

콘크리트 교량 외관조사용 이미지 처리 프로그램 개발

Development of Image Processing Program to Inspect Concrete Bridges

이 병 주* 신 재 인** 박 창 호***

Lee, Byeong Ju Shin, Jae In Park, Chang Ho

ABSTRACT

Generally, the inspection is hard work and needs a lot of time. So, this work contains subjectivity of inspector owing to carry out the visual evaluations through naked eye. Thus, the result of inspection is not objective and reliable. The purpose of this study is to develop new inspection technique to solve above problems and to provide convenient inspection work. We make a new inspection system using digital image processing technology. This program can stitch each image and detect cracks of surface of concrete bridge. Also, It can extract an investigation drawing from the picture. Also, this program is a kind of management tools designed to have some functions such as converting the image data obtained from cameras to Data-Base format, searching and storing the data. At first, we try to make a automatic extracting program. But, changed by semiautomatic method because of various problems. Through field experiments, the application of this inspection system with specialty software has proven to be much faster, safer, and reliable than the inspections carried out by the naked eyes in managing safety of the bridges. The new inspection method may be able to make the inspection of bridge more efficient and reliable.

요 약

콘크리트 교량에서 수행되는 기존 점검방법은 점검자가 현장에서 교량의 외관상태를 기록한 다음 내역을 통해서 수작업으로 외관조사망도를 작성하는 과정으로 진행된다. 하지만, 열악한 현장작업 여건으로 인해 획득되는 데이터는 객관성과 신뢰도가 떨어진다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 외관조사결과를 자동으로 추출하는 이미지 처리 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 교량으로부터 획득한 디지털 이미지를 처리하고 분석하며, 결과의 입출력 및 관리하는 데까지의 모든 관련 프로그램을 통칭한다. 프로그램 개발을 위하여 디지털 이미지의 크기와 카메라 배울 간의 관계 분석, 균열 분석 알고리즘 개발, 이미지의 해상도 및 정밀도 분석 등의 연구가 수행되었다. 최초 계획에서는 이미지 처리를 통하여 균열망도를 자동으로 구현하도록 설계하였지만, 데이터의 용량과 이미지 처리의 기술적인 한계 그리고 콘크리트 표면의 여러 가지 조건에 등에 따라 결과의 신뢰도가 많이 차이가 난다는 것을 확인하였다. 따라서 결과를 정확하게 추출하기 위하여 자동판독 프로그램을 근간으로 하면서 사용자에게 의해 수정작업이 가능하도록 프로그램을 보완하였다.

* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원, 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원, 과 장
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원, 수석연구원

1. 서 론

기존의 콘크리트 교량에서 외관조사는 현장에서 점검자가 직접 눈으로 보고 외관상태를 기록한 다음 CAD나 Graphic 작업 등 내업을 통해 조사결과물인 외관조사망도를 작성하였다. 하지만, 고교각 교량이나 하부에 강이나 하천이 있는 교량은 접근하기가 매우 어려울뿐더러 점검자의 주관이 개입되어 결과에 대한 신뢰도가 떨어지는 경향이 있다. 특히, 콘크리트 교량에서 보수보강 작업의 기준이 되는 표면균열의 크기와 진전양상을 육안으로 판별하기에는 한계가 있다.

2. 프로그램 구성 및 균열추출 알고리즘

본 연구에서는 교량의 외관상태를 쉽게 획득할 수 있는 줌 기능이 있는 카메라를 사용하여 일정 배율 크기의 이미지를 획득한 다음 이 이미지로부터 외관조사결과를 자동으로 추출할 수 있는 이미지 처리 프로그램을 개발하였다.

2.1 프로그램 구성

프로그램은 그림 2.1과 같이 크게 '영상 입출력', '결함 관리', '결함검출'의 3가지 기능으로 구성되어 있다. 영상 입출력부에서는 카메라가 장착된 기구부에서 촬영한 영상을 읽어 들이고, 검출된 결함정보를 이미지 파일 혹은 프린터로 출력할 수 있다. 결함검출부에서는 사용자가 수동(manual) 혹은 자동(auto)모드로 설정하여 결함을 검출할 수 있으며, 검출된 결함 중 균열의 길이, 두께와 같은 정보의 계산이 가능하다. 검출된 결함은 외관망도 창을 통해 쉽게 상태를 파악할 수 있다. '결함관리부'에서는 각 교량들의 정보를 프로젝트 파일로 따로 구분하여 관리가 가능하며 측정된 결함의 정보를 파일로서 입력받거나 출력할 수 있다.

