



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월12일
 (11) 등록번호 10-1897688
 (24) 등록일자 2018년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01V 13/00 (2006.01) G01V 1/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류
 G01V 13/00 (2013.01)
 G01V 1/18 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0073423

(22) 출원일자 2017년06월12일
 심사청구일자 2017년06월12일

(56) 선행기술조사문헌
 1. 조창수, 지진기록계 보정과 힐버트 변환 적용에 의한 센서 주파수 응답 계산, 지구물리와 물리 탐사, 제19권 제2호, 2016년 5월, 84-90쪽
 KR1020130013683 A
 KR1020060058194 A
 JP2016133446 A

(73) 특허권자

한국지질자원연구원

대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동, 한국지질자원연구원)

(72) 발명자

조창수

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 505동 1002호(전민동, 엑스포아파트)

손민경

대전광역시 서구 청사서로 29, 103동 1109호(월평동, 셋별아파트)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 권민정

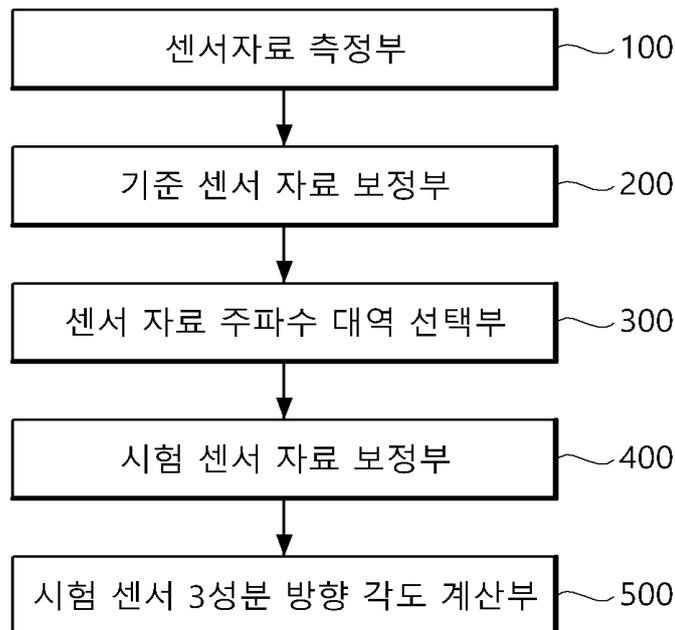
(54) 발명의 명칭 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 시간 영역에서의 상호 상관을 이용하여 기준 센서의 각 성분에 대하여 시험 센서의 성분 방향 각도를 3차원적으로 구할 수 있는 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치는 기준 센서 자료 및 시험 센서 자

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



료를 동 시간에 측정하도록 구성된 센서 자료 측정부; 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하도록 구성된 기준 센서 자료 보정부; 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하도록 구성된 센서 자료 주파수 대역 선택부; 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하도록 구성된 시험 센서 자료 보정부; 및 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하고, 이 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하며, 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 상기 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하도록 구성된 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부를 포함한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20170141
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	
연구사업명	주요사업-공공/인프라형
연구과제명	Geo-Data 통합 기반 지진원 정밀분석 및 지진재해 대응 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국지질자원연구원
연구기간	2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서 자료 성분의 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치로서:

상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료를 동 시간에 측정하도록 구성된 센서 자료 측정부;

상기 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하도록 구성된 기준 센서 자료 보정부;

상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하도록 구성된 센서 자료 주파수 대역 선택부;

상기 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하도록 구성된 시험 센서 자료 보정부; 및

상기 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하고, 이 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하며, 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 상기 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하도록 구성된 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부를 포함하는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기준 센서 및 시험 센서의 3성분은 각각 그 성분과 직교하는 2축의 회전 각도로 표시되는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 상호 상관 계수는 다음의 [수학식 11]

[수학식 11]

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

[여기서, x_i 는 시간에 따라 샘플링 된 기준 센서 자료의 회전 변환 성분이고, y_i 는 시간에 따라 샘플링 된 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분이며, \bar{x} 는 기준 센서 자료의 회전 변환 성분 평균값이며, \bar{y} 는 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분 평균값임]

에 의해 계산되는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치.

청구항 4

제 1 항에 기재된 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3 성분 방향각도 추출 장치를 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법으로서:

센서 자료 측정부가 상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료를 동 시간에 측정하는 단계;

기준 센서 자료 보정부가 상기 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하는 단계;

센서 자료 주파수 대역 선택부가 상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하는 단계;

시험 센서 자료 보정부가 상기 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하는 단계;

시험 센서 3성분 방향 각도 계산부가 상기 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하는 단계;

상기 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부가 상기 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하는 단계; 및

상기 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부는 계산된 상기 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 시험 센서의 3성분 방향 각도를 계산하는 단계를 포함하는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 회전 변환 단계는,

상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축의 시작 각도 및 끝 각도를 설정하는 단계,

상기 2축의 시작 각도와 끝 각도를 4 등분하는 단계, 및

상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축을 1/4 각도 간격을 두고 회전 변환하는 단계를 포함하고;

상기 상호 상관 계수 계산 단계는,

상기 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상관 계수를 계산하는 단계를 포함하며;

