



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0136905  
(43) 공개일자 2016년11월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01B 11/26 (2006.01) F16B 39/00 (2006.01)  
G01B 11/24 (2006.01) G06F 17/11 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01B 11/26 (2013.01)  
F16B 39/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0071128  
(22) 출원일자 2015년05월21일  
심사청구일자 2015년05월21일

(71) 출원인  
부경대학교 산학협력단  
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,  
부경대학교)  
(72) 발명자  
박재형  
부산 남구 용호로 269번길 90 벽산아파트 114호  
김정태  
부산 남구 오륙도로 85 오륙도 SK View 112동  
2604호  
김태환  
부산 북구 화명대로 119 삼한힐파크 101동 1301호  
(74) 대리인  
조영현

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 볼트폴림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

본 발명은 볼트폴림 검출 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트폴림 검출 방법은 각 단계가 연산장치에서 수행되는 방법으로서, 너트 영상으로부터 에지를 추출하는 에지 추출 단계; 에지가 추출된 영상 정보로부터 직선 성분을 검출하는 직선 검출 단계; 및 검출된 직선의 기울기로부터 너트의 회전각을 계산하고, 계산된 너트의 회전각과 기저장된 너트의 각도를 비교하여 볼트의 폴림 여부를 판단하는 볼트폴림 판정 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G01B 11/24* (2013.01)

*G06F 17/11* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

각 단계가 연산장치에서 수행되는 방법으로서,

너트 영상으로부터 에지를 추출하는 에지 추출 단계;

에지가 추출된 영상 정보로부터 직선 성분을 검출하는 직선 검출 단계; 및

검출된 직선의 기울기로부터 너트의 회전각을 계산하고, 계산된 너트의 회전각과 기저장된 너트의 각도를 비교하여 볼트의 풀림 여부를 판단하는 볼트풀림 판정 단계;

를 포함하는 볼트풀림 검출 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 볼트풀림 판정 단계에서, 상기 너트의 회전각은 아래의 식을 이용하여 계산하는 볼트풀림 검출 방법.

$$\theta_n = \text{rem}[(\theta + 90) / 60] \times 60$$

여기서,  $\theta_n$ 은 너트의 회전각,  $\theta$ 는 검출된 직선의 원점에 대한 직교선의 기울기,  $\text{rem}[]$ 은 나눗셈 이후 나머지를 나타내는 연산자임

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 에지 추출 단계 이전에

복수 개의 너트 영상이 포함된 집합관 영상 입력 단계; 및

집합관 영상으로부터 개별 너트 영상을 추출하는 너트 영상 추출 단계;

를 더 포함하는 볼트풀림 검출 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 집합관 영상 입력 단계와 너트 영상 추출 단계 사이에 입력된 집합관 영상의 원근을 보정하여 정면 영상을 도출하는 영상 보정 단계를 더 포함하는 볼트풀림 검출 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 영상 보정 단계는 상기 입력된 집합관 모서리의 좌표를 추출하고, 추출된 모서리 좌표를 상기 연산장치의 저장부에 저장된 집합관 모서리의 좌표와 비교하고, 비교 결과를 이용하여 상기 입력된 집합관 영상의 원근왜곡을 보정함으로써 상기 정면 영상을 도출하는 볼트풀림 검출 방법.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 정면 영상은 접합판의 가로변이 영상의 가로변과 평행하고, 접합판의 세로변이 영상의 세로변과 평행하도록 보정함으로써 도출하는 볼트폴립 검출 방법.

#### 청구항 7

제3항에 있어서,

상기 너트 영상 추출 단계는 입력된 접합판 영상에서 볼트 끝부분의 원 형상을 추출하고, 추출된 원 형상의 중심을 중심으로 하는 미리 설정된 크기의 사각 영상을 개별 너트 영상으로 추출하는 볼트폴립 검출 방법.

#### 청구항 8

제3항에 있어서,

상기 너트 영상 추출 단계는 상기 연산장치의 저장부에 저장된 볼트 배열 정보에 따라 입력된 접합판 영상을 균등 분할하여 상기 개별 너트 영상을 추출하는 볼트폴립 검출 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 너트 영상 추출 단계는 상기 균등 분할한 영상을 회색 영상으로 변환하고, 미리 설정된 레벨값을 이용하여 변환된 회색 영상을 색상값 1 또는 0을 갖는 흑백 영상으로 다시 변환하며, 미리 설정된 윈도우 크기 내 색상값이 최대가 되는 위치의 영상을 개별 너트 영상으로 추출하는 볼트폴립 검출 방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 볼트폴립 판정 단계에서 계산된 너트의 회전각과 기저장된 너트의 각도차가 미리 결정된 각도 이내인 경우 볼트가 풀리지 않은 것으로 판단하는 볼트폴립 검출 방법.

