

補助事業番号 2022M-200

補助事業名 2022年度港湾工事における捨石均し作業用パワーアシストスーツ開発補助事業

補助事業者名 法政大学 理工学部 機械工学科 医療福祉ロボティクス研究室 石井千春

1 研究の概要

港湾工事において防波堤を建設するための基礎部を築造する際に、潜水士は海中に投入された30～300kgの基礎石を持上げたり、転がしたりしながら運搬して大きな石と小さな石を組み合わせることで表面を平らにする、捨石均し作業を行う。この際、海中の水深10～15mという特殊な環境で長時間作業を行うため、潜水士の身体には大きな負担がかかる。そこで、捨石均し作業の際に、潜水士の腕の疲労軽減を実現する海中作業用パワーアシストスーツを開発し、捨石均し作業に適用した場合の潜水士の労働負荷低減の評価、および安全性の評価を行い、開発したパワーアシストスーツが湾岸工事に利用可能であることを実証する。

2 研究の目的と背景

近年、港湾工事に係る潜水士の担い手不足が深刻な問題となっており、このままでは将来的に技術や技能継承が困難となることが懸念されている。潜水士は陸上とは異なる海中という特殊な環境で、捨石均し作業や各種ブロック類の据付作業などの様々な作業を長時間行うため、潜水士の身体には大きな負担がかかる。そのため、潜水士の海中作業中の労働負荷を低減することにより、若年潜水士の育成を促進して、労働者不足を改善し、海洋土木業界の技能継承を安定して行う必要がある。そこで、潜水士の海中での捨石均し作業における身体的負担を軽減する捨石均し作業用パワーアシストスーツを開発し、海洋土木業界に普及させることにより、潜水士の担い手育成に役立て、若年潜水士の就業を促進させる。これにより、海洋土木業界における労働者不足を改善し、海洋土木における技術や技能継承を円滑に行えるようにして、海洋国家日本の未来を拓くことを目指す。

3 研究内容

(1) アシストスーツ試作機による基礎実験



持上げ作業

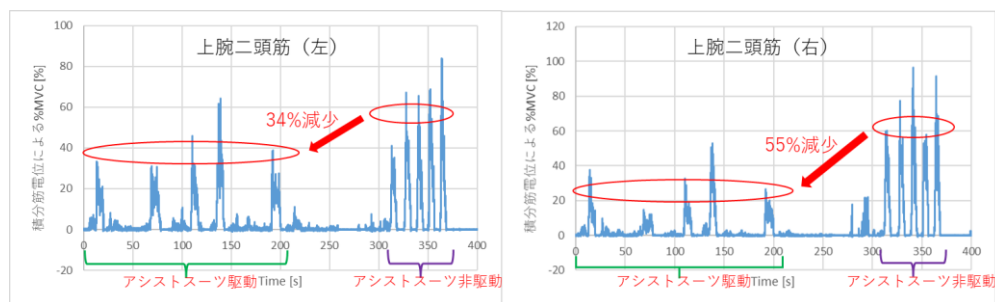


転がし作業

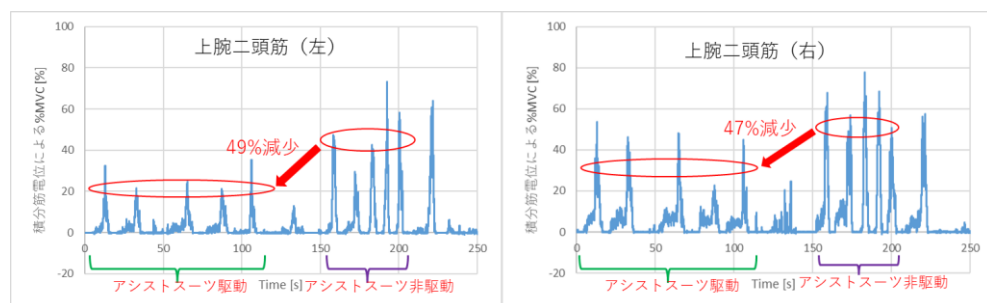
アシストスーツ試作機を用いて、2022年6月13日に岩手県立種市高等学校海洋開発科が所有する潜水実習用プールにおいて、実際に潜水土にアシストスーツを装着してもらい、基礎実験を行った。基礎実験においては、水深5mにおいて潜水土に50kgの土嚢の持ち上げ作業と、100kgの土嚢の転がし作業を行ってもらい、潜水土から「実際の作業よりも少ない力で作業できた」とのコメントが得られた。