상기 3성분 방향 각도 계산 단계는,

계산된 상기 상관 계수 중 가장 큰 최대 상관 계수를 산출하는 단계,

상기 최대 상관 계수 일 때의 기준 센서 2축의 회전 각도를 산출하는 단계,

상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대한 2축의 회전 각도 증가분이 제 1 설정값보다 작은지의 여부를 결정하는 단계,

상기 2축의 회전 각도 증가분이 상기 제 1 설정값보다 작으면 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되었는지의 여부를 결정하는 단계, 및

상기 계산 완료 여부 결정 단계에서 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되면 종료하는 단계를 포함하는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 2축의 회전 각도 증가분이 상기 제 1 설정값보다 작지 않으면,

산출된 상기 기준 센서 2축의 회전 각도를 중심으로 각도 증분을 줄이면서 시작각도와 끝각도를 설정한 후 4 등분한 후 상기 1/4 각도 간격을 두고 회전 변환하는 단계로 진행되는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 계산 완료 여부 결정 단계에서 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되지 않으면, 상기 기준 센서 자료의 한 성분과 다른 한 성분과 대해 그 성분과 직교하는 2축의 시작 각도 및 끝 각도를 설정한 후, 상기 4 등분하는 단계로 진행되는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 기준 센서 및 시험 센서의 3성분은 각각 그 성분과 직교하는 2축의 회전 각도로 표시되는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법.

청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 상호 상관 계수는 다음의 [수학식 11]

[수학식 11]

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

[여기서, x_i 는 시간에 따라 샘플링된 기준 센서 자료의 회전 변환 성분이고, y_i 는 시간에 따라 샘플링된 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분이며, \bar{x} 는 기준 센서 자료의 회전 변환 성분 평균값이며, \bar{y} 는 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분 평균값임]

에 의해 계산되는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 시간 영역에서의 상호 상관을 이용하여 기준 센서의 각 성분에 대하여 시험 센서의 성분 방향 각도를 3차원적으로 구할 수 있는 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 중규모인 경주 지진(약 지역규모 5.8) 발생으로 인해 한반도가 안전지대가 아니라는 국민의 인식과 지진에 대한 관심이 높아지고 있는 것이 현실이다. 이러한 상황에서 지진 계측기 또는 지진 관측 장비가 제대로 작동하는지의 여부를 알기 위한 성능 시험 또는 성능 검정에 대한 관심도 높아지고 있다. 지진 계측기 또는 지진 관측 장비에 대한 성능시험 항목 중에서 센서의 직교성 확인 및 센서 방향성 확인은 센서 자체의 직교성 뿐만 아니라 다른 성능 항목 시험에서 가장 기초적인 기술로 적용하는 방법이다.

[0003] 국내 특허 공개 2008-0105944호 공보에는 제로교정과 스핀교정을 수행한 후 주기적으로 자체 검사를 수행하여 지진 발생을 감지하는 지진 감지 센서의 구성요소의 고장유무를 파악하도록 하여 감지 데이터의 신뢰성을 향상시키는 장치 및 방법에 관한 기술이 개시되어 있다.

[0004] 이와 같은 지진 감지 센서(지진계 센서라고도 불리움)에 대한 성능시험을 위해, 종래에는 2차원적인 축 회전 변환을 이용하는 지진계 성분 변환 방법이 널리 이용되고 있었다. 이와 같은 종래의 2차원적인 축 회전 변환 방법

은 3차원적인 지진계의 성분 해석을 위해 적용될 수 없으므로 지진계의 3차원적인 직교성 및 방향성에 대한 해석이 이루어질 수 없다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 지진계 센서의 3차원적인 직교성 및 방향성을 해석하기 위해 필요한 지진계 센서의 3성분 방향각도를 추출할 수 있는, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 실시형태에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치는 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서 자료 성분의 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치로서: 상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료를 동 시간에 측정하도록 구성된 센서 자료 측정부; 상기 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하도록 구성된 기준 센서 자료 보정부; 상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하도록 구성된 센서 자료 주파수 대역 선택부; 상기 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하도록 구성된 시험 센서 자료 보정부; 및 상기 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하고, 이 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하며, 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 상기 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하도록 구성된 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 상기 실시형태에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치에 있어서, 상기 기준 센서 및 시험 센서의 3성분은 각각 그 성분과 직교하는 2축의 회전 각도로 표시될 수 있다.

[0008] 상기 실시형태에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치에 있어서, 상기 상호 상관 계수는 다음의 [수학식 11]

[0009] [수학식 11]

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

[0010] [여기서, x_i 는 시간에 따라 샘플링 된 기준 센서 자료의 회전 변환 성분이고, y_i 는 시간에 따라 샘플링 된 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분이며, \bar{x} 는 기준 센서 자료의 회전 변환 성분 평균값이며, \bar{y} 는 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분 평균값임]

[0012] 에 의해 계산될 수 있다.