#### 청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 볼트폴립 검출 방법의 단계들을 컴퓨터에서 실행시키는 컴퓨터 프로그램.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 볼트폴립 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다. 보다 구체적으로 본 발명은 볼트에 체결된 너트의 회전각을 추출하고 이를 이용하여 볼트의 풀림여부를 판정할 수 있는 볼트폴립 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] 2000년 이후 국내에서는 많은 신설교량이 준공되어 있으며, 한국도로공사는 운영중인 교량들 중 33.3%의 강교량에서 볼트 결함 문제가 발생하였다고 보고하였다.
- [0003] 또한 볼트는 교량뿐만 아니라 건축, 기계, 항공분야에서도 부재의 연결을 위해 많이 사용되며, 볼트의 결함은 구조물의 직접적인 붕괴를 유발할 수 있다는 점에서 정확한 진단 및 모니터링이 필요하다.
- [0004] 하지만 현재 볼트풀림 검출기법으로 사용되는 육안점검방법은 볼트가 완전히 탈락될 때까지 확인할 수 없으며, 충격해머법과 토크법은 점검자의 경험이나 주관에 의존하며 소수의 샘플만을 점검하기 때문에 전수검사가 불가능하다.
- [0005] 또한 이러한 방법들의 문제점을 해결하기 위해 음탄성 효과, 초음파, 전기역학적-임피던스, 전위차를 이용한 기법들이 개발되었으나 센서의 부착이 필요하고 하나의 센서 당 소수의 볼트만을 점검할 수 있어 볼트체결부 전체에 대한 점검을 위해서는 비용이 크게 증가되어 실제 대형구조물에서는 사용되지 않는 문제점이 있다.
- [0006] 이에 본 발명자는 기존 볼트풀림 점검 및 모니터링 기법들의 단점을 극복하고 영상처리 기술의 장점을 활용한 본 발명에 따른 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 개발하기에 이른 것이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1264375호 "기전 임피던스를 이용한 볼트연결 판의 볼트풀림 모니터링을 위한 스마트 계면판 및 그 사용방법"
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1404028호 "홀센서를 이용한 볼트 및 너트의 풀림 상태 검지 장치"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적은 볼트풀림 여부를 검출하기 위해 너트의 회전각을 이용함으로써 볼트풀림 여부를 용이하게 판정할 수 있는 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것이다.
- [0010] 본 발명의 또 다른 목적은 영상기법은 이용하여 최소한의 비용과 빠른 시간 내에 수많은 볼트에 대한 풀림 여부를 판정할 수 있는 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 상기 및 기타 목적들은, 본 발명에 따른 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램에 의해 모두 달성될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트풀림 검출 방법은 각 단계가 연산장치에서 수행되는 방법으로서, 너트 영상으로부터 에지를 추출하는 에지 추출 단계; 에지가 추출된 영상 정보로부터 직선 성분을 검출하는 직선 검출 단계; 및 검출된 직선의 기울기로부터 너트의 회전각을 계산하고, 계산된 너트의 회전각과 기저장된 너트의 각도를 비교하여 볼트의 풀림 여부를 판단하는 볼트풀림 판정 단계를 포함한다.
- [0013] 볼트풀림 판정 단계에서, 너트의 회전각은 아래의 식을 이용하여 계산될 수 있다.

$$\theta_n = \text{rem}[(\theta + 90) / 60] \times 60$$

[0014]

- [0015] 여기서,  $\Theta_n$ 은 너트의 회전각,  $\Theta$ 는 검출된 직선의 원점에 대한 직교선의 기울기,  $rem[]$ 은 나눗셈 이후 나머지를 나타내는 연산자이다.
- [0016] 에지 추출 단계 이전에, 복수 개의 너트 영상이 포함된 집합판 영상 입력 단계 및 집합판 영상으로부터 개별 너트 영상을 추출하는 너트 영상 추출 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 또한 집합판 영상 입력 단계와 너트 영상 추출 단계 사이에 입력된 집합판 영상의 원근을 보정하여 정면 영상을 도출하는 영상 보정 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 영상 보정 단계에서 상기 입력된 집합판 모서리의 좌표를 추출하고, 추출된 집합판 모서리의 좌표를 상기 연산 장치의 저장부에 저장된 집합판 모서리의 좌표와 비교하고, 비교 결과를 이용하여 상기 입력된 집합판 영상의 원근왜곡을 보정함으로써 정면 영상을 도출할 수 있다.
- [0019] 정면 영상은 집합판의 가로변이 영상의 가로변과 평행하고, 집합판의 세로변이 영상의 세로변과 평행하도록 보정하여 도출할 수 있다.
- [0020] 너트 영상 추출 단계는 입력된 집합판 영상에서 볼트 끝부분의 원 형상을 추출하고, 추출된 원 형상의 중심을 중심으로 하는 미리 설정된 원 형상 지름의  $n$ 배 크기의 정사각 영상을 개별 너트 영상으로 추출할 수 있다.
- [0021] 또한 너트 영상 추출 단계는 상기 연산 장치의 저장부에 저장된 볼트 배열 정보에 따라 입력된 집합판 영상을 균등 분할하여 상기 개별 너트 영상을 추출할 수 있다.
- [0022] 너트 영상 추출 단계는 상기 균등 분할한 영상을 회색 영상으로 변환하고, 미리 설정된 레벨값을 이용하여 변환된 회색 영상을 색상값 1 또는 0을 갖는 흑백 영상으로 다시 변환하며, 미리 설정된 윈도우 크기 내 색상값이 최대가 되는 위치의 영상을 개별 너트 영상으로 추출할 수 있다.
- [0023] 볼트폴립 판정 단계에서 계산된 너트의 회전각과 기저장된 너트의 각도차가 미리 결정된 각도 이내인 경우 볼트가 폴리지 않은 것으로 판단할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 프로그램은 본 발명의 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법의 단계들을 컴퓨터에서 실행시키는 컴퓨터 프로그램이다.

### 발명의 효과

- [0025] 본 발명은 볼트폴립 여부를 검출하기 위해 너트의 회전각을 이용하고, 영상기법을 이용함으로써 최소한의 비용과 빠른 시간 내에 수많은 볼트에 대한 폴립 여부를 판정할 수 있는 볼트폴립 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 제공하는 효과를 갖는다.

### 도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명에 따라 볼트폴립을 검출하는 방법을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법의 순서도이다.
- 도 3은 입력된 너트 영상으로부터 에지가 추출된 것을 보여주는 도면이다.
- 도 4는 너트의 회전각 측정 원리를 보여주는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법의 순서도이다.
- 도 6은 예시적인 집합판 영상을 보여주는 도면이다.
- 도 7은 입력된 집합판 영상으로부터 집합판을 추출하는 것을 보여주는 도면이다.
- 도 8은 추출된 집합판 영상으로부터 왜곡 보정된 정면 영상이 도출되는 것을 보여주는 도면이다.
- 도 9는 집합판 영상을 균등분할하여 개별 너트 영상을 추출하는 것을 보여주는 도면이다.
- 도 10은 주변 노이즈를 제거하여 개별 너트 영상을 추출하는 것을 보여주는 도면이다.

도 11은 집합판 영상으로부터 개별 너트 영상을 추출하는 다른 실시예를 보여주는 도면이다.

