

学 位 論 文 要 旨 (Summary of the Doctoral Dissertation)	
学位論文題目 (Dissertation Title)	Experimental study on cementitious mortars for repairing RC members (鉄筋コンクリート部材の補修用セメント系モルタルの実験的研究)
氏名 (Name)	Madeira Branco Leandro
東ティモールなどの発展途上国において、コンクリート構造物の効果的な補修・修復は、インフラの長寿命化を図る上で極めて重要である。本論文では、鉄筋コンクリート（RC）はりに対する様々な補修材料の構造性能と持続可能性に関する実験的・数値解析研究を報告する。本研究では、普通ポルトランドセメントモルタル（OPCM）、ポリマー改質セメント（PMC）モルタル、ポリプロピレン繊維（PF）補強 OPCM、エポキシ樹脂（ER）といった補修材料の有効性を比較した。 RC はりの付着強度と構造性能を検証するため、先ずスラントせん断試験および二面せん断試験を実施した。さらに、表面補修または底面補修を施した RC はりの曲げ試験を実施するとともに、有限要素（FE）解析を通じて構造性能評価を行った。 研究結果より、OPCM は市販の PMC モルタルと同等の構造性能を示したことから、その代替材料として使用可能であることが示唆された。PF の添加は RC はりの延性を向上させたが、ひび割れ発生が増加することで、剛性は低下した。ER については、接着剤としての性能が施工時期に強く依存するものの、RC はりのひび割れ抑制効果と破壊に至るまでの変形挙動を改善できた。本研究では、OPCM で補修した RC はりの損傷パターンとコンクリートの圧壊を適切にシミュレートできる FE モデルの有効性を確認した。これらの知見は、資源制約を受ける環境において、OPCM による補修の有効性を示すとともに、先進材料の詳細な評価の必要性を示唆している。なお、既存の RC 構造物にこれらの補修技術を適用するには、さらなる研究が必要である。 本論文は計7章で構成されている。各章の概要は以下の通りである。 第1章では RC 構造物の補修に関する研究背景と意義について概説した。本研究の目的と範囲を明らかにし、本論文の全体構成を説明した。 第2章では、RC 構造物の補修材料と手法に関する既往の研究をレビューした。補修材料と技術の	

変遷や，費用対効果の評価，および各種材料の耐久性について論じた。

第 3 章では，RC はり補修に用いた手法と材料を詳細に説明した。本研究で補修材料として用いた OPCM に加え，PMC，PF，ER などの先進的補修材を含む各セメント系材料について詳述した。

第 4 章では，コンクリート母材と各種補修モルタル（OPCM，PMC，ER を含む）間の接着強度に関するせん断実験について報告した。本章では，表面状態と材料種が接着挙動に及ぼす影響に焦点を当て，表面粗さ調整を含むスラントせん断試験および二面せん断試験の実験を行い，その結果について考察した。

第 5 章では，4 点曲げ試験を通じて，異なるセメント系モルタルを用いた RC はり部材の曲げ性能を比較した。本章では各種材料，配合設計，補修手順，実験装置について記述した。特にひび割れ発生荷重，たわみ挙動，ひずみ分布，耐荷性能について比較し考察を加えている。さらに FE シミュレーションにより実験結果の妥当性について検証した。

第 6 章では OPCM で補修した RC はりの構造性能に焦点を当てた。曲げ挙動，ひび割れ進展性，終局曲げ耐力を評価するとともに，実験結果と FE 解析結果を比較した。本章は，従来型の OPCM の効果とその適用限界に関して考察した。

第 7 章では，本研究で実施した実験的・解析的検討を通じて主要な知見をまとめた。さらに，持続可能な補修材料の開発，高度な FE モデリング手法の採用，実大規模の実験室結果の検証など，今後の研究課題についても言及した。