[0013] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 다른 실시형태에 의한, 지진계 센서의 3 성분 방향각도 추출 장치를 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법은 센서 자료 측정부가 상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료를 동 시간에 측정하는 단계; 기준 센서 자료 보정부가 상기 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하는 단계; 센서 자료 주파수 대역 선택부가 상기 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하는 단계; 시험 센서 자료 보정부가 상기 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하는 단계; 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부가 상기 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하는 단계; 상기 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부가 상기 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하는 단계; 및 상기 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부는 계산된 상기 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 시험 센서의 3성분 방향 각도를 계

산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 다른 실시형태에 의한 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법에 있어서, 상기 회전 변환 단계, 상호 상관 계수 계산 단계 및 3성분 방향 각도 계산 단계는, 상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축의 시작 각도 및 끝 각도를 설정하는 단계; 상기 2축의 시작 각도와 끝 각도를 4 등분하는 단계; 상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축을 1/4 각도 간격을 두고 회전 변환하는 단계; 상기 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상관 계수를 계산하는 단계; 계산된 상기 상관 계수 중 가장 큰 최대 상관 계수를 산출하는 단계; 상기 최대 상관 계수 일 때의 기준 센서 2축의 회전 각도를 산출하는 단계; 상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대한 2축의 회전 각도 증가분이 제 1 설정값보다 작은 지의 여부를 결정하는 단계; 상기 2축의 회전 각도 증가분이 상기 제 1 설정값보다 작으면 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되었는지의 여부를 결정하는 단계; 및 상기 계산 완료 여부 결정 단계에서 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되면 종료하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 다른 실시형태에 의한 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법에 있어서, 상기 2축의 회전 각도 증가분이 상기 제 1 설정값보다 작지 않으면, 산출된 상기 기준 센서 2축의 회전 각도를 중심으로 각도 증분을 줄이면서 시작각도와 끝각도를 설정한 후 4 등분한 후 상기 1/4 각도 간격을 두고 회전 변환하는 단계로 진행될 수 있다.

[0016] 상기 다른 실시형태에 의한 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법에 있어서, 상기 계산 완료 여부 결정 단계에서 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되지 않으면, 상기 기준 센서 자료의 한 성분과 다른 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축의 시작 각도 및 끝 각도를 설정한 후, 상기 4 등분하는 단계로 진행될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시형태에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법에 의하면, 센서 자료 측정부가 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료를 동 시간에 측정하며, 기준 센서 자료 보정부가 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하며, 센서 자료 주파수 대역 선택부가 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하며, 시험 센서 자료 보정부가 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하며, 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부가 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하고, 이 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하며, 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 상기 시험 센서의 3성분의 방향각도를 계산하도록 구성됨으로써, 지진계 센서의 3차원적인 직교성 및 방향성을 해석하기 위해 필요한 지진계 센서의 3성분 방향각도를 추출할 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

[0018] 즉, 종래의 2차원적인 축 회전 변환 방법이 3차원적인 지진계의 성분 해석을 위해 적용될 수 없었으므로 지진계의 3차원적인 직교성 및 방향성에 대한 해석이 이루어질 수 없다는 문제점이 있었던 것에 반해, 본 발명의 실시형태에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법은 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하도록 구성됨으로써 지진계 센서의 3차원적인 직교성 및 방향성을 해석할 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치의 블록 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.

도 3은 도 2의 스텝(S500, S510, S520)에 대한 상세플로우차트이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 적용된 오른손 좌표계와 오른손 좌표계에 대한 회전을 나타내는 개념도이다.

도 5는 기준 센서 자료(적색)와 이 기준센서 자료를 3축 회전 변환(Z축으로 25.4도 회전한 후, X축으로 1도 회전하고, 마지막으로 Y축으로 0.5도 회전)한 자료를 시험 센서 자료(청색)로 설정하여 비교한 도면이다.

도 6은 기준 센서 자료의 회전된 성분과 시험 센서 자료의 성분을 상호 상관 한 후의 회전된 기준 센서 자료(적

색)와 시험 센서 자료(청색)를 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0021] 도 4는 본 발명의 실시예에 적용된 오른손 좌표계와 오른손 좌표계에 대한 회전을 나타내는 개념도이다.

[0022]

[0023] 먼저, 본 발명의 실시예에 적용된, 2축 회전을 이용해 3축으로 회전된 지진계 각 성분을 찾기 위한 기본 알고리즘 이론에 대해 도 4를 참조하여 설명하기로 한다.

[0024] 지진계 센서는 대부분이 3성분으로 지진동의 벡터를 측정한다. 지진동 벡터는 직교하는 3성분에 의하여 정확히 측정될 수 있다. 벡터 성분을 정확히 측정하기 위하여 3성분이 직교한다는 것을 증명할 필요가 있다. 3성분의 좌표가 있을 때 이를 수평면 위에 설치하게 되면 3성분이 z축을 기준으로 α 각, x축을 기준으로 γ 각, y축을 기준으로 β 각으로 회전되어 있는 성분이라고 할 수 있다.

[0025]
$$R_z(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
 [수학식 1]

[0026]
$$R_x(\gamma) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\gamma) & -\sin(\gamma) \\ 0 & \sin(\gamma) & \cos(\gamma) \end{bmatrix}$$
 [수학식 2]

[0027]
$$R_y(\beta) = \begin{bmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) \end{bmatrix}$$
 [수학식 3]

[0028] 3차원의 어떤 점 $a(a_x, a_y, a_z)$ 은 z축을 기준으로 α 만큼 회전시켰을 때 좌표변환 행렬인 [수학식 1]에 의하여 $a'(a_x', a_y', a_z')$ 으로 다음의 [수학식 4]와 같이 회전 변환될 수 있다.

