

氏 名	高 橋 康 英
	たか はし やす ひで
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 539 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 9 月 25 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	電 気 機 器 の 耐 震 設 計 法 に 関 す る 基 礎 的 研 究

(主 査)
論文調査委員 教授 金 多 潔 教授 小 堀 鐸 二 教授 南井良一郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、送配電用静止機器が近年高電圧化・大型化されつつあることに対処して、現状の電気機器の耐震性をいろいろな手法を用いて把握するとともに、新機種の開発過程を通じて、耐震強度の検討方法と強度の向上策について研究した結果をとりまとめたもので、緒論、6章、結論からなっている。

第1章（緒論）では、今日の電力需要量の増大が必然的に高電圧による送電を招来し、機器の地上高さを増大せしめるとともに社会的、経済的、環境的条件から、これまでに見られなかったような構造的に複雑な機器を出現せしめるに至った過程を明らかにし、そのために機器に十分な耐震性を附与し、保障する設計法に関する研究が必要になった経緯について述べている。

第2章は機器の震害例を採り上げたもので、国内および国外の幾つかの例について検討を加え、しや断器、断路器、避雷器、碍子型変流器、あるいはブッシングなど各種の電力機器の地震に対する構造強度上の欠点や被害の特徴について記している。

第3章は電力機器の静荷重特性と構造解析に関するもので、電力機器の構成材料の弾性諸定数と図面上の形状から単純な理論で固有振動数や変形特性を求めると実測値とは非常に異なった値を示すことが多いが、著者はその誤差の原因が何処にあるかを静荷重試験を繰り返すことによって明らかにした。また、その資料に基づいて精度良く変形特性を計算するためにはマトリックス構造解析法によることが必要であると述べ、電子計算機を利用する際の一つのプログラムを開発している。

第4章は電力機器を構成する材料の中でとくに一般の構造材料と著しい違いを有する碍子についてその静的強度を測定した結果を示したもので、磁器の材料強度は寸法・形状によってかなりの差があり、試験片形状で $900 \sim 1100 \text{ kg/cm}^2$ 、碍管形状では $300 \sim 600 \text{ kg/cm}^2$ の材料強度値が得られることを明らかにした。また、磁器およびセメントの素材の振動減衰率と、これを碍管とした場合のフランジおよびその接続部を含む部分の減衰率を測定して、入力振幅との関係を示した。

第5章においては、地震波またはこれに代わる変位入力に対する応答計算法は種々あるけれども、その

中で代表的なアナログ・コンピュータを用いる方法とデジタル・コンピュータを用いる方法ならびに統計的手法について検討を加え、とくに複雑な構造の電力機器を設計する場合にはデジタル・コンピュータを用いるのが適当であることを述べている。

地震波形は一般に極めて複雑で、地震毎に、あるいは記録された場所の相異などによっても性状を異にするものであり、さらに将来、特定の場所に起るであろう地震の波形については何人もこれを予測することができないところから、従来、地震波形の代りに人工的波形を加えて耐震強度を評価しようとする試みがあった。現在、わが国の電力界でも正弦波の数パルスで加振した場合の機器の地震応答を参考にする手法も提唱されている。著者はこの正弦波による加振が実際にどの程度の厳しさを有するものかを既往の地震波との比較においてとらえ、またホワイト・ノイズなどのランダム波による影響についても検討した。

第6章はすでに確立されているモデル実験法を電気機器の耐震強度の検討手段として採用した場合の結果を纏めたもので、これが電気機器に対しては碍子型のガスしや断器、ブッシング、高圧の碍子型避雷器などの塔状構造物の場合のみならず、大型キュービクルや GIS (Gas Insulated Substation) のような空間構造物に対しても有用であり、とくに今後さらに大型化する送配電施設の耐震強度を検討する上で不可欠なものであることを強調している。そして、たとえば新しいタイプの 500KV GIS のモデル加振実験からは振動減衰率が 2.0~2.5% であって一般の鋼構造物の値と良く一致すること、共振周波数は実物換算で 1.6~9.6 Hz と広い範囲にあること、地震波に対する応答倍率は最大 6.6 倍、平均 4.5 倍であることなどの定量的な結果を得ている。

第7章は実物の電力機器の加振試験について述べたものである。実物の機器そのものが加振できるならば、設計計算の精度も確認でき、機器の耐震性に関する信頼度を高め得るので耐震設計上極めて望ましいことである。著者による基礎実験の結果、電油サーボ型加振機がこの種の加振に最適であるとの結論が得られたので、著者は加振機の製作と設置を試み、多数の電気機器について、地震波および人工的波形に関する加振試験を行なった。その結果、各種電気機器の振動特性が明らかにされると同時に、デジタル・コンピュータによる設計計算は実用上十分な精度で行ない得ることも確認された。

第8章(結論)では、以上各章での考察を総括するとともに、現状における電気機器は、その固有振動数範囲と地震波の卓越周波数範囲が重なり合うという好ましくない条件下においても、本研究で得られたような適切な資料に基づいて設計を行なうならば、機器の耐震強度は十分に確保できることを結論している。

論文審査の結果の要旨

大都市における電力需要の増大に伴って、送配電用静止機器が高圧化・大型化されつつある現状にかんがみ、これまで以上に耐震設計の重要性が認められている。この論文は、現状の電気機器の振動性状をいろいろな手法を用いて把握するとともに、新機種の開発過程を通じて、その耐震強度の検討方法と強度の向上策について研究した結果をとりまとめたものであって、得られた成果の主なものはつぎのとおりである。

1) 電力機器を構成する材料の中で、とくに一般の構造材料と著るしい違いを有する碍子について静的強度を測定した結果は、磁器(碍子)の材料強度が寸法・形状によってかなりの差があること、そして試験片形状で 900~1100kg/cm²、碍管形状で 300~600kg/cm² の強度値が得られることが明らかにされた。

2) 電力機器の地震応答を求めるにはデジタル・コンピュータの利用が最適であるとして新しいプログラムを開発し、またすでに確立されているモデル実験法を電気機器の耐震性状の検討手段として採用することは碍子型のしや断器、ブッシングなどの塔状構造物のみならず大形のキュービクルなどのような空間構造物に対しても有用であり、とくに今後さらに巨大化する送配電施設の耐震強度を検討する上で不可欠なものであることが強調される。そして、たとえば新しいタイプの 500KV Gas Insulated Substation のモデル加振試験からは振動減衰率が 2.0~2.5% であって一般の鋼構造物の値と良く一致すること、共振周波数は実物換算で 1.6~9.6 Hz と広い範囲にあること、地震波に対する応答倍率は最大 6.6 倍、平均 4.5 倍であることなどの定量的な結果が得られている。

3) 上記のモデル実験法に加えて、中・小規模の電気機器の耐震性は実物加振によって検討することが望ましいとされているが、著者による基礎実験の結果、電油サーボ型加振機がこの種の加振に最適であるとの結論が得られ、加振機の製作と設置を行なって多数の機器について検討を加え豊富な設計用資料を得た。

以上要するに電気機器がその固有振動数範囲と地震波の卓越周波数範囲が重なり合うという好ましからざる条件下においても、本研究は電力機器の耐震強度を十分に確保するための設計上有用な知見を得たもので、学術上、實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。