도 12는 도 11에 도시된 방법에 적용되는 윈도우의 크기를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따라 측정된 너트 회전각의 오차 범위를 보여주는 그래프이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따라 너트 회전각을 측정한 실험 데이터를 보여주는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램에 대해 상세히 설명하도록 한다.
- [0028] 하기의 설명에서는 본 발명의 실시예에 따른 볼트풀림 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐트리지 않도록 생략될 수 있다.
- [0029] 또한, 이하에서 설명되는 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 본 발명을 가장 적절하게 표현할 수 있도록 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0030] 도 1은 본 발명에 따라 볼트풀림을 검출하는 방법을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- [0031] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 볼트풀림 검출 방법을 이용하여 볼트풀림 여부를 검출하기 위해 사용자가 도 1에 도시된 바와 같이 볼트체결부를 촬영한 영상(이미지)을 연산장치(컴퓨터 등)에 입력하면, 본 발명의 실시예에 따른 컴퓨터 프로그램이 설치된 연산장치에서 본 발명의 실시예에 따른 볼트풀림 검출 방법의 각 단계를 수행하여 입력된 볼트체결부 영상으로부터 볼트의 풀림이 발생하였는지 여부를 판독하고 그 결과를 볼트풀림을 확인하고자 하는 사용자에게 제공하게 된다.
- [0032] 본 발명에 따른 볼트풀림 검출 방법은 볼트체결부를 촬영하고 그 영상을 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램이 설치된 연산장치에 입력하는 것만으로 볼트풀림 여부를 확인할 수 있어 종래 볼트풀림 모니터링 방법과 달리 볼트체결부에 센서를 부착할 필요 없이 볼트체결부 전체에 대한 점검도 짧은 시간 내에 할 수 있어 종래 기술에 비해 볼트풀림 여부를 확인하는 비용 및 시간이 크게 줄어드는 효과를 갖는다.
- [0033] 이러한 본 발명에 따른 볼트풀림 검출 방법을 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0034] 도 2에 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트풀림 검출 방법의 순서도가 도시되어 있다.
- [0035] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트풀림 검출 방법은 영상 입력 단계(S100), 에지 추출 단계(S200), 직선 검출 단계(S300), 볼트 풀림 판정 단계(S400)를 포함하여 이루어진다.
- [0036] 영상 입력 단계(S100)는 볼트체결부를 촬영한 영상이 연산장치에 입력되는 단계이다.
- [0037] 이때 입력되는 영상은 볼트체결부 즉, 구조물에 설치되어 있는 볼트 부분을 촬영한 영상으로서 도 3(a)에 도시된 바와 같이 반드시 볼트에 체결된 너트 영상이 포함되어 있어야 한다. 이는 볼트풀림이 볼트가 아닌 너트의 회전에 의해서 발생하기 때문이다.
- [0038] 에지 추출 단계(S200)는 입력된 볼트체결부의 영상, 보다 구체적으로는 너트 영상으로부터 에지를 추출하는 단계이다.
- [0039] 에지를 추출하는 이유는 너트 영상으로부터 너트의 윤곽선을 추출하기 위한 것으로서 영상에서 에지를 추출하는 Sobel, Prewitt, Roberts, Marr-Hildreth, Laplacial of Gaussian, Canny 등의 공지 기법을 사용할 수 있다.
- [0040] 도 3(b)에는 이 중 Canny 기법을 사용하여 도 3(a) 영상에서 에지를 추출한 영상이 도시되어 있다. Canny 기법은 타 기법에 비해 이력(hysteresis) 문턱치 처리를 사용하여 2개의 문턱치를 사용하기 때문에 에지 검출을 위한 보다 미세한 조절이 가능하다.
- [0041] 직선 검출 단계(S300)는 에지가 추출된 영상 정보로부터 직선 성분을 검출하는 단계이다.
- [0042] 에지가 추출된 영상으로부터 직선 성분을 검출하기 위해서는 Hough 변환을 사용할 수 있으며, 수직 직선까지 표현할 수 있도록 하기 위해 아래와 같은 식을 이용할 수 있다.



$$x\cos\theta + y\sin\theta = r$$

[0043]

[0044]

여기서  $r$ 은 원점(예를 들어 도 4와 같이 영상의 4개의 꼭지점 중 왼쪽위 꼭지점과 같이 미리 설정된 임의의 점)에서 해당 직선까지의 직교선 길이이고,  $\theta$ 는 직교선의 기울기이다. 기울기를 결정하기 위한  $x$ ,  $y$ 축은 영상의 가로 및 세로변을 사용할 수 있다.

[0045]

볼트폴립 판정 단계(S400)는 직선 검출 단계에서 검출된 직선의 기울기로부터 너트의 회전각을 계산하고, 볼트의 폴립 여부를 판단하는 단계이다.

[0046]

너트는 정육각형 형상을 하고 있다. 따라서 앞서 설명한 바와 같이 너트의 변들은 60도씩 각도차를 이루고 있어 너트에서 회전을 측정할 수 있는 것은 0도 이상 60도 미만까지로 제한된다. 하지만 Hough 변환에 의해 검출된 직선(즉, 너트의 한 변)이 반드시 0~60도 사이의 값을 가지지 않는다. 다시 말해 너트의 변 중 어떤 변이 직선으로 추출될지 알 수 없다. 따라서 60도를 초과하는 직선에 대해서 60도 이내에 있는 변에 대한 직선의 각으로 변경하기 위해 아래와 같이 계산하며, 이러한 식에 의해 너트의 어떤 변이 직선 검출 단계에서 검출되더라도 너트의 0도 이상 60도 미만의 너트 회전각이 도출될 수 있다.

$$\theta_n = \text{rem}[(\theta + 90) / 60] \times 60$$

[0047]

[0048]

여기서,  $\theta_n$ 은 너트의 회전각,  $\theta$ 는 검출된 직선의 원점에 대한 직교선의 기울기,  $\text{rem}[]$ 은 나눗셈 이후 나머지를 나타내는 연산자이다.

[0049]

일반적으로 볼트를 설치하였을 때 너트의 각도값이 항상 0도가 되는 것은 아니다 따라서 도출된 너트의 회전각으로부터 볼트의 폴립 여부를 판단하기 위해서는 최초 또는 이전 상태의 너트 각도가 저장되어 있어야 한다.

[0050]

따라서 연산장치는 계산된 너트의 회전각과 기저장된 너트의 각도와 비교함으로써 해당 볼트가 풀렸는지 여부를 판단할 수 있다.