[0029]
$$\begin{bmatrix} a_x' \\ a_y' \\ a_z' \end{bmatrix} = R_z(\alpha) \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix}$$
 [수학식 4]

[0030] 3차원의 어떤 점 $a(a_x, a_y, a_z)$ 은 x축을 기준으로 γ 만큼 회전시켰을 때 좌표변환 행렬인 [수학식 2]에 의하여 $a'(a_x', a_y', a_z')$ 으로 다음의 [수학식 5]와 같이 회전 변환될 수 있다.

[0031]
$$\begin{bmatrix} a_x' \\ a_y' \\ a_z' \end{bmatrix} = R_x(\gamma) \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix}$$
 [수학식 5]

[0032] 3차원의 어떤 점 $a(a_x, a_y, a_z)$ 은 y축을 기준으로 β 만큼 회전시켰을 때 좌표변환 행렬인 [수학식 3]에 의하여 $a'(a_x', a_y', a_z')$ 으로 다음의 [수학식 6]과 같이 회전 변환될 수 있다.

[0033]
$$\begin{bmatrix} a_x' \\ a_y' \\ a_z' \end{bmatrix} = R_y(\beta) \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix}$$
 [수학식 6]

[0034] 일반적으로 임의의 3차원의 어떤 점 $a(a_x, a_y, a_z)$ 은 x축 회전변환 $R_x(\gamma)$, y축 회전변환 $R_y(\beta)$, z축의 회전변환 $R_z(\alpha)$ 에 의하여 변환될 수 있다. 그러나 축 변환 순서에 따라 최종적으로 변환되는 $a'(a_x', a_y', a_z')$ 은 다음의 [수학식 7]과 같이 다른 좌표가 된다.

[0035]
$$R_x(\gamma)R_y(\beta)R_z(\alpha) \neq R_z(\alpha)R_y(\beta)R_x(\gamma)$$
 [수학식 7]

[0036] 임의의 점 $a(a_x, a_y, a_z)$ 이 임의의 축 순서 변환에 따라 3축 회전 변환이 이루어졌을 때 변환 좌표가

$a'(a_x', a_y', a_z')$ 이라고 가정할 수 있다.

[0037] 이때 변환된 좌표가 원래 좌표축에서 어떻게 회전되었는지 알고 싶을 것이다. 예를 들어 변환된 $a'(a_x', a_y', a_z')$ 중에서 임의의 x좌표인 a_x' 은 다음의 [수학식 8]과 같이 원래 좌표인 $a(a_x, a_y, a_z)$ 를 임의의 z축 회전변환 α' 과 임의의 y축 회전변환 β' 에 의해 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} a_x' \\ a_y'' \\ a_z'' \end{bmatrix} = R_y'(\beta') R_z'(\alpha') \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} \quad \text{[수학식 8]}$$

[0039]

[0040] 변환된 좌표계 $a''(a_x', a_y', a_z')$ 를 보면 원하는 좌표계 $a'(a_x', a_y', a_z')$ 와 같지는 않지만 a_x' 은 같아짐을 알 수 있다. 그러므로 x성분은 임의의 z축 회전 변환 α' 과 임의의 y축 회전 변환 β' 에 의하여 변환된 값이라고 할 수 있다.

[0041] y수평성분은 다음의 [수학식 9]와 같이 임의의 z축 회전변환 α'' 과 임의의 x축 회전변환 γ'' 에 의하여 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} a_x''' \\ a_y' \\ a_z''' \end{bmatrix} = R_x''(\gamma'') R_z''(\alpha'') \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} \quad \text{[수학식 9]}$$

[0043] z수직성분은 다음의 [수학식 10]과 같이 임의의 x축 회전변환 γ''' 과 임의의 y축 회전변환 β''' 에 의하여 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} a_x'''' \\ a_y'''' \\ a_z' \end{bmatrix} = R_y'''(\beta''') R_x'''(\gamma''') \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} \quad \text{[수학식 10]}$$

[0045] 그러므로 임의의 3축 회전변환에 의하여 나타난 좌표는 각각 성분의 두 축의 회전변환에 의한 결과와 동일하게 얻어짐을 알 수 있다. $a(a_x, a_y, a_z)$ 가 완전한 직교인 식이라면 $\alpha'=\alpha''$, $\beta'=\beta'''$, $\gamma''=\gamma'''$ 가 될 수 있다.

[0046]

[0047] 이하, 본 발명의 실시예에 대해서 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

[0048] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치의 블록 구성도이다.

[0049] 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 센서 자료 측정부(100), 기준 센서 자료 보정부(200), 센서 자료 주파수 대역 선택부(300), 시험 센서 자료 보정부(400) 및 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부(500)를 포함한다.

[0050] 한편, 기준 센서 및 시험 센서의 3성분은 각각 그 성분과 직교하는 2축의 회전 각도로 표시된다.

