

氏 名	AFIA SARAH BONEY		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	7 4 9 8	号
学位授与の日付	2 0 2 6 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	環境生命自然科学研究科 環境生命自然科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Development of a low-cost crack displacement monitoring system for concrete structures (コンクリート構造物を対象とした低コストひび割れ変位モニタリングシステムの開発)		
論文審査委員	教授 比江島 慎二	准教授 藤井 隆史	准教授 赤穂 良輔
学位論文内容の要旨			
This doctoral thesis is composed of 10 chapters: Chapter 1: This chapter introduces the research, highlighting the aim, objectives and structural outline of this thesis. Chapter 2: The literature on Structural Health Monitoring is explored, zooming in on crack inspections. In addition to Digital Image Processing (DIP) techniques, the chapter reviews other methods used for crack width measurement. It is important to distinguish between crack width measurement and crack displacement, as they are two different research domains. However, in an effort to better understand the advantages of utilising targets, extensive research on crack width methods was investigated. The chapter also discusses image acquisition devices used for crack quantification. The quality of the images required is included. This dissertation is verified on a retaining wall and a bridge so that is also discussed. Particularly, the guidelines in Japan. Lastly, the history of VPNs is presented. Chapter 3: The ellipse-circle fitting method proposed in this study is introduced here. The chapter opens with a description of the targets used in this research and the centring of circle method employed by researchers. Circle fitting algorithms are extensively described. The proposed methodology is explained in detail. Chapter 4: this chapter introduces circle detection methods and provides background on YOLO. The application of YOLO in this research is described and linked to the methodology presented in Chapter 3. It is given a chapter of its own, to keep the main pipeline in Chapter 3 focused on the proposed ellipse-circle fitting method. Chapter 5: The proposed ellipse-circle fitting method is applied to research done at a retaining wall in Tamano City, Okayama. This retaining wall was monitored from December 2022 to December 2025, displaying different seasons, and intervals of monitoring. Chapter 6: The main research on PTZ cameras is introduced in this chapter. First, the features of PTZ cameras are discussed. The development of the proposed system is then described, highlighting the system's components. The research is divided into three phases. Phases 1 and 2, which includes the laboratory test and on-site test are presented in this chapter. Chapter 7: This chapter continues from Chapter 6 and presents Phase 3 of the research. Streaming cameras are added to the developed system and are their applicability for crack width monitoring is investigated. . Chapter 8: The overall discussion of the thesis is presented, synthesizing results and observations from the developed system, relating them to other studies. Chapter 10: This concludes the research with suggestions for future works. References: The references that are cited in this research are listed here.			

論文審査結果の要旨

高度成長期に建設された数多くの土木構造物は供用開始から 50 年以上を経た老朽化および劣化が進行しているが、熟練技術者の減少と若手への技術継承が遅れている、あるいは財政的支援が充分でないなどの理由により、健全性の点検・診断が行われないことにより、補修や保全がなされないまま放置されている事例が多く報告されている。また実際に実施されている点検・診断作業も、その多くが経験を積んだ技術者による近接目視と打音検査による主観的な判断によるもので信頼性に乏しく、また高所作業などの危険性によって点検作業が簡便に実施できないことや調査・足場設置に費やす膨大なコストが国や自治体の大きな負担となっていることから、インフラ構造物の老朽化対策は進展していないのが実情である。このような背景を鑑み、本研究はデジタル画像処理技術による自動化された構造物のモニタリングシステムを開発するものであり、具体的にはデジタルカメラにより対象物を撮像した画像から、AI を活用して高精度の変位を計測するものである。本手法は高所作業や危険箇所への立ち入りを減らす安全性の向上、点検にかかる時間を短縮した人的労力なしで広範囲を点検できる省力化を可能にし、さらには客観的な評価に基づくデータが得られることから、これまでの点検員の熟練度によるバラつきを解消することができるなどの利点をもつ。技術の詳細を述べると、ある基準寸法を有する 4 つの円を配置した一対の標定点となるターゲットを対象物に添付し、それをデジタルカメラで撮影することにより、画像に写った一対の対応する標定点上の円の中心座標間の距離を算出して変位を計測するものである。本研究では、この標定点上の円の中心座標を AI によって自動的に算出するアルゴリズムを開発し、またスマートフォンを使ったデジタル画像の取得システムを開発した。さらに本システムを実際の老朽化したコンクリート吹付擁壁に発生したクラック幅の変化を定量化する監視システムとして応用し、3 年間のモニタリング結果から、安価で簡便に実施できる高精度の変位計として活用できることを実証した。またデジタル画像の取得法として、低コストのパン・チルト・ズーム (PTZ) カメラを活用するシステムを開発し、橋梁の健全性モニタリングへの適用性を検証した。PTZ カメラは、遠隔操作でカメラの向き (左右: パン、上下: チルト) と拡大・縮小 (ズーム) を自在に制御できるもので、実際の橋梁に貼付した前述のターゲットを撮影した画像から、床版の変位をモニタリングできることを実証した。このシステムの開発においては、ターゲットを任意の角度で撮影した画像であっても正面から撮影した画像に変換し、その画像から 1/1000mm の精度で変位を計測できるアルゴリズムを導入した。これにより、カメラが角度を変えながら広範囲に存在するターゲットを撮影し、自動処理にて定期的に変位を計測することが可能になり、国が管理する PC 橋脚の健全性を評価するためのシステムとして実用化される実績につながった。このように本研究は、長期間にわたって安価で簡便で実施できながらも高精度で信頼性のあるモニタリングデータを提供するシステムの開発を実施したもので、深刻化するインフラ構造物の老朽化問題に対する解決策として、工学的および学術的に意義ある成果を提供するものであり、学位授与に値すると評価する。以上