[0051]

또한 기저장된 너트의 각도가 5도였고, 볼트폴립을 검출하기까지 60도 회전한 경우 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법에 의해 도출되는 너트의 회전각은 5도가 되어 볼트가 풀리지 않은 것으로 판단될 수 있다. 따라서 본 발명의 일 실시예에 따라 볼트폴립을 검출하기 위해서는 (너트가 60도 이상 회전하지 않을) 비교적 짧은 기간을 주기로 주기적으로 볼트폴립을 모니터링 하는 것이 바람직하다.

[0052]

지금까지 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법을 설명함에 있어서 도 3에 도시된 바와 같이 하나의 영상에 하나의 너트 영상이 포함되어 있는 경우를 예로 들어 설명하였다.

[0053]

하지만 일반적으로 볼트는 볼트체결관에 다수의 볼트들이 체결되어 있으며, 본 발명에 따른 볼트폴립 검출 방법이 실제 산업현장에 더 용이하게 적용될 수 있기 위해서는 볼트 영상을 개별적으로 촬영하는 것보다는 볼트체결관 전체를 촬영하여 각각의 볼트 폴립을 판단하도록 하는 것이 더 바람직하다.

[0054]

또한 본 발명에 따른 볼트폴립 검출 방법을 실제 산업현장에서 볼트체결부를 촬영하기 위한 카메라를 항상 고정해놓지 않는 한 촬영시 카메라의 회전이 너트 회전각을 계산하는데 영향을 줘 정확하지 않은 너트 회전각이 도출될 수 있다. 따라서 카메라의 회전 또는 원근 왜곡을 보정하기 위해서 기준물체가 필요하기 때문에 볼트체결관 전체를 촬영한 영상을 이용하는 것이 더 바람직하다.

[0055]

따라서 이하에서는 볼트체결관 전체를 촬영한 영상이 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램이 설치된 연산장치에 입력되었을 경우에 대한 본 발명의 다른 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0056]

본 발명의 다른 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법은 도 5에 도시된 바와 같이 집합판 영상 입력 단계(S110), 집합판 추출 단계(S120), 영상 보정 단계(S130), 개별 너트 영상 추출 단계(S140), 에지 추출 단계(S200), 직선 검출 단계(S300), 볼트 폴립 판정 단계(S400)를 포함하여 이루어진다.

[0057]

본 발명의 다른 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법은 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법의 영상입력단계(S100)에서 하나의 너트 영상이 아니 복수개의 너트 영상이 포함된 집합판 영상이 입력됨에 따라 입력된 집합판 영상에서 개별 너트 영상을 추출하기 위한 과정을 구체화한 것이며, 그 이후의 에지 추출 단계(S200), 직선 검출 단계(S300), 볼트 폴립 판정 단계(S400)는 앞서 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 볼



트폴림 검출 방법과 동일하므로 이하에서는 중복된 단계에 대한 설명은 생략하고 앞선 설명으로 갈음하기로 한다.

- [0058] 접합판 영상 입력 단계(S110)는 복수 개의 볼트 및 너트가 체결된 접합판을 촬영한 영상이 연산장치로 입력되는 단계로서 접합판을 촬영한 예시적인 영상이 도 6에 도시되어 있다.
- [0059] 접합판을 촬영한 영상은 유무선 통신을 통해 연산장치로 입력될 수 있으며, 연산장치가 촬영과 휴대가 가능한 장치인 경우 연산장치의 촬영 기능으로 접합판을 촬영하는 동작으로 접합판 영상이 연산장치로 입력될 수 있다.
- [0060] 접합판 추출 단계(S120)는 입력된 접합판 영상으로부터 접합판을 추출하는 단계로서 도 7(c)에 도시된 바와 같이 Hough 변환을 이용하여 접합판 영상에서 직선을 검출하고 직선들의 교차점을 이용하여 접합판의 4모서리를 추출할 수 있다.
- [0061] 하지만 접합판 영상에 다른 직선 이미지가 포함될 경우에는 도 7(b)에 도시된 바와 같이 4각 윈도우를 사용하여 개략적인 접합판 영역을 선택하는 것이 바람직하며, 개략적인 접합판 영역은 연산장치에 의해 자동 또는 사용자에 의해 수동으로 선택될 수 있다.
- [0062] 영상 보정 단계(S130)는 접합판을 촬영할 때 발생한 원근 및/또는 회전 왜곡을 보정하는 단계이다.
- [0063] 즉, 도 7에 도시된 바와 같이 입력된 접합판 영상은 접합판을 정면에서 촬영한 영상이 아니며, 이러한 왜곡된 영상으로 너트의 회전각을 계산할 경우 그 결과를 신뢰할 수 없게 된다.
- [0064] 따라서 입력된 접합판 영상을 정면에서 촬영한 것과 같은 정면 영상으로 보정할 필요가 있다.
- [0065] 이를 위해 접합판 추출 단계에서 추출된 접합판의 4모서리 좌표를 추출하고, 이를 연산장치 저장부에 저장된 접합판의 가로, 세로 변의 길이 비율과 비교하면 추출된 접합판이 정면에서 찍은 것인지 원근 왜곡이 있는 것인지 판정할 수 있다.
- [0066] 즉, 도 8(a)에 도시된 바와 같이 원근 왜곡이 있는 경우 서로 마주보는 두 모서리의 길이가 동일하지 않고, 가로 세로 모서리의 길이 비율이 정면에서 본 비율과 달라지게 된다.
- [0067] 이에 서로 마주보는 두 모서리의 길이가 동일하게 되고, 가로 세로 모서리의 길이 비율이 미리 저장된 비율과 동일하게 되도록 영상을 보정함으로써 도 8(b)에 도시된 바와 같이 정면에서 촬영한 것과 같은 정면 영상으로 보정할 수 있게 된다.
- [0068] 또한 촬영시 회전이 발생한 경우 촬영시 회전 각도가 너트 회전각에 오차 요인으로 작용할 수 있으므로, 정면 영상으로 보정할 경우 접합판의 가로변과 세로변이 영상의 가로변과 세로변에 각각 평행하도록 정면 영상을 보정하는 것이 바람직하다.
- [0069] 개별 너트 영상 추출 단계(S140)는 너트 마다의 볼트 풀림을 판정하기 위해 접합판에 체결된 복수 개의 너트 영상으로부터 개별 너트 영상을 추출하는 단계이다.
- [0070] 개별 너트 영상을 추출하는 예시적인 방법을 도 9 및 도 10을 참조로 설명하면 다음과 같다.
- [0071] 우선, 일반적으로 대부분의 접합판에서는  $N \times M$ 개의 형태로 볼트가 체결되어 있다. 따라서 접합판에 어떠한 형태로 볼트가 체결되어 있는지에 대한 정보가 교량의 설계서 등으로부터 획득되어 연산장치의 저장부에 저장되어 있을 수 있으며, 연산장치는 저장된 정보를 이용하여 도 9에 도시된 바와 같이 접합판을  $N \times M$ 개의 영상으로 균등분할한다.
- [0072] 이렇게 균등분할된 영상으로부터 앞서 설명한 예지 추출 단계(S200), 직선 검출 단계(S300), 볼트 풀림 판정 단계(S400)를 실시하여 해당 볼트의 볼트 풀림 여부를 판정할 수 있다.
- [0073] 하지만  $N \times M$ 개의 영상으로 균등분할된 접합판의 영상에는 너트 영상뿐만 아니라 주변 노이즈(녹, 이물질, 페인트의 결 등)가 포함되어 있을 수 있으며, 이러한 주변 노이즈는 추후 회전각 식별에 큰 오차 요인으로 작용할 수 있다.
- [0074] 따라서 이러한 주변 노이즈를 제거하는 것이 바람직하며, 이를 위해 도 10(a)에 도시된 바와 같이 균등 분할된 너트 영상을 회색 영상으로 변환한다. 도 9에 도시된 바와 같이 분할하기 전에 영상을 회색 영상으로 변환하여도 무방하다.
- [0075] 회색 이미지로 변환된 영상은 0(검정색)에서부터 256(흰색)까지 8비트의 레벨값을 가지며, 아래 식에 적절한 문