[0051] 센서 자료 측정부(100)는 기준 센서 자료 [$ref_i(t), i=x,y,z$]와 시험 센서 자료 [$st_i(t), i=1,2,3$]를 동 시간에 측정하는 역할을 한다. 여기서 기준 센서와 시험 센서는 모두 지진계 센서로서, 시험 센서는 시험 대상인 센서를 의미하며, 기준 센서는 시험 센서의 성능을 테스트하기 위해 사용된 기준을 제공하는 센서를 의미한다.

[0052] 기준 센서 자료 보정부(200)는 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하는 역할을 한다. 기준 센서 자료에 대해 기기보정 수행한 자료는 $ref_corr(t)$ 라 하며, 이후에 민감도 보정한 자료를 $ref_corr_st(t)$ 라 한다.

[0053] 센서 자료 주파수 대역 선택부(300)는 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을

선택하는 역할을 하며, 이는 유저에 의해 설정가능하다.

[0054] 시험 센서 자료 보정부(400)는 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하는 역할을 한다. 시험센서 자료 $[tst_i(t), i=1,2,3]$ 를 기기보정 수행한 자료는 $tst_corr(t)$ 라 한다.

[0055] 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부(500)는 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하고, 이 기준 센서 자료의 회전 변환 성분 $[ref'_x_corr_st(t)]$ 과 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분 $[tst_corr(t)]$ 의 상호 상관 계수를 계산하며, 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하는 역할을 한다.

[0056] 기준 센서 자료를 기기 응답 보정 및 민감도 보정한 후에 회전한 자료를 $ref'_x_corr_st(t)$ 라 하며, 다음의 [수학식 12]와 같이 나타낼 수 있다.

[0057] [수학식 12]

$$\begin{pmatrix} ref'_x_corr_st(t) \\ ref'_y_corr_st(t) \\ ref'_z_corr_st(t) \end{pmatrix} = R_y(\beta)R_z(\alpha) \begin{pmatrix} ref_x_corr_st(t) \\ ref_y_corr_st(t) \\ ref_z_corr_st(t) \end{pmatrix}$$

[0058] 위의 상호 상관 계수는 다음의 [수학식 11]에 의해 계산된다.

[0060] [수학식 11]

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

[0061] [여기서, x_i 는 시간에 따라 샘플링 된 기준 센서 자료의 회전 변환 성분이고, y_i 는 시간에 따라 샘플링 된 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분이며, \bar{x} 는 기준 센서 자료의 회전 변환 성분 평균값이며, \bar{y} 는 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분 평균값임]

[0063] 위에 설명한 센서 자료 측정부(100), 기준 센서 자료 보정부(200), 센서 자료 주파수 대역 선택부(300), 시험 센서 자료 보정부(400) 및 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부(500)는 하나의 단말 장치(예컨대, 노트북, 퍼스널 컴퓨터, PMP 등)로 구성될 수 있다.

[0064] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3 성분 방향각도 추출 장치를 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법에 대해 설명하기로 한다.

[0065] 도 2는 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법을 설명하기 위한 플로우차트이고, 도 3은 도 2의 스텝(S500, S510, S520)에 대한 상세플로우차트로서, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.

[0066] 먼저, 센서 자료 측정부(100)가 기준 센서 자료 $[ref_i(t), i=x,y,z]$ 및 시험 센서 자료 $[tst_i(t), i=1,2,3]$ 를 동 시간에 측정한다(S100).

[0067] 기준 센서 자료 보정부(200)가 상기 스텝(S100)에서 측정된 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행함으로써 $ref_corr_st(t)$ 자료를 획득한다(S200).

[0068] 이후, 센서 자료 주파수 대역 선택부(300)가 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택한다(S300).

