernyi の等価性原理を展開し，この物体の周りにできる衝撃波の形状，物体表面の圧力分布と抗力係数とについて計算し，一方マッハ数10の下でシュリーレン写真撮影を行なって衝撃波形状を測定し，歪計天秤によって抗力係数を求めて，実験結果が上記の理論計算とかなりよく一致することを示している。

結論は以上の結果をまとめたものである。

## 論文審査の結果の要旨

この研究は極超音速風胴としてもっとも新しい型式のガン・タンネルの性能とその性能向上のための運転方法について理論的に解明し，我が国初めての小型ガン・タンネルを用いて実験を行ない，さらに極超音速流れの中におかれた鈍頭円錐体の周りの流れを理論的，実験的に研究したものである。高速風胴の性能のうちもっとも重要なものは作動流体の岐点圧力，温度であるが，ガン・タンネルの場合この岐点圧力，温度の推定に極めて近似的な方法が採用されていた。著者はガン・タンネル銃身内を運動するピストンが軽量である点に着目し，このピストン重量を零と近似して，衝撃風胴における平衡仕立面法の一つの応用として計算する方法を導き，この計算の結果が実測結果とよく一致することを見出している。

次に銃身内におけるピストン運動がガン・タンネルの性能に密接な関係をもつことから，ピストン前後に働く圧力，その前後に生ずる衝撃波の形成などピストン運動の解析に必要な因子について詳細に検討し，ことに銃尾部と銃身部との断面積比を無限大とする従来の仮定に対して，著者はこの面積比を有限としてピストン運動を解析している。さらにガン・タンネルを風胴として運転している場合のピストン運動を，著者の考案によるマイクロ波アンテナ装置をノズル喉部に装着して測定し，以上の解析の結果が実測値とよく一致していることを示した。

一般に風胴では測定室内の気流が時間的にも場所的にも一様であることが望ましい。とくにガン・タンネルのような間歇風胴では気流の時間的一様性は気流の持続時間に直接影響をもち，空力測定上からも重要である。著者は測定室における気流の初期に発生する激しい振動を防止するためピストン平衡法を提案し，前項のピストン運動の解析結果から銃尾部と銃身部との初期圧力比とピストン重量との間の関係を解析し，その結果が実験結果とよく一致することを示した。さらに反射膨脹波によるピストン引きもどしによって気流の末期において一様性が破れることを防止するため，著者は有孔板を隔模部に挿入する有孔板法を考案し，孔のある面積比においてこの方法が有効であることを実験的にも示している。

なお著者は小型ガン・タンネルを用いて二，三の模型の風胴実験を行ない，実験結果が理論値や既存の実験値と比較して十分正確であることを確認した後，極超音速空気力学の現在の重要な問題の一つである，鈍頭円錐体について，Chernyi の等価性原理を展開して，衝撃波の形状，表面圧力分布さらに抗力係数を計算している。Chernyi は先端を切りおとした鈍頭円錐体について計算しているのに対して，著者は先端を球状に丸めた円錐体について詳細な計算を行ない，衝撃波の傾斜と抗力係数が先端の鋭い円錐体の場合より小さくなるところがあることを理論的にも実験的にも明らかにした。

以上要するにこの論文は極超音速ガン・タンネルの性能について詳細な検討を加え，その運転に有効なピストン平衡法と有孔板法とを提案して，設計に必要な資料を提供したのみならず，それを用いて鈍頭円錐体に対する極超音速空気力学的な解を示したもので，学術上実際上寄与するところが少なくない。

よって本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。