턱치(threshold)를 적용하면 회색 영상이 도 10(b)에 도시된 바와 같이 흑백 영상으로 변환한다.

[0076] if pixel(r,c) > threshold

[0077] pixel(r,c)=1 else pixel(r,c)=0

[0078] 여기서 r과 c는 각각 영상의 pixel위치를 나타내며 1부터 영상의 크기 이내의 값을 가진다.

[0079] 도 10(b)에 도시된 바와 같이 이러한 흑백 영상에서 (너트 영상이 포함되기에 적절한) 미리 설정된 크기의 윈도우(Window)를 이동시키면서 아래 식과 같이 윈도우 내의 픽셀 색깔의 합이 최대가 되는 위치를 선정하며, 이 위치가 주변 노이즈가 제거된 최적의 너트 영상이 된다.

[0080] find r, c

$$\sum_{x=r}^{r_w} \sum_{y=c}^{c_w} pixel(x,y)$$

[0081] Maximize

[0082] 여기서,  $r_w$ 와  $c_w$ 는 윈도우의 크기를 나타내며, 만약 최대가 되는 r, c가 여러 쌍이 존재할 경우 이들의 평균으로 위치를 결정한다.

[0083] 위와 같은 방법을 사용하면, 도 10(c)에 도시된 바와 같이 개별 너트 영상이 추출된다.

[0084] 개별 너트 영상을 추출하는 다른 방법으로 도 11에 도시된 바와 같이 Circular Hough Transform을 이용하여 볼트의 끝부분 원 형상을 추출한 후 볼트 중심을 중심으로 하는 미리 결정된 크기의 정사각형을 개별 너트 영상으로 추출할 수도 있다.

[0085] 도 12에 도시된 바와 같이 일반적으로 너트 중심에서 정육각형의 꼭지점까지의 거리(R)은 볼트 반지름의 약 1.4~1.6배이기 때문에 개별 너트 영상을 추출하기 위한 정사각형 한 변의 크기는 볼트 반지름의 추정 오차를 고려하여 볼트 반지름의 5배 정도가 적절하다.

[0086] 지금까지 개별 너트 영상을 추출하는 방법들을 설명하였으나 개별 너트 영상을 추출하는 방법에 위에 설명한 방법들에 한정되지 않으며, 개별 너트 영상을 추출할 수 있는 어떤 방법을 사용하여도 무방하다.

[0087] 이와 같은 방법으로 개별 너트 영상을 추출되면 앞서 설명한 예지 추출 단계(S200), 직선 검출 단계(S300), 볼트 폴립 판정 단계(S400)를 실시하여 해당 볼트의 볼트 폴립 여부를 판정할 수 있다.

[0088] 지금까지 설명한 본 발명의 실시예에 따라 볼트폴립의 검출 실험을 실시하였하고 실제 디지털 각도기로 볼트의 각도를 측정하였다. 그 결과 도 13에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따라 측정된 결과와 디지털 각도기로 측정한 결과 사이에 약  $\pm 2$ 도의 오차가 발생함을 확인할 수 있었다.

[0089] 따라서 본 발명의 실시예에 따라 볼트폴립을 검출함에 있어서 그 오차범위를 고려하여 도 14에 도시된 바와 같이 너트 각도 변화가  $\pm 2$ 도 이내인 경우(도 14(b) 및 도 14(c))에는 볼트폴립이 없는 것으로 판단하고, 너트 각도의 변화가  $\pm 2$ 도를 초과하는 경우(도 14(a)) 볼트폴립이 발생한 것으로 판단하는 것이 바람직하다.

[0090] 이러한 오차 범위는 본 발명의 실시예에 따라 볼트폴립을 판정하는 연산장치에 미리 설정해 놓고 볼트 폴립 판정 단계(S400)에서 오차 범위 이내의 각도 변화가 측정된 경우에는 볼트가 풀리지 않은 것으로 결과를 출력하는데 이용하는 것이 바람직하다.