- [0069] 시험 센서 자료 보정부(400)가 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행함으로써 $tst_corr(t)$ 자료를 획득한다(S400).
- [0070]
- [0071] 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부(500)가 상기 스텝(S200)에서 획득된 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분 [$ref_corr_st(t)$]을 상기 [수학식 12]를 이용하여 회전 변환함으로써 $ref_x'_corr_st(t)$ 를 획득하고(S500), 이어서 상기 스텝(S500)에서 획득한 기준 센서 자료의 회전 변환 성분 [$ref_x'_corr_st(t)$]과 상기 스텝(S400)에서 획득한 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분 [$tst_corr(t)$]의 상호 상관 계수를 상기 [수학식 11]을 이용하여 계산하고(S510), 계산된 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 시험 센서의 3성분 방향 각도를 계산한다(S520).
- [0072] 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부(500)에 의해 이루어지는 스텝들(S500, S510, S520)에 대해 도 3을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0073] 먼저, 기준 센서 자료의 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축의 시작 각도 및 끝 각도를 설정하고(S501), 상기 2축의 시작 각도와 끝 각도를 4 등분하며(S503), 상기 기준 센서 자료의 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축을 1/4 각도 간격을 두고 상기 [수학식 12]를 이용하여 회전 변환시킨다(S505).
- [0074] 이어서, 상기 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 상기 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상관 계수를 상기 [수학식 11]을 이용하여 계산하고(S507), 계산된 상기 상관 계수 중 가장 큰 최대 상관 계수를 선택하여 산출한다(S509).
- [0075] 이후, 최대 상관 계수 일 때의 기준 센서 2축의 회전 각도를 산출하고(S511), 기준 센서 자료의 한 성분에 대한 2축의 회전 각도 증가분이 제 1 설정값보다 작은지의 여부를 결정한다(S513).
- [0076] 상기 스텝(S513)에서 2축의 회전 각도 증가분이 상기 제 1 설정값보다 작으면(YES), 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되었는지의 여부를 결정한다(S515).
- [0077] 만약, 상기 스텝(S515)에서 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되면(YES) 종료한다.
- [0078] 한편, 상기 스텝(S513)에서 상기 2축의 회전 각도 증가분이 상기 제 1 설정값보다 작지 않으면(NO), 산출된 상기 기준 센서 2축의 회전 각도를 중심으로 각도 증분을 줄이면서 시작각도와 끝각도를 설정한 후 4 등분한 후(S517), 상기 스텝(S505)으로 진행된다.
- [0079] 한편, 상기 스텝(S515)에서 상기 기준 센서 자료의 3성분에 대한 계산이 완료되지 않으면(NO), 상기 기준 센서 자료의 한 성분과 다른 한 성분에 대해 그 성분과 직교하는 2축의 시작 각도 및 끝 각도를 설정한 후(S519), 상기 스텝(S503)으로 진행된다.
- [0080] 이하, 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 방법에 의한 효과를 검증하기로 한다.
- [0081] 이를 위해서 STS-2.5광대역 센서에 의하여 측정된 120초의 자료를 기준 센서 자료로 설정하고, Z축으로 25.4도 회전한 후 x축으로 1도 회전하고, 마지막으로 y축으로 0.5도 회전한 자료를 시험 센서 자료로 설정하였다.
- [0082] 도 5는 기준 센서 자료(적색)와 이 기준센서 자료를 3축 회전 변환(Z축으로 25.4도 회전한 후, X축으로 1도 회전하고, 마지막으로 Y축으로 0.5도 회전)한 자료를 시험 센서 자료(청색)로 설정하여 비교한 도면으로서, 기준 센서 자료와 시험 센서 자료의 상호 상관 전의 상태를 알 수 있다.
- [0083] 도 6은 기준 센서 자료의 회전된 성분과 시험 센서 자료의 성분을 상호 상관 한 후의 회전된 기준 센서 자료(적색)와 시험 센서 자료(청색)를 비교한 도면으로서, 시험 센서의 각 성분에 대하여 기준 센서 자료를 회전하여 상호상관이 최대가 되는 각도를 구하고자 하였다. 이 때 적용한 주파수 대역은 0.2~0.8Hz를 선택하였다. 도 6을 살펴보면, 회전된 기준 센서 자료와 시험 센서 자료는 완전히 일치한 상태를 보여주는 것을 나타낸 도면으로서, 기준 센서에 대한 시험 센서의 직교성 및 방향성이 우수함을 알 수 있다.
- [0084]
- [0085] 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법에 의하면, 센서

자료 측정부가 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료를 동 시간에 측정하며, 기준 센서 자료 보정부가 기준 센서 자료에 대해 기기 응답 보정 및 민감도 보정을 수행하며, 센서 자료 주파수 대역 선택부가 기준 센서 자료 및 시험 센서 자료의 기기 응답이 평활한 주파수 대역을 선택하며, 시험 센서 자료 보정부가 시험 센서 자료에 대해 기기 응답 보정을 수행하며, 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부가 기준 센서 자료의 기기 응답 보정 및 민감도 보정의 성분을 회전 변환하고, 이 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서 자료의 기기 응답 보정 성분의 상호 상관 계수를 계산하며, 상호 상관 계수가 가장 큰 값을 가질 때의 상기 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하도록 구성됨으로써, 지진계 센서의 3차원적인 직교성 및 방향성을 해석하기 위해 필요한 지진계 센서의 3성분 방향각도를 추출할 수 있다.

[0086] 즉, 종래의 2차원적인 축 회전 변환 방법이 3차원적인 지진계의 성분 해석을 위해 적용될 수 없었으므로 지진계의 3차원적인 직교성 및 방향성에 대한 해석이 이루어질 수 없다는 문제점이 있었던 것에 반해, 본 발명의 실시예에 의한, 상호상관을 이용한 지진계 센서의 3성분 방향각도 추출 장치 및 방법은 기준 센서 자료의 회전 변환 성분과 시험 센서의 3성분의 방향 각도를 계산하도록 구성됨으로써 지진계 센서의 3차원적인 직교성 및 방향성을 해석할 수 있다.