(2) アシスト効果の検証実験

2022年10月23日に、種市高等学校の潜水用プールにおいて、アシストスーツ改良機を用いたアシスト効果の検証実験を行った。潜水土に50kgの土嚢を持ち上げて運ぶ作業と、100kgの土嚢を転がす作業を行ってもらい、潜水土の上腕二頭筋の表面筋電位を測定し、アシストスーツ駆動時と非駆動時の筋活動量を比較したところ、アシストスーツ駆動時の筋活動量低下が確認され、アシストスーツによるアシスト効果を定量的に検証できた。



持ち運び作業における筋活動量



転がし作業における筋活動量

(3) レギュレータと耐圧容器の検証実験

2023年3月16日に、種市高等学校の潜水用プールにおいて、レギュレータと耐圧容器の検証実験、および緊急時における安全性の検証実験を行った。潜水土にアシストスーツおよび耐圧容器を装着してもらい、スタンドアローンとして10m地点まで潜水してもらった。

① レギュレータの効果の検証

製作したレギュレータを使用した場合と、従来のレギュレータを使用した場合の潜水前と潜水後の人工筋肉内の圧力値を比較し、水深が変わっても人工筋肉内の圧力値が一定となるためには、製作したレギュレータを使用する必要があることが確認された。

② 耐圧容器の耐久性の検証

水深10m地点で持ち上げ動作等を行ってもらい、浮上後に圧力容器内を確認したところ、浸水はなかった。これより、水圧に耐え、気密性も保たれることが確認できた。

③ 非常用バルブ開放の検証

人工筋肉に圧縮空気が供給され、肘関節が90°に固定された状態でアシストスーツが故障した場合でも、反対側の手で袖付近に設置した非常用バルブを開き、圧縮空気を排出して、肘関節を自由に動かせることを確認できた。これより、緊急時における安全性を検証できた。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

近年、海洋インフラの整備全般に携る潜水土もの高齢化や若手技術者の確保が緊急な課題となっており、このまま推移した場合、将来的に技術や技能の継承が行われず、工事品質が低下することなどが懸念されている。加えて、社会インフラの効果的な整備のために、生産性の向上に取り組むことの重要性が強く認識されている。潜水土は「海洋国家・日本」の海の開発を支えており、我が国の海洋政策を推進する上で欠かせない存在である。潜水土の肉体的な負荷の軽減を図るパワーアシストスーツの研究開発を進めることで、潜水土の担い手の増加や潜水作業における生産性の向上に貢献できると考えている。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

実施責任者は 2015年度に科学技術振興機構 研究成果展開事業 大学発新産業創出プログラム(START)の助成を受けて、人工筋肉を用いた超軽量パワーアシストスーツを開発し、さらに2018年10月から1年間、東京都ロボット産業活性化事業の助成を受けて、姿勢角度を検出して自動的にCO₂ガスを供給し、持ち上げ作業をアシストする、腰補助用パワーアシストスーツを開発した。本研究では、その技術を活用して、水中で潜水土の腕をアシストする海中作業用パワーアシストスーツを開発した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ・ Chiharu Ishii and Shun Iwayama, “Development of an Assist Suit For Underwater Work,” The International Conference & Exhibition for Science (ICES2023). (2023年2月発表)
- ・ 谷川竜太郎, 山本望史, 石井千春, 海中で使用可能な肘関節用アシストスーツの開発と持ち運び動作におけるアシストスーツの有効性の検証, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 (2023 年 6 月発表予定)
- ・ 山本望史, 谷川竜太郎, 石井千春, 海中作業における肘関節用アシストスーツの開発-筋電位測定および呼気ガス分析を用いた転がし動作のアシスト効果の検証-, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会2023 (2023年6月発表予定)
- ・ 市川翼, 根本紘希, 石井千春, 海中作業用アシストスーツのための水圧駆動人工筋肉とその駆動系の開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会2023 (2023年6月発表予定)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- ・ 空気圧駆動型アシストスーツ本体
- ・ レギュレータおよび防水の耐圧容器
- ・ 水圧駆動型アシストスーツおよび駆動回路

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

特になし