

UAV 수집 이미지의 좌표 변환을 통한 균열폭 측정 방법

Crack Width Measurement Methodology using Coordinate Transformation of UAV Images.

○김 구 연* 주 석 준** 김 흥 진***
Kim, Gu-Yeon Joo, Suk-Jun Kim, Hong-Jin

Abstract

In conventional crack investigation methods, the subjectivity of inspectors or external environmental factors can lead to varied results, especially when human intervention is required in proximity to cracks. To address this limitation, our study proposes a method for measuring crack width by utilizing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to collect crack images. We calculate the correlation between images and cracks, offering an objective approach to crack width measurement.

키워드 : 균열폭, UAV, 사진측량, 공선 조건

Keywords : Crack Width, UAV, Photogrammetry, Collinear Condition Equation

1. 서론

1.1 연구의 목적

일반적인 균열 조사 방법은 사람이 균열에 접근하여 수행하는 방식으로 검사자의 주관이 개입되거나 주변환경에 영향을 받아 결과가 달라질 수 있다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 무인항공기 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 이용하여 균열 이미지를 수집하고 이미지와 균열의 상관관계를 계산하여 균열폭을 측정하는 방법을 제시하였다.

2. 균열폭 측정 정확성 검증 실험

2.1 실험 방법

UAV와 이미지 좌표 변환을 통한 균열폭 측정 방법의 정확성을 검증하기 위해 균일한 폭을 가지는 가상의 균열을 인쇄하여 그 폭을 측정하였다. UAV를 수동으로 비행시켜 가상 균열을 포함한 벽면을 이미지 스캔하여 사진측량 방법으로 GPS 좌표로 구성된 3차원 포인트 클라우드 (3D Point cloud)를 생성하였다. 생성된 포인트 클라우드에서 균열의 글로벌 좌표를 찾아내고 UAV의 GPS 좌표와의 거

리를 계산하여 이미지 좌표계 상의 균열과 글로벌 좌표계에서의 실제 균열의 상관관계를 계산하였다. 그림. 1 이미지 좌표계와 글로벌 좌표계의 상관관계를 나타내었다.

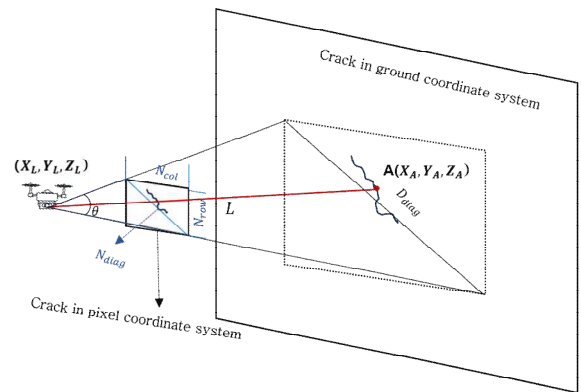


Fig. 1 Overview of scale factor calculation methods

UAV GPS 좌표의 정확성을 위해 UAV는 RTK가 탑재된 기기를 사용하였으며 GNSS Mobile Station을 함께 사용하여 비행 시 실시간으로 위치 정확도를 보정하였다. 스캔한 이미지에서 CNN (Convolution Neural Network) 모델 중 vgg19를 사용하여 균열을 검출하고 균열의 외각선 사이 거리를 이미지 좌표계에서 구한 후 글로벌 좌표로 변환하였다. 또한 측정된 결과를 3차원 포인트 클라우드에 라벨링하여 측정된 균열의 위치를 명확히 표시하였다. 가상균열에서 각 균열 별로 100개 지점의 폭을 측정하였으며, 평

