

令和 2年 1月 6日

建築・都市システム	学専攻	学籍番号	第 155503 号	指導教員	松本 幸大 中澤 祥二 松井 智哉
氏名	三枝 玄希				

## 論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	鋼・CFRP 接着接合法とその力学性状に関する研究
---------	---------------------------

(要旨 1,200 字程度)

高度経済成長期に建設された鋼構造物を構成する鋼部材が経年劣化によって腐食・減肉し、構造性能が低下している。中でも、我が国の橋梁は50年経過橋梁が年々増加し、2033年には日本の橋梁の67%がこれに相当すると試算されている。そこで、橋梁を含め、インフラストラクチャーの延命化・長寿命化が望まれており、軽量、高強度、高耐久性を有する炭素繊維強化樹脂 (Carbon Fiber Reinforced Polymer, 以下CFRP) が建築・土木構造物への補修・補強において応用されている。

建築・土木構造物への補修・補強において多く採用されているのは、ハンドレイアップ成形法による現場での成形接着工法とCFRPプレートをを用いた接着工法である。これらの工法にはいくつか特徴がある。ハンドレイアップ成形法による成形接着工法は自由な形状での成形によって、様々な条件に適応可能である。しかし、施工は技術者に依存してしまうことから、設計に対する安定した施工が難しい。また、ハンドレイアップ成形法は樹脂の含浸作業を1層毎に進める必要があるため、広範囲・多積層の施工の場合に工期が長期化してしまう。構造物に対する補修・補強の場合は使用者が絶え間なく存在することから、工期の長期化は懸念事項である。CFRPプレートによる接着工法は現場での接着工程のみで施工が完了するため、作業は容易であるが不陸面への接着には不向きであり、形状の自由度が限られてしまう。

そこで本論文では航空・宇宙分野、船舶分野、エネルギー分野等で適用されている真空含浸成形 (Vacuum assisted Resin Transfer Molding, 以下VaRTM) 法を建築・土木分野における鋼構造物の補修・補強への応用のため、鋼構造部材に対するVaRTM法を用いた接着接合法の確立とその力学性状を分析することを目的とする。

本論文は7章で構成されている。

第1章では序論として、研究背景と目的について述べる。

第2章では本研究で用いるVaRTM法を始めとするFRP成形法について、既往研究を交えて述べる。

第3章では、本研究で用いたVaRTM法による鋼構造部材への安定した成形接着工法の実現のため、走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope, 以下SEM) による表面分析を行うことで、成形接着時に必要な諸手順について述べる。

第4章では、VaRTM法を用いた鋼/CFRP接着接合試験体について剥離時に接着層に生じる主応力評価のための試験法を提案し、既往の主応力評価式および有限要素解析との比較を行った。

第5章では、基礎的な接着強度評価として、二面引張剪断試験および鋼材の降伏を伴う3点曲げ試験を通じた接着剪断強度と曲げ変形下による接着強度の評価を行った。

第6章では鋼板に対する曲げ補強を目的にCFRPの断面設計を行い、3点曲げ試験を通して評価を行った。

第7章では各章で得られた研究結果の要約を統括し、結論とする。

Date of Submission (month day, year) : 1/6/2020

Department of Architecture and Civil Engineering	Student ID Number	D155503	Supervisors	Matsumoto Yukihiro Nakazawa Shoji Matsui Tomoya
Applicant's name	Genki Mieda			

**Abstract (Doctor)**

Title of Thesis	Study on the bonding method for CFRP onto steel surface and its mechanical behavior
-----------------	---

Approx. 800 words

It can be confirmed that many steel structures constructed during the period of high economic growth are corroded and thinned due to aging, and the structural performance is degraded. It is estimated that the number of Japanese bridges used for more than 50 years is increased year by year, and in 2033, 67% of Japanese bridges will correspond to this. Therefore, it is desired to extend the life of infrastructure including bridges, and the carbon fiber reinforced plastic (CFRP) that has light weight, high strength, and high durability performance is used for construction and civil engineering structures. The most commonly used repairing and strengthening of buildings and civil engineering structures are the on-site molding and bonding method using hand lay-up technique and the bonding method using the CFRP plate. These methods have several characteristics. The molding and bonding method by hand lay-up can be easily applied to various conditions of shape. However, since construction depends on engineers, it is difficult to perform stable construction for the design. In addition, the hand lay-up technique requires the resin impregnation process to be carried out layer by layer, so that consuming a long construction time in the case of wide-area and multi-layer construction. In the case of repairing / strengthening of structures, since there are constant users, the extension of construction time becomes a concern. The CFRP plate bonding method is completed by only on-site bonding process, so the work is easy but not suitable for bonding to the un-uniform surface. Therefore, in this thesis, a vacuum assisted resin transfer molding (VaRTM) method, which is applied in the aerospace, marine and also energy field, is applied for repairing and strengthening steel structures in the construction and civil engineering fields. Hence, this thesis purposes to establish an adhesive bonding by using VaRTM method for steel structural members and analyzing its mechanical behavior.

This thesis consists of 7 chapters as follow.

In Chapter 1, the research background and purpose are described. .

In Chapter 2, the FRP molding process including the VaRTM method developed in this thesis is described.

In Chapter 3, in order to realize a stable molding and bonding method to steel structural members using the VaRTM method, surface analysis by a scanning electron microscope is performed. The requirement procedures for bonding method by VaRTM are also described.

In Chapter 4, proposes an experimental method for evaluating the principal stress generated in the adhesive layer at the time of peeling for steel/CFRP bonded specimen made from the VaRTM method, and compares it with the existing principal stress evaluation equation and finite element analysis.

In Chapter 5, basic bond strength evaluation, bond strength under shear loading and bending deformation through a double strap tensile shear test and a three-point bending test with yielding of steel are evaluated.

In Chapter 6, CFRP strengthening shapes, cross-section, and taper position of CFRP were designed for bending steel plates and evaluated through a three-point bending tests.

In Chapter 7, the research findings in this thesis are summarized.