

平成 31 年 1 月 16 日

埼玉工業大学大学院工学研究科長 殿

学位論文審査委員会

主 査 趙 希禄



副 査 小西 克享



副 査 福島 祥夫



副 査 上月 陽一



副 査 長谷 亜蘭



### 学位（論文博士）論文及び最終試験の審査結果について（報告）

論文申請者氏名： 張 建

論 文 題 目： 深海有人潜水船に適用する卵型耐圧殻に関する研究  
Research on egg-shaped pressure hulls of deep  
manned submersibles

上記の学位（論文博士）について、平成 31 年 1 月 16 日に審査および最終試験を行い、その結果を下記のとおり報告します。

#### 記

#### 1 学位論文の内容の要旨 ＊別添の通り

#### 2 審査意見：

本論文は、最近注目されている深海有人潜水船に適用する耐圧殻の設計問題を解決することを研究目的とする。まず、現在深海有人潜水船に使用されている球型耐圧殻の座屈特性について検討を行い、従来の球型耐圧殻の耐圧性能は乗員の出入口や連結部品などの非対称要素の影響を受けやすく、空間の利用率が低い欠点があることが判った。こそれらの短所を克服するために、本論文では、始めてバイオニックによる卵型耐圧殻を提案とその形状関数、表面積と体積の方程式の解析的な誘導を行い、卵型耐圧殻の座屈変形の支配方程式を与えた。並行して行った数値解析および実験検証の結果により、球型耐圧殻に比べ卵型耐圧殻のほうが、欠陥による影響が受けにくく、滑らかな流線型に近いため、深海有人潜水船の空間利用率と機動性の向上になることが確認できた。

さらに、不均一肉厚を持つ卵型耐圧殻の座屈荷重に関する検討を行い、同強度の設計原理に基づき、各部位の材料が十分に耐圧効果を果たすような不均一肉厚を持つ卵型耐圧殻の設計法を提案した。実際に複数の不均一肉厚と均一肉厚の卵型耐圧殻を製作して、それぞれ高圧による圧潰実験を行い、同重量の条件で比較した結果、不均一肉厚を持つ卵型耐圧殻の座屈荷重が均一肉厚の卵型耐圧殻より大幅に改善したことが確認できた。最後に、深海有人潜水船の耐圧殻に乗員の出入口などを設置するためのアーチドーム構造について詳細な検討を行うために、球型ドームの非線形座屈特性を調べ、幾何学的欠陥形状や局所的な肉厚変化などからアーチドームの座屈荷重に及ぼす影響を検討して、アーチドームの高さと幅の最適な比例関係を求めることができ、提案した卵形耐圧殻を実際に深海有人潜水船の開発に適用するための重要な基礎研究成果が得られた。したがって、本論文は次世代深海有人潜水船の研究開発と技術発展に寄与するものがあり、学術面にとどまらず、応用的価値を有するものと認められ、また論文の最終審査および口頭試問により、本人は当該分野に関する学力も博士（工学）学位に相応しいものであることを確認し、本審査委員会は本論文を博士（工学）の学位論文として合格と判定した。

3 学位に付記する専攻分野の名称（いずれかを○で囲む）

工 学                      学 術

4 学位を授与できるか否かの意見

1) 審査結果（いずれかを○で囲む）


① 学位論文及び最終試験の判定                      合 格                      不合格

2) 意 見

本審査委員会は張建から申請がなされた論文「深海有人潜水船に適用する卵型耐圧殻に関する研究」について、厳正な審査を行い、全員一致で学位論文および最終審査を合格と判定し、張建に博士（工学）学位を授与することが適当であるとの結論に達した。

以 上

学位（論文博士）論文要旨

論文申請者氏名	張 建 （チョウ ケン）			
研究指導教員 所属・氏名	所属	システム工学 専攻	氏名	趙 希禄 
論文題目	深海有人潜水船に適用する卵型耐圧殻に関する研究			

要 旨 の 内 容

<p>本論文では、「深海有人潜水船に適用する卵型耐圧殻に関する研究」を題にして、以下の7章からなる。</p> <p>第1章は緒論である。まず研究背景と目的を述べ、それから本研究に関係する球型耐圧殻、非球型耐圧殻およびアーチドームの座屈問題に関する従来研究成果と問題点を概説した上で、本研究の研究内容と独創性をまとめて、本論文の各章の構成を述べた。</p> <p>第2章では、球型耐圧殻の座屈問題について検討を行う。現在、深海有人潜水船に使用されている耐圧殻はほとんど球型であるため、ここでは、異なる肉厚、欠陥寸法と材料特性を考慮した上で、深海球型耐圧殻の座屈特性および負荷荷重の予測モデルを提案し検討を行った。また、ステンレス製の球型耐圧殻の静水圧試験と数値解析を行い、本研究の提案した解析法の正確性を検証した。さらに、球型殻は理想的な対称荷重と対称変形の特徴を持ち、深海潜水船に多く利用されているが、球型耐圧殻が欠陥または非対称要素に影響しやすく、空間の利用率が低い欠点があることが判った。実際の耐圧殻には乗員の出入口や連結部品などの非対称要素が存在するため、球型耐圧殻の代わりに新しい形状を持つ耐圧殻の開発が必要である。</p>
--

第 3 章では、バイオニックによる卵型耐圧殻の開発について検討を行い、球型耐圧殻の短所を克服するために卵型耐圧殻を提案した。まず、鷺鳥の卵を対象とし検討を行い、その形状関数と形状係数、表面積と体積の方程式を与えて、さらに、卵型耐圧殻の座屈方程式を与えて、卵型耐圧殻のバイオニック設計法を確立した。最後に、卵形耐圧殻と球型耐圧殻を比較して、卵型耐圧殻のほうが、欠陥による影響が受けにくく、滑らかな流線型に近いこと、潜水船の空間利用率と機動性の向上にも有利になることが確認できた。

第 4 章では、幾何学形状パラメータより卵型耐圧殻の座屈特性への影響について検討を行う。まず、卵形耐圧殻の形状係数と座屈荷重との関係を検討して、形状係数が大きいほど欠陥による影響が受けやすくなることが判った。また、肉厚から卵型耐圧殻の座屈荷重への影響について検討を行い、同体積と同重量の前提で球型耐圧殻に比較して、卵形耐圧殻の優位性を確認した。最後に実験を行い、本解析法の正確性が検証できた。

第 5 章では、不均一肉厚を持つ卵型耐圧殻の座屈荷重を行い、同強度の設計原理に基づき、各部位の材料が十分に耐圧効果を果たすような不均一肉厚を持つ卵型耐圧殻の設計法を提案した。また三次元プリンターを利用して、設計した複数の不均一肉厚と均一肉厚の卵型耐圧殻を製作して、それぞれ圧潰実験を行い、同重量の前提で比較して、不均一肉厚を持つ卵型耐圧殻の座屈荷重が大きく改善したことが確認できた。

第 6 章では、潜水船の耐圧殻に乗員の出入口などを設置するためのアーチドーム構造について検討を行うために、球型ドームの非線形座屈特性を調べて、アーチドームの高さと幅の比例関係、幾何学的欠陥形状や局所的な肉厚変化などから座屈荷重に及ぼす影響を検討した結果、アーチドームの高さと幅の比を 0.274 としたことが適切であり、一次座屈モードは最も生じやすく、Wagner または Evkin の計算式を用いてアーチドームの座屈荷重を計算することは適切であることが判った。

第 7 章は結論であり、本論文の研究成果および今後の研究課題をまとめた。