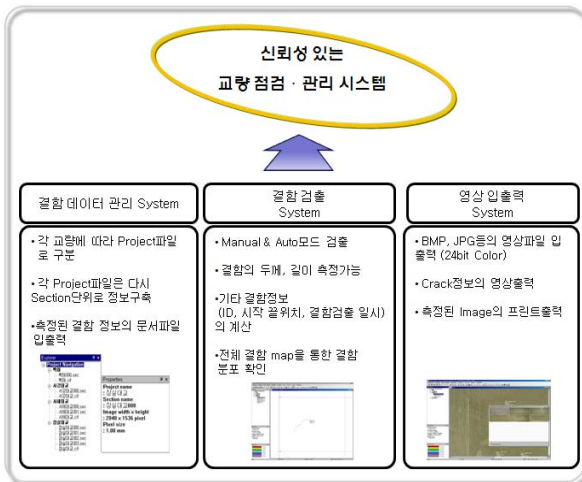


그림 2.1 이미지 처리 프로그램의 구성

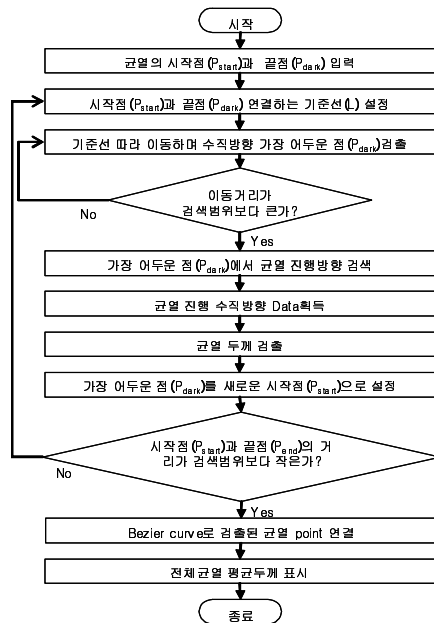


그림 2.2 자동균열 추출 순서도

2.2 균열검출 알고리즘

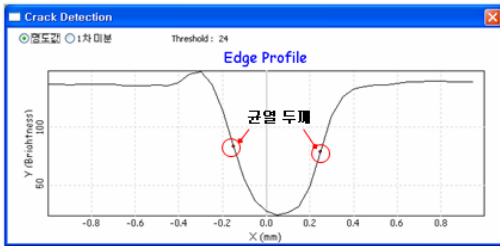
균열의 자동검출을 위하여 카메라의 해상도와 초점거리에 대한 배율을 결정하는 대상영역의 크기는 식 2.1과 같이 정의할 수 있다.

$$FOV(\text{Field of View}) = \text{Resolution} \times \text{Pixel Number} = \frac{\text{Working Distance} \times \text{Sensor Size}}{\text{Focal Length}} \quad (2.1)$$

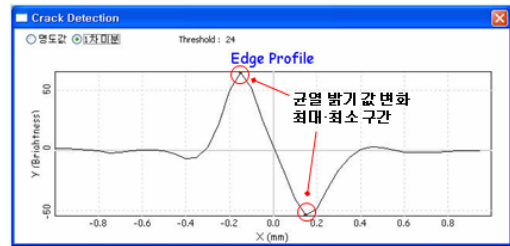
그림 2.2에서 획득한 이미지에서 균열 폭을 산정하기 위한 균열의 기울기를 검색할 때 일반적으로 이미지의 명암에 대한 검색범위가 매우 작아 Fitting Point의 선정기준 설정(임계값 설정) 및 충분한 Fitting Point의 추출이 어렵기 때문에 많이 사용되는 Line Fitting이나 Hough Transform 등의 사용이 어렵다. 따라서 검색영역의 직선을 0°에서 360° 회전하여 평균 밝기 값을 획득하여 가장 어두운 평균값을 가진 직선을 기울기로 설정하는 방식을 채택하였다. 또한, 이미지에서 노이즈 제거와 데이터 정밀도 향상을 위하여 식 2.2와 같은 B-Spline 보간 함수를 균열 폭 계산 시 사용하였다.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}|x|^3 - |x|^2 + \frac{2}{3} & (0 \leq |x| \leq 1) \\ -\frac{1}{6}|x|^3 - |x|^2 - 2|x| + \frac{4}{3} & (1 \leq |x| \leq 2) \\ 0 & (2 \leq |x|) \end{cases} \quad (2.2)$$

이때, 그림 2.3과 같이 균열부 명도값의 분포를 그래프로 나타낸 다음 1차 미분하여 밝기 값 기울기가 0이 되는 두 점을 획득하고 두 점 사이의 거리를 균열의 두께로 나타낸다.