様式 7 号 (第 12 条, 第 31 条関係)
(様式 7 号) (Format No.7) 英語版

学 位 論 文 要 旨 (Summary of the Doctoral Dissertation)	
学位論文題目 (Dissertation Title)	Experimental study on cementitious mortars for repairing RC members (鉄筋コンクリート部材の補修用セメント系モルタルの実験的研究)
氏名 (Name)	Madeira Branco Leandro
The effective repair and rehabilitation of concrete structures is critical for maintaining infrastructure longevity, particularly in developing countries such as Timor-Leste. The research presents a comprehensive experimental and numerical analysis of the structural performance and sustainability of different repair methods for reinforced concrete (RC) members. The present study compares the effectiveness of Ordinary Portland Cement Mortar (OPCM), Polymer-Modified Cement (PMC) Mortar, OPCM enhanced with polypropylene fibres (PF), and epoxy resin (ER) systems. This study examined the bond strength of repair materials and the structural performance of repaired RC beams. To evaluate the mechanical properties, the slant and the double shear tests were conducted. Flexural test of the repaired RC beams was conducted, and the finite element (FE) simulation for the flexural test was performed. The results suggest that OPCM is a sustainable alternative to commercial polymer cement mortars that offers comparable structural performance. Adding PF improved ductility, but increased crack susceptibility and reduced the rigidity. Regarding ER, it enhanced crack control and pre-failure behavior; however, its performance as a bonding agent depended heavily on the timing of its application. The study successfully validated an FE model that accurately simulates the damage patterns and concrete-crushing in RC beams repaired with OPCM. These findings confirmed the importance of conventional cement for repairs in resource-constrained environments and the need for detailed evaluation of advanced repair materials. Further study is necessary to fully implement these techniques for restoring RC structures. The experimental study consists of 7 chapters. The outline of the chapter was presented as follows: Chapter I showed the introduction to the background and significance of repairing RC structures. It defined	

(和文 2,000 字又は英文 800 語程度)
(about 800 words)

様式 7 号 (第 12 条, 第 31 条関係)

(様式 7 号) (Format No.7) 英語版

the research objectives, outlined the scope of the study, and described the contents of each chapter.

Chapter II summarized the literature review on repair materials and methodologies for RC structures. The chapter discussed the historical development of repair materials and techniques, cost-performance evaluations, and the durability of different materials.

Chapter III described the methodology and materials used for the RC beam repair program. The chapter explained the specific materials used in the study, including the application of conventional cementitious materials and advanced alternatives, such as PMC, PF, and ER.

Chapter IV presented the test results of the bond strength between concrete substrates and various repair mortars, including OPCM, PMC, and ER. The chapter described the test procedures for slant and double shear tests, including surface roughness preparation. The results and discussion focused on the influence of surface conditions and material types on bond behavior.

Chapter V compared the flexural performance of RC members with different cementitious mortars. The chapter described the materials, mixed designs, repair procedures, and experimental setup. The chapter reported the crack formation, deflection behavior, strain distribution, and load-bearing capacity. In addition, FE simulations validated the experimental results.

Chapter VI focused on the structural performance of RC beams repaired with conventional cementitious mortar (OPCM). The chapter described the experimental program, the material properties, the test specimen preparation, and the experimental procedures. The results were then compared with the results of a finite element analysis to evaluate flexural behavior, crack propagation, and ultimate load capacity. The chapter concluded with the efficiency and limitations of the conventional mortars (OPCM).

Chapter VII summarizes the major findings from the experimental and analytical investigations. The chapter offers recommendations for future research, including developing sustainable repair materials, taking an advanced modeling approach, and validating laboratory results through field-scale applications.

(和文 2,000 字又は英文 800 語程度)
(about 800 words)

(様式9号)

強度に関するせん断実験について報告している。本章では、表面状態と材料種が接着挙動に及ぼす影響に焦点を当て、表面粗さ調整を含むスラントせん断試験および二面せん断試験の実験を行い、その結果について考察している。

第5章では、4点曲げ試験を通じて、異なるセメント系モルタルを用いたRCはり部材の曲げ性能を比較している。本章では各種材料、配合設計、補修手順、実験装置について記述している。特にひび割れ発生荷重、たわみ挙動、ひずみ分布、耐荷性能について比較し考察を加えている。さらにFE解析により実験結果の妥当性について検証している。

第6章では、OPCモルタルで補修したRCはりの構造性能、特に曲げ挙動、ひび割れ進展性、終局曲げ耐力を実験的に評価するとともに、FE解析結果との比較を行っている。本章では、従来型のOPCモルタルの効果とその適用限界に関して考察している。