* (주) 티솔루션 기술연구소 대리

** (주) 티솔루션 부사장, 공학박사

*** 경북대학교 건축학부 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture, Kungbook University, hjk@knu.ac.kr)

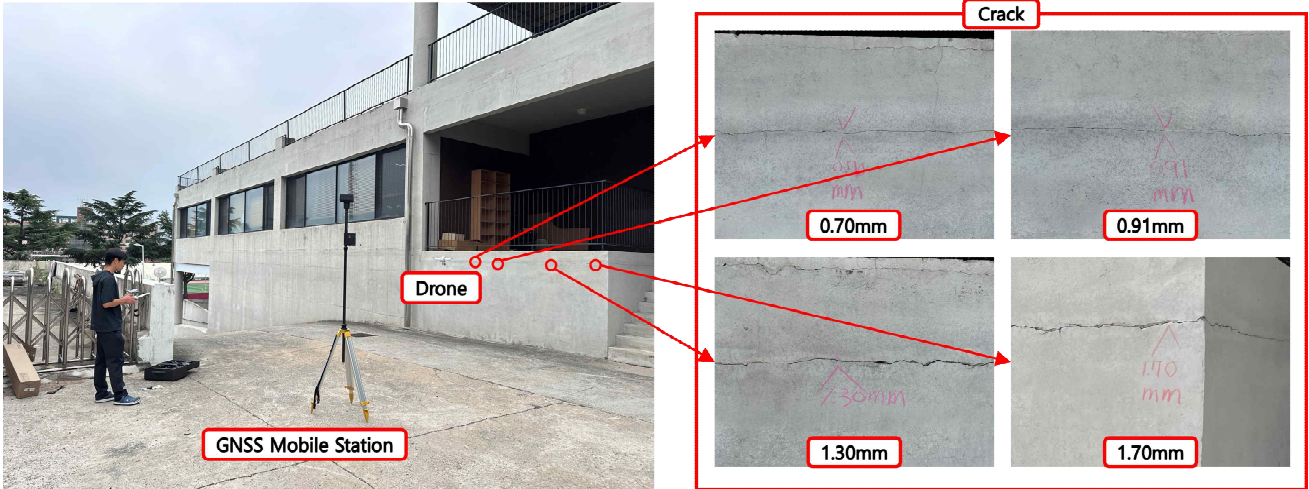


Fig. 2 현장 적용 실험 전경

균으로 그 결과를 표현하였다. UAV와 균열 사이의 거리에 따른 결과 비교를 위해 총 4개 거리에서 실험을 실시하고 그 결과를 비교하였다. 측정 거리는 UAV를 수동으로 비행시켜 정확히 원하는 거리에서 측정할 수는 없었으나 약 0.6, 0.8, 1.0, 2.0m에서 측정을 진행하였다.

고 촬영 거리 1.0m부터 오차가 5%를 초과했으나 그 이상의 증가는 보이지 않았다.

2.2 실험 결과

균열폭이 1mm가 넘는 균열의 측정에서는 2m거리에서 측정된 3.5mm 균열을 제외하고 모두 5% 이내의 오차를 보였다. 균열폭이 1mm미만의 균열에서는 0.8m 거리에서 측정된 0.7mm 균열과 2m 거리에서 측정된 0.7mm, 0.8mm 균열이 5%를 초과하는 결과를 보였다.

4. 결론

3. 현장 적용 실험

UAV 사진측량법과 CNN을 이용하여 실제 콘크리트 벽면에 대해 균열폭을 측정하고 균열의 3차원 재구성을 실시하였으며 네 지점의 균열폭을 측정하여 총 10개 균열을 측정하였다. 그림. 2에 현장 적용 실험의 전경을 나타내었다. 실제 균열이 있는 벽면을 드론으로 촬영한 48장의 사진으로 포인트 클라우드를 생성하였다. 총 1,825,862개의 좌표 점으로 구성되어 있으며 벽면에 수직인 축은 Y축이고, 드론의 Y 좌표와 벽면상의 임의의 점의 Y 좌표 차이를 촬영 거리로 계산하였다.

균열폭에 따른 정확도 비교를 위해 12종류의 두께가 전 구간 균일한 가상 균열을 인쇄하여 벽면에 부착하고 각 균열 당 임의의 100개 지점을 측정했으며, 촬영 거리에 따른 정확도 비교를 위해 사진측량에 사용된 사진 중 균열이 포함된 사진을 네 가지 거리에 따라 선정하여 균열폭을 측정했다. 현장 적용을 위해 실제 균열을 앞선 방법과 같이 균열폭을 측정하였다. 가상 균열 실험에서 균열폭이 작아질수록, 촬영 거리가 멀어질수록 오차가 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타났으며, 균열폭의 변화보다 촬영 거리의 변화에 의한 오차의 변화량이 더 크게 나타났다. 카메라의 해상도를 늘리는 것이 제한된다면 촬영 거리를 가깝게 해서 균열폭 측정의 정밀도를 확보할 수 있다. 현장 적용을 통한 실제 균열폭 측정 결과 가상 균열 실험 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 다만 실제 균열폭과 가상 균열폭을 가장 유사한 폭끼리 대응하여 비교했을 때 실제 균열폭의 오차가 더 크게 나타났으며 가상 균열의 각 균열 당 100개 지점 측정 평균값보다 편차가 더 크게 나타났다. 이는 실제 균열의 실측 과정에서 오차가 누적된 결과로 판단된다.

실제 균열 0.70mm의 경우 촬영 거리 0.8m까지는 오차가 3% 미만으로 나타났고 촬영 거리 1.0m부터 오차와 증가 폭이 같이 증가하여 촬영 거리 1.5m에서 오차가 35.56%로 모든 측정값 중에서 최댓값을 나타내었다. 실제 균열 0.91mm의 경우 촬영 거리 0.6m에서 오차가 5%를 초과하였고 이후 3% 미만을 보이다가 촬영 거리 1.5m에서 오차가 8% 대로 증가하였다. 실제 균열 1.30mm의 경우 촬영 거리 0.6m에서 오차가 0.55%로 모든 측정값 중에서 최솟값을 나타내었다. 촬영 거리 0.8m부터 1.5m까지 전반적으로 5% 이내의 오차를 나타내었다. 실제 균열 1.70mm의 경우 촬영 거리 0.8m까지 5% 이내의 오차를 나타내었

참고문헌

1. 김태우, 설동현, 김구연, & 김홍진. (2023). 드론 촬영의 GPS 좌표 정보만을 활용한 자동 균열폭 측정 방법. 대한건축학회논문집, 39(11), 243-250.
2. 김구연, 설동현, 김태우, & 김홍진. (2023). UAV 사진측량법과 CNN을 이용한 콘크리트 균열폭 측정 및 3차원 재구성 방법. 한국풍공학회지, 27(4), 165-172.
3. Kim, H., Sim, S. H. & Spencer, B. F. (2022). Automated concrete crack evaluation using stereo vision with two different focal lengths. Automation in Construction, 135, 104136.