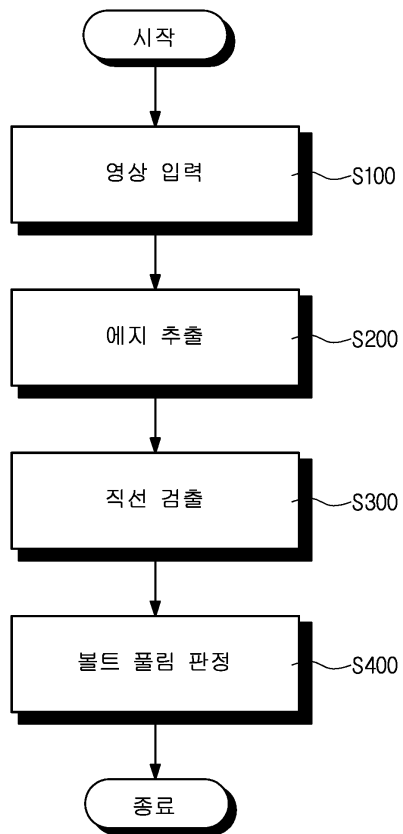
[0091] 지금까지 본 발명의 일 실시예에 따른 볼트폴립 검출 방법 및 컴퓨터 프로그램을 구체적인 실시예를 참고로 한정되게 설명하였다. 그러나 본 발명은 이러한 구체적인 실시예에 한정되지 않으며, 특허청구범위에서 청구된 발명의 사상 및 그 영역을 이탈하지 않으면서 다양한 변화 및 변경이 있을 수 있음을 이해하여야 할 것이다.