(a) 균열부 명도값 분포



(b) 균열부 명도값 변화율

그림 2.3 균열 폭 결정을 위한 명도값 분포

3. 프로그램 GUI 및 균열추출 적용 예

본 연구에서 개발한 프로그램의 GUI는 그림 3.1과 같다. 또한, 그림 3.1에서는 실제 현장에서 사용되는 균열 측정자를 reference 타겟으로 설치한 다음 이미지를 획득하고 이미지 처리에 의한 균열 폭과 비교하였다. 그림 3.1에서 나타난 바와 같이 Reference 타겟에 나타난 균열 폭과 프로그램에서 균열검출 수행 후 나타난 균열의 폭이 거의 같음을 확인하였다.

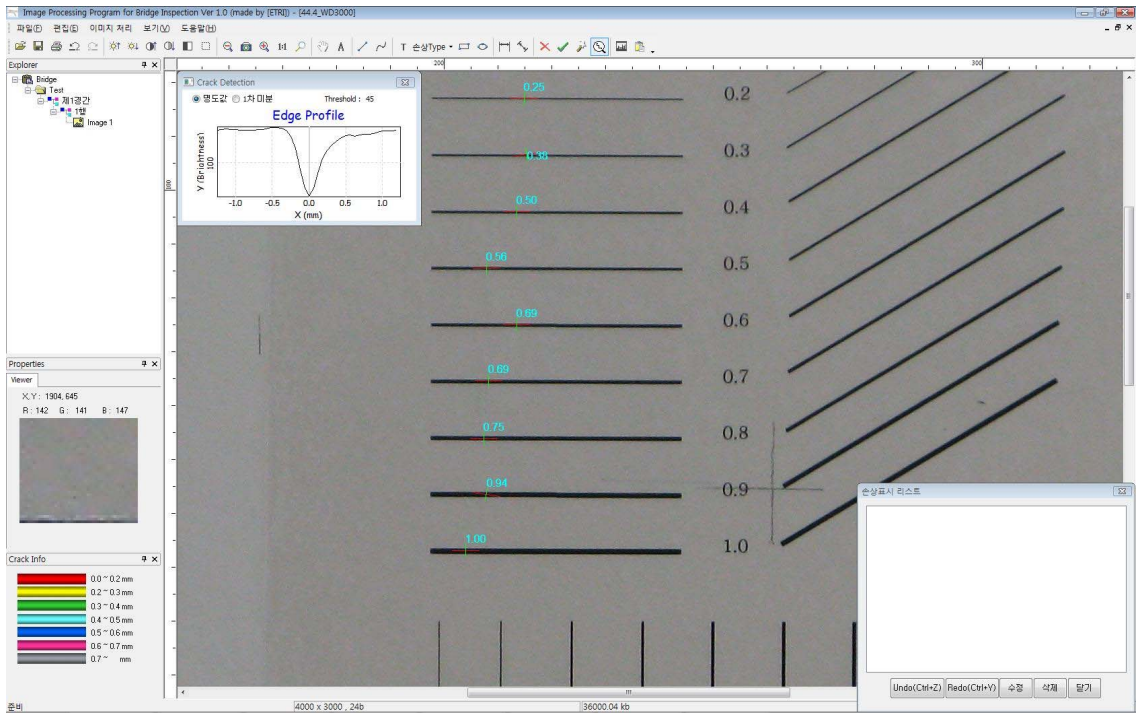


그림 3.1 Reference 타겟을 이용한 균열검출 예

4. 결론

본 연구에서는 현재 시행되고 있는 점검의 문제점을 개선하기 위하여 이미지 처리를 통하여 외관 조사망도를 자동으로 작성함으로써 점검작업을 편리하게 수행할 수 있을 뿐만 아니라 점검결과를 객관화시킬 수 있는 이미지처리 프로그램을 개발하였다. Reference 타겟을 이용한 검증실험을 통하여 프로그램의 적용성을 확인하였으며, 향후 실교량 검증을 통하여 실용화시킬 계획에 있다.

감사의 글

이 논문은 2008년 건설기술기반구축사업 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김정용, 조윤호, “이미지프로세싱기법을 이용한 균열인식 알고리즘 및 프로그램 개발”, 한국토목학회논문집, 제22권, 제4-D호, pp639-647, 2002
2. Daniel L. Marks, Amy L. Oldenburg, J. Joshua Reynolds, and Stephen A. Boppart, “Autofocus algorithm for dispersion correction in optical coherence tomography”, APPLIED OPTICS, Vol. 42, No. 16, 2003.
3. 이강문, 진광원, 한일영, “영상처리를 이용한 구조물 외관 손상 인식 시스템”, 한국구조물진단학회 논문집, 제8권, 제3호, pp. 52-58. 2006.
4. 이방연, 김윤용, 김진근, “개선된 이진화와 형상분석 기법을 응용한 콘크리트 표면균열의 화상처리 알고리즘 개발”, 한국콘크리트학회논문집, Vol.17, No.3, pp.361-368, 2006