第7章は、本研究で実施した実験的・解析的検討を通じて主要な知見をまとめたものである。さらに持続可能な補修材料の開発、高度なFEモデリング手法の採用、実大規模の実験結果の検証など今後の研究課題をまとめている。

公聴会には、学内外から39名（対面式29名、オンライン10名）の聴講者があった。公聴会における主な質問内容は、①比較検討したモルタル材料の選定理由とOPCモルタルが最も優れた要因について、②曲げ荷重を受けるRCはりの実験値とFE解析値の乖離の原因について、③東ティモールのような環境下におけるOPCモルタル補修材の耐久性について、④東ティモールで入手可能な材料による補修技術の研究展望、などであった。いずれの質問に対しても発表者からの確かな回答がなされた。

以上より本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分値するものと判断した。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する応答などから、最終試験は合格とした。

なお、主要な関連論文の発表状況は下記のとおりである。（関連論文 計3編、参考論文 0編）

- 1) Leandro Madeira Branco, Abel Fernandes, and Isamu Yoshitake: EXPERIMENTAL STUDY ON THE BOND STRENGTH BETWEEN REPAIR MORTAR AND CONCRETE SUBSTRATE, *International Journal of GEOMATE*, Vol.26, Issue 118, pp.41-48, 2024.6.
- 2) Leandro Madeira Branco, Abel Fernandes, Isamu Yoshitake: EFFECT OF CEMENTITIOUS MORTAR FOR REPAIRING REINFORCED CONCRETE (RC) BEAMS, *15th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials & Environment*, pp.694-702, 2025.11.
- 3) Leandro Madeira Branco, Abel Fernandes, and Isamu Yoshitake: Flexural performance of reinforced concrete beams repaired using conventional cementitious mortars, *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, Vol.6, Article number 43, 2025.12.

(様式 9 号)

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

山口大学大学院創成科学研究科

氏 名	Madeira Branco Leandro
審 査 委 員	主 査：吉武 勇
	副 査：中村 秀明
	副 査：中島 伸一郎
	副 査：渡邊 学歩
	副 査：山田 悠二
論 文 題 目	Experimental study on cementitious mortars for repairing RC members (鉄筋コンクリート部材の補修用セメント系モルタルの実験的研究)
【論文審査の結果及び最終試験の結果】 東ティモールなどの発展途上国において、コンクリート構造物の効果的な補修・修復は、インフラの長寿命化を図る上で極めて重要である。本論文では、鉄筋コンクリート (RC) はりに対する様々な補修材料の構造性能と持続可能性に関する実験的・解析的研究を報告している。特に本研究では、普通ポルトランドセメント (OPC) モルタル、ポリマー改質セメント (PMC) モルタル、ポリプロピレン繊維 (PF) 補強モルタル、エポキシ樹脂 (ER) といった補修材料の有効性について比較を試みている。本研究では、RC はりの付着強度と構造性能を検証するため、先ずスラントせん断試験および二面せん断試験を実施し、これに基づき表面補修または底面補修を施した RC はりの曲げ試験および有限要素 (FE) 解析を通じて構造性能評価を行っている。 研究結果より、OPCモルタルは市販のPMCモルタルと同等の構造性能を示したことから、その代替材料として使用可能であることを報告している。さらに、本研究では、OPC モルタルで補修した RC はりの損傷パターンとコンクリートの圧壊を適切にシミュレートできる FE モデルの妥当性を示した。本論文は計 7 章で構成されている。各章の概要は以下の通りである。 第 1 章では RC 構造物の補修に関する研究背景と意義について概説し、本研究の目的と範囲を明らかにし、本論文の全体構成を説明している。 第 2 章では、RC 構造物の補修材料と手法に関する既往の研究をレビューしている。さらに補修材料と技術の変遷や、費用対効果および各種材料の耐久性についてまとめている。 第 3 章は、RC はり補修に用いた手法と材料について説明したものである。本研究で補修材料として用いた OPC モルタルに加え、PMC, PF, ER などの先進的補修材を含む各材料について詳述している。 第 4 章では、コンクリート母材と各種補修モルタル (OPC, PMC, ER を含む) 間の接着	