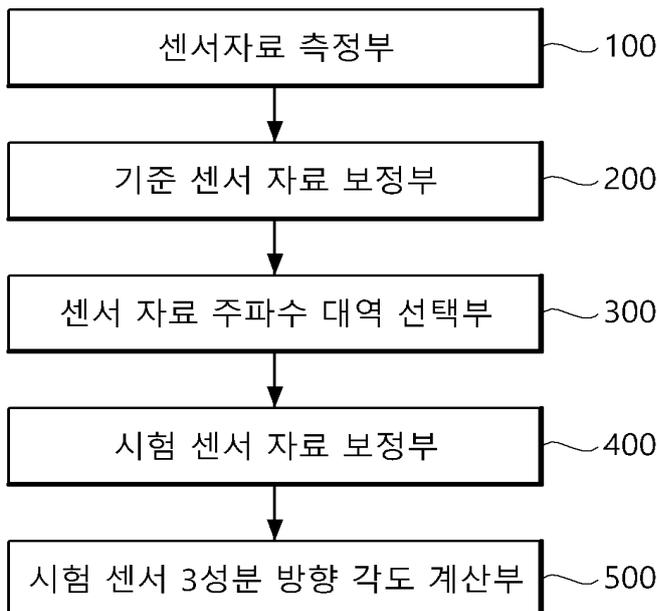
[0087] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

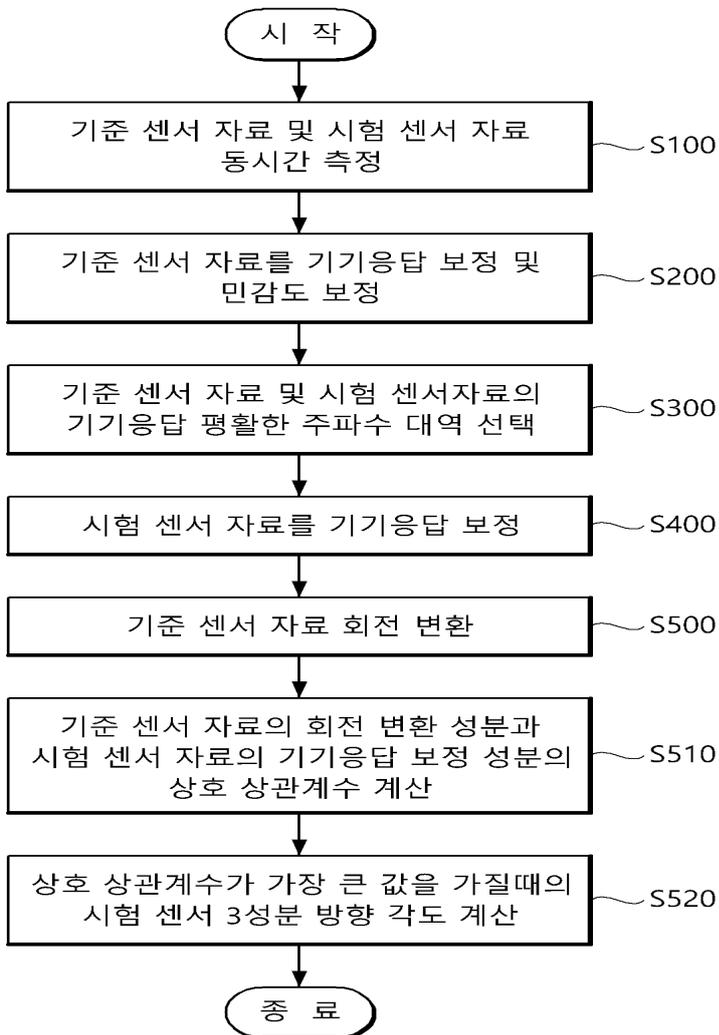
- [0088] 100: 센서 자료 측정부
- 200: 기준 센서 자료 보정부
- 300: 센서 자료 주파수 대역 선택부
- 400: 시험 센서 자료 보정부
- 500: 시험 센서 3성분 방향 각도 계산부

