

氏名	齊藤 金次郎
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	工博甲第527号
学位授与の日付	令和3年9月24日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	健康弱者の自立歩行を支援する手摺収納式引き戸装置の強度設計と製品開発 (Strength design and product development of Sliding Door with Storable Handrail Supporting Senior and Handicapped Persons to Walk by Themselves)
論文審査委員	主査 教授 野田 尚 昭 " 赤 星 保 浩 " 松 田 健 次 " 山 田 宏 田 中 洋 征 (元本学技術移転アソシエイト)

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

介護が必要とされる高齢者や障害者などの、いわゆる「健康弱者」用の住宅や介護施設、病院等においては、介護者なしでもつかまり歩きができるように、廊下全長にわたり手摺が装着されている。しかし、廊下の途中に引き戸がある場合、通常の手摺は装着できず、自立歩行に困難が生じる。健康弱者の自力歩行が可能な時期に、歩行機能の減退防止の対策がとられた場合、対象者の歩行機能を回復させることが可能である。本研究では、開口力を利用して手摺を収納する引き戸を考案し、高齢者・障害者が安心して使用できるように、設計上の問題に取り組んで製品を開発している。

本論文は以下の6つの章から構成されている。

第1章では、高齢者の日常生活自立度が加齢とともに減衰することを紹介し、高齢者を取り巻く住居環境と自立歩行の必要性を説明している。健康弱者が自立歩行を行うには、廊下等に手摺が連続してあることが必要であるが、多くの廊下は、引き戸によって手摺が分断され自立歩行を妨げているとして、研究目的を説明している。

第2章では、本開発製品が満足すべき設計条件を、人間工学に沿った過去の研究を調査してまとめている。まず、手摺の設置高さ、握りやすい手摺棒の径等の手摺形状寸法に関して、高齢者に適した使い易さを調査している。また、車いすの寸法や日本家屋の廊下寸法の規定から、引き戸開口寸法と手摺の納まり寸法が満足すべき条件を決めている。次に、高齢者に対する調査から、望ましい引き戸最大開口力や、初動開口力の条件

をまとめている。また、転倒時に高齢者が手摺を掴むときの荷重の測定データから、強度上満足すべき手摺荷重を設定している。それらを満足する試作品のモニタリングテストから、高齢者や障害者が便利に使用できるとしている。また、歩行機能が減退して歩行支援を受けていた高齢女性が、単独自立歩行ができるようになった実例を示し、本製品が高齢者および障害者の歩行機能の回復・向上に有用であるとしている。

第3章では、本開発製品の最大開口力の発生のメカニズムを議論している。まず、引き戸開口力のシミュレーション結果より、計算値と実験値を比較して、両者が誤差13%以内で一致するとしている。また、初動開口力が低すぎることも高齢者に危険であることから、ガイドレールを二つの直線と二つの小さなRで大きなRに繋げ、安全な初動開口力を確保できるとしている。開口時の途中で開口力のピークが生じるメカニズムを議論しており、ガイドレール形状と、開口力の計算結果より目標開口力を達成できるとしている。

第4章では、木材の破断強度と疲労強度の見積方法を説明している。本開発製品は機械製品の一つであるとみなせるので、建築設計の規準書に記載されている木質製品の材料強度の説明は不十分であるとしている。具体的には、米国材料試験協会 (ASTM) と日本建築学会 (AIJ) を比較しながら、機械設計で必要となる引張強さや疲労限は、木質材料のどの強度に相当するのか、その算出方法はどのようにすればよいか説明している。例えば ASTM では木質材料に含まれる欠陥の影響を低減係数で考慮するのに対し、AIJ では木質材料としての使用の可否のみを欠陥の数と大きさから決めており、両者は大きく異なるとしている。そして、AIJ と ASTM のデータから、疲労限と静的強度の比である耐久比に相当するものの算出方法を示している。特に、曲げ耐久比と圧縮耐久比は AIJ を採用し、引張り耐久比は ASTM を採用すれば安全側に評価できるとしている。

第5章では、本製品を繰り返し使用する上で、危険箇所となる手摺棒取付金具周辺での強度評価を行っている。FEM解析により、手摺棒取付金具のボルト穴周辺部に生じる、最大引張応力、最大圧縮応力、最大応力振幅に注目して、それらを合板の第4章で求めた合板強度と比較して考察しており、安全性を議論している。取付金具に所定の負荷を掛けて行った繰り返し荷重試験では、所定の繰り返し回数で、顕著な損傷が生じないとしている。また、20万回の繰り返し開閉試験で、走行抵抗が約10%増加するが、使用上の問題はなく、十分な耐用性があるとしている。

第6章は総括であり、本研究で得られた主要な結論を要約している。

学位論文審査の結果の要旨

本論文では、高齢者の自立歩行を支援する手摺収納式引き戸の開発に関して、高齢者が便利に使用できるよう、人間工学的な観点から満足すべき設計条件や、設置する手摺の幾何形状と引き戸開口力の関係をまとめている。また、安全性の観点から、最弱部の強度解析や木質材料の疲労強度の算出法など強度上の考察を行っている。得られた知見

は、福祉機器や木質構造の設計など機械工学の分野に寄与するところ大であり、博士(工学)の学位論文に値するものとして認められる。なお、本論文に関し、調査委員並びに公聴会出席者からは、引き戸をスムーズに操作できる手摺棒の幾何学的関係、繰り返し開閉試験における引き戸の車輪とレールへの摩耗の影響、引き戸開口の力学的現象の説明、数値解析の境界条件等について質問がなされたが、いずれも適切な回答がなされた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士(工学)の学位に十分値するものであると判断した。