도면

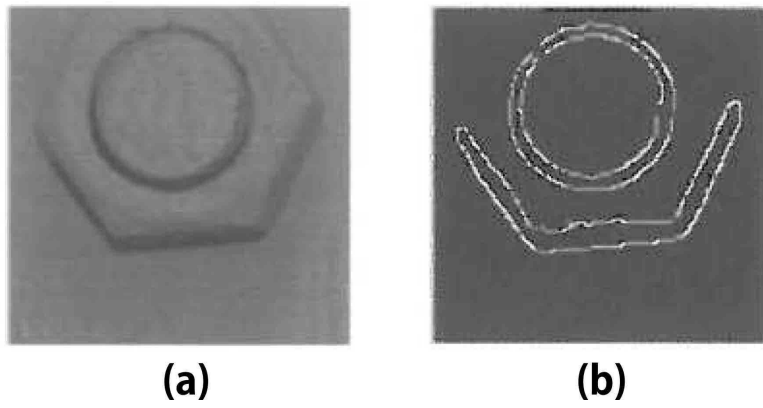
도면1



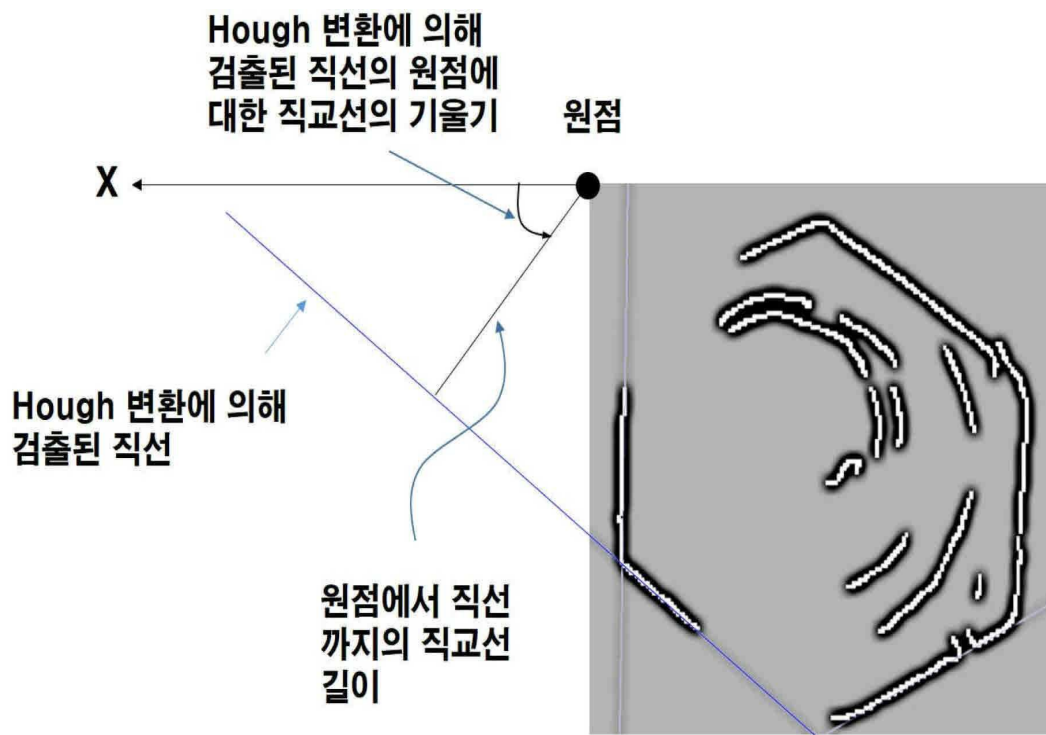
도면2



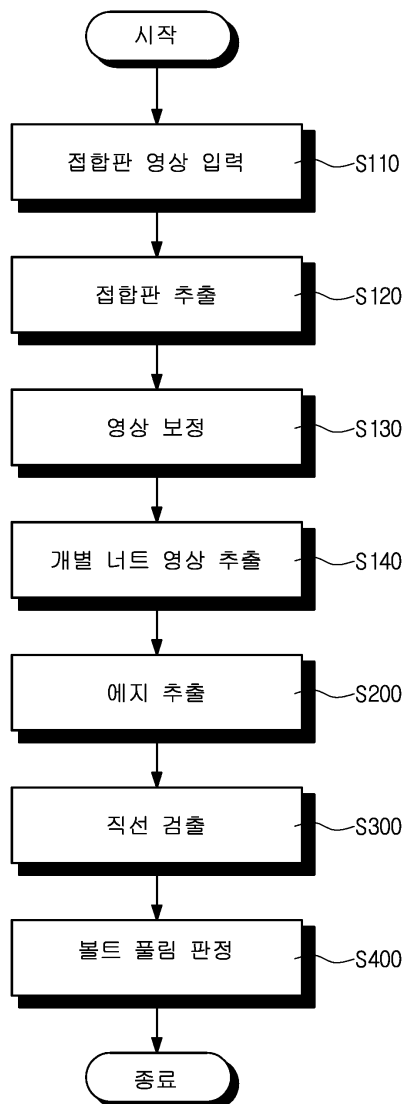
도면3



도면4



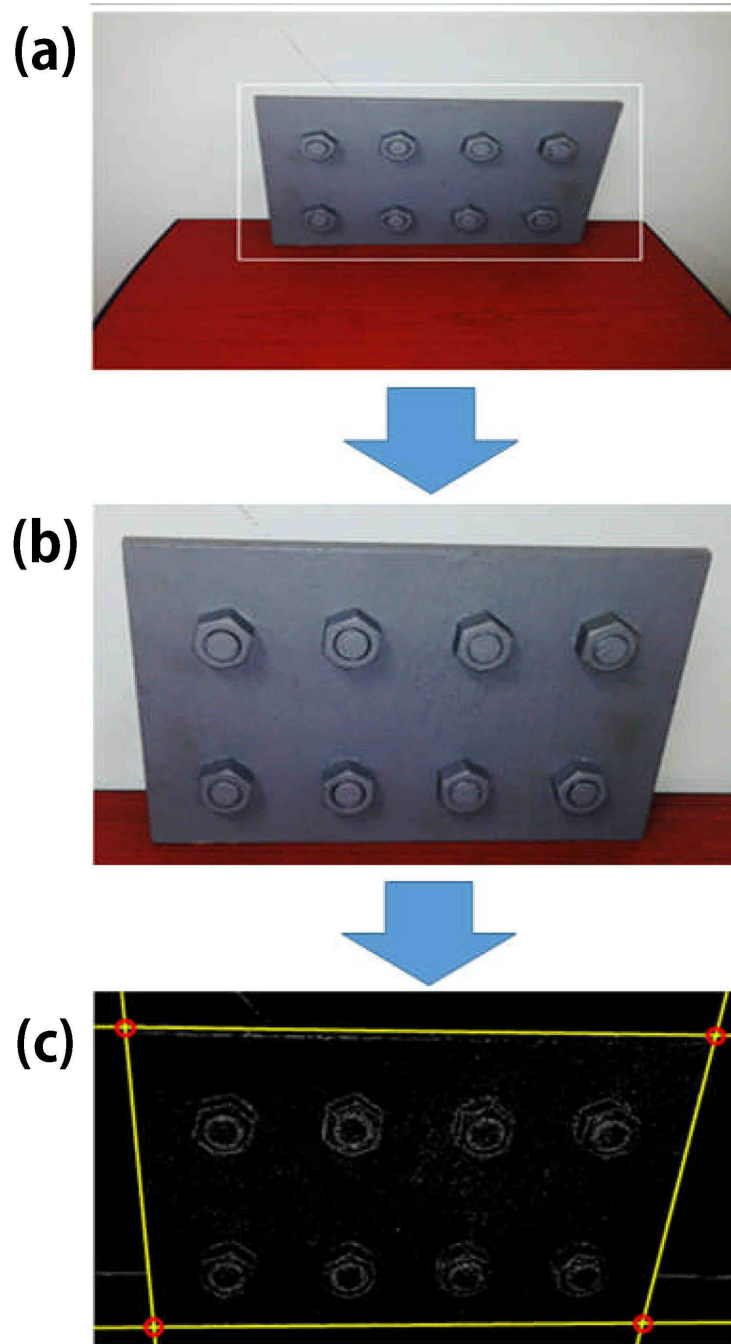
도면5



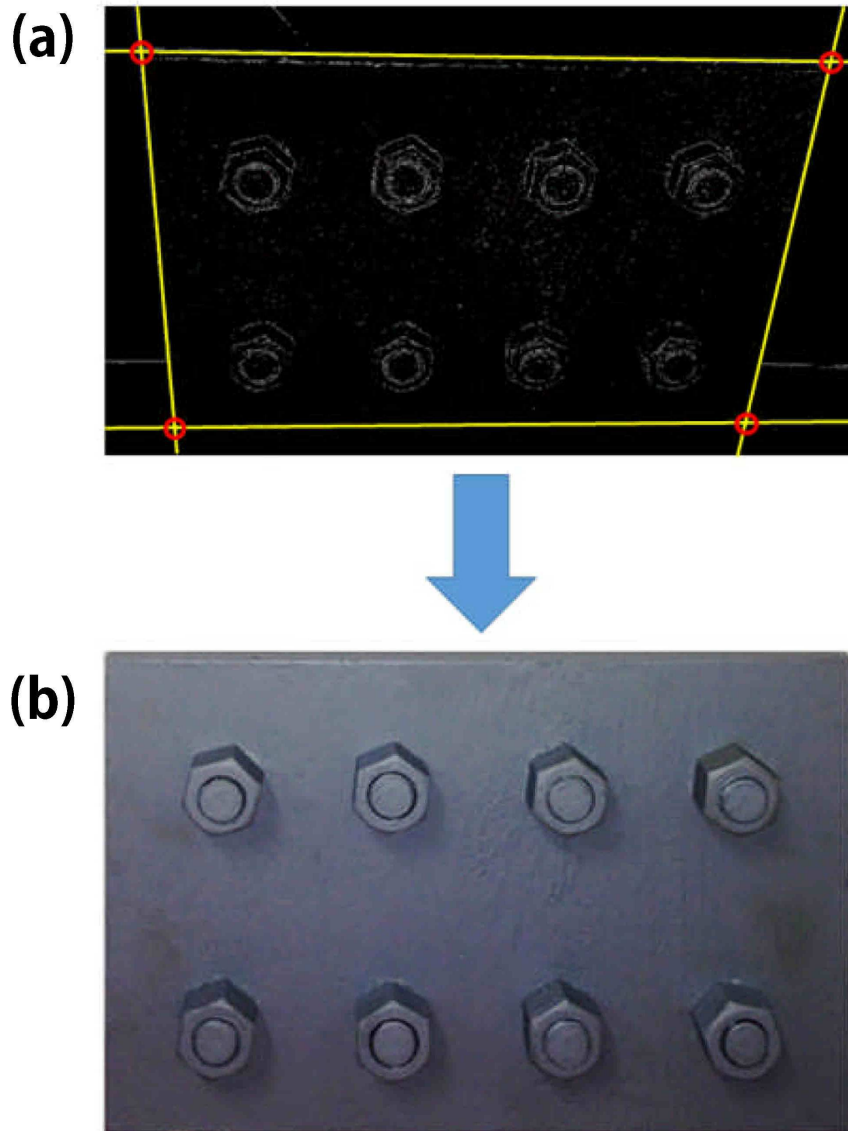
도면6