도면

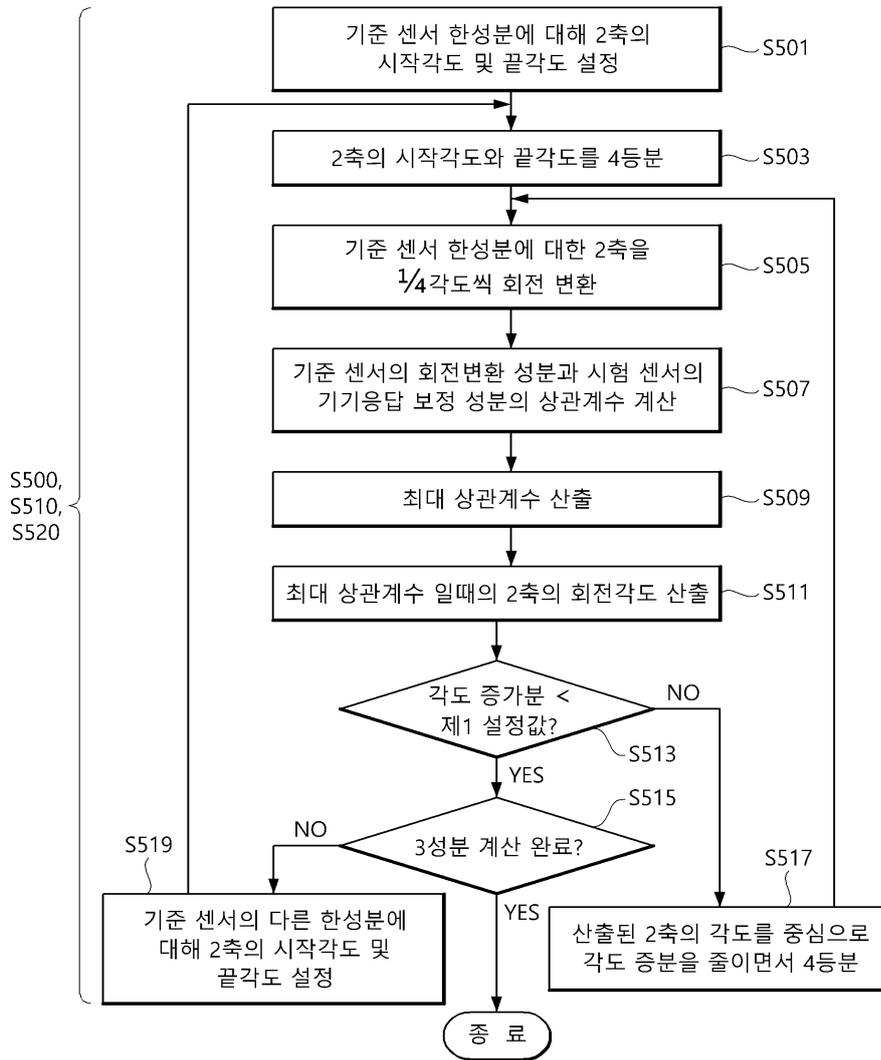
도면1



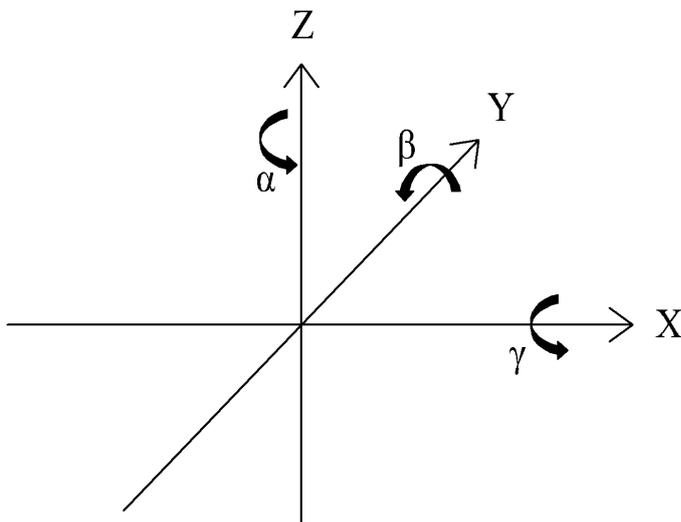
도면2



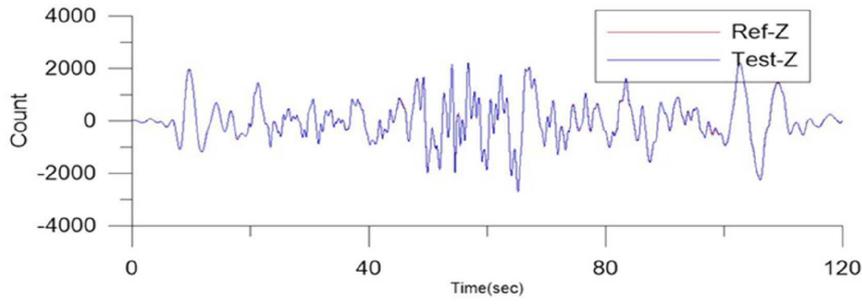
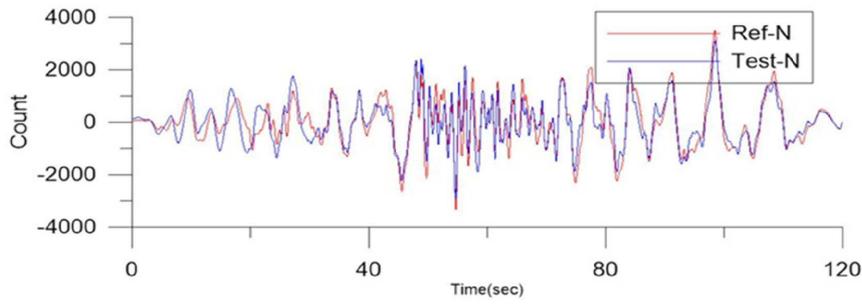
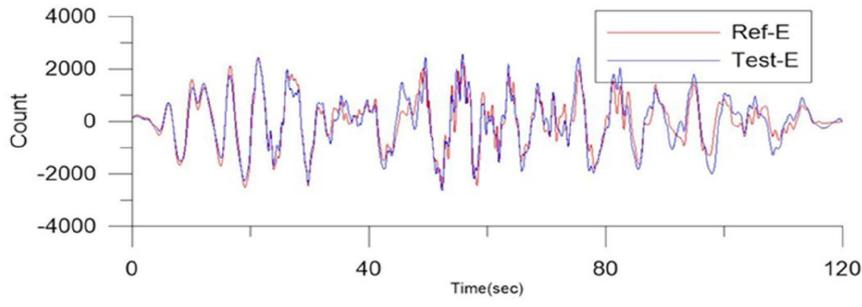
도면3



도면4



도면5



도면6