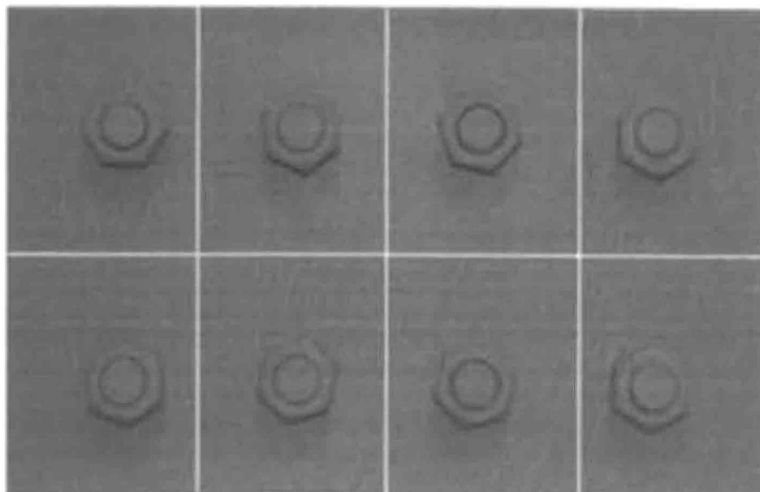
도면7



도면8

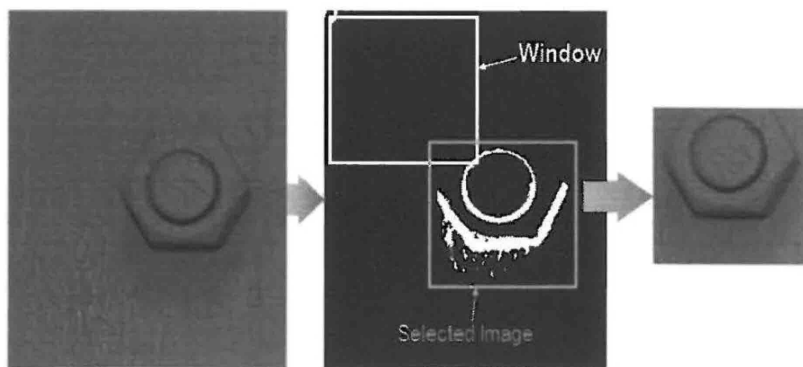


도면9

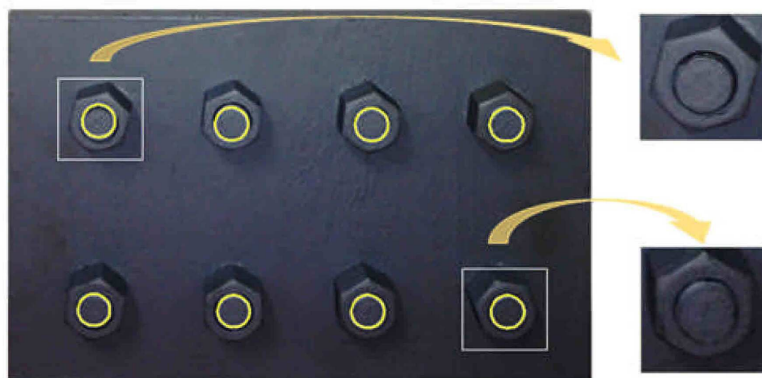




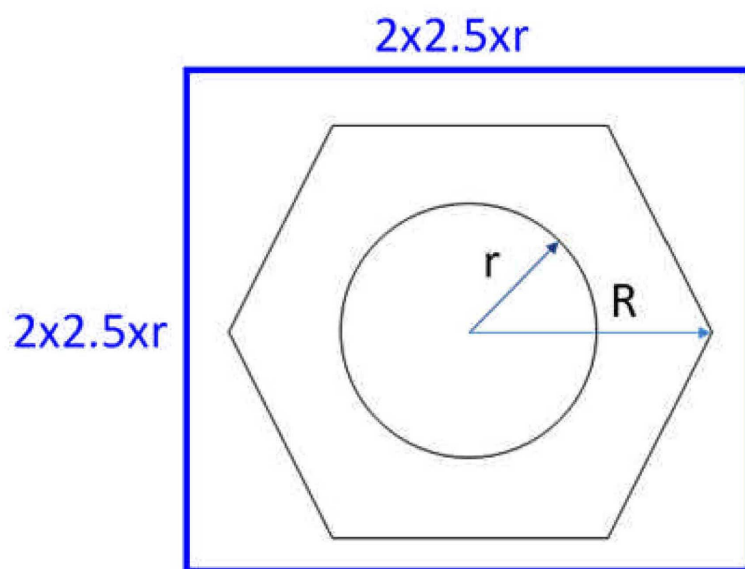
도면10



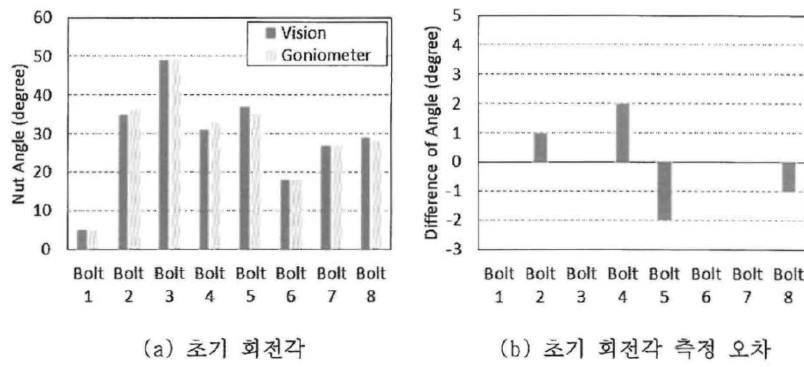
도면11



도면12



도면13



도면14

