(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0002945
(43) 공개일자 2018년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 1/00 (2006.01) *G01H 17/00* (2006.01)
G01V 1/28 (2006.01) *G05D 13/60* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01V 1/008 (2013.01)
G01H 17/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0081775
(22) 출원일자 2016년06월29일
심사청구일자 2016년06월29일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
최재혁
광주광역시 서구 풍암1로 42 207동 1102호 (풍암동,부영아파트)
장정현
광주광역시 서구 치평로 105, 109동 806호(치평동, 금호대우아파트)
박지원
대구광역시 달성군 구지면 달성2차2로 103 25B 12L
(74) 대리인
이재량

전체 청구항 수 : 총 7 항

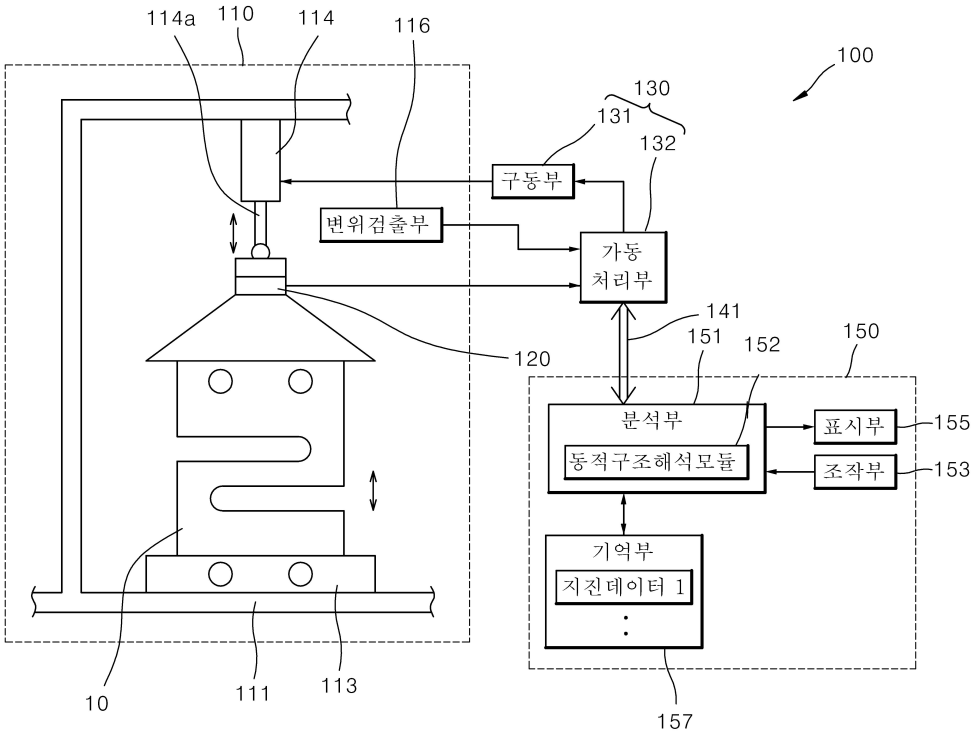
(54) 발명의 명칭 **지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법**

(57) 요 약

본 발명은 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템에 관한 것으로서, 구조물에 대응되게 장착된 시편을 엑츄에이터에 의한 신축에 의해 변위시킬 수 있도록 된 변위인가부와, 시편에 인가된 외력을 검출하는 외력 검출부와, 엑츄에이터가 가동되도록 변위 인가부를 제어하고 외력검출부에서 검출된 외력값을 인터페이스부를 통해

(뒷면에 계속)

대 표 도



전송처리하는 가동 처리유니트와, 시편에 대응한 구조물의 질량, 감쇄계수 시편에 적용할 지진파데이터열로부터 구조물의 동적 거동을 산출하는 거동방정식에 의해 구조물의 현재 예측 변위값을 산출하고, 현재 예측 변위값을 비례적분미분제어, 증분인가방식을 다단계로 설정된 분할인가스텝에 따라 시편에 인가되도록 변위인가부가 가동되게 처리하면서 구조물 거동 정보를 산출한다. 이러한 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법에 의하면, 계산된 변위값을 실제 구조물에 대응하는 시편에 유도되게 인가할 때 목표값을 초과하지 않으면서 연산속도를 저해하지 않는 방식으로 다단계를 거쳐 인가함으로써 거동 예측 정보 산출 정밀도를 높일 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01V 1/284 (2013.01)

G05D 13/60 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711028153
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	기초연구실지원
연구과제명	스마트 그린 건설기술 개발 및 실용화
기 여 율	1/1
주관기관	조선대학교산학협력단
연구기간	2015.09.01 ~ 2016.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

지진파에 의한 구조물의 응답특성을 예측할 수 있도록 상기 구조물에 대응되게 장착된 시편을 엑츄에이터에 의한 신축에 의해 변위시킬 수 있도록 된 변위인가부와;

상기 시편의 이동 변위에 대응되어 상기 시편에 인가된 외력을 검출하는 외력 검출부와;

상기 시편에 대해 지시된 인가 변위량에 대응되게 상기 엑츄에이터가 가동되도록 상기 변위 인가부를 제어하고, 상기 외력검출부에서 검출된 외력값을 인터페이스부를 통해 전송처리하는 가동 처리유니트와;

상기 시편에 대응한 구조물의 질량, 감쇄계수 정보가 설정되어 있고, 상기 구조물의 질량, 감쇄계수 및 상기 시편에 적용할 지진파데이터열로부터 구조물의 동적 거동을 산출하는 거동방정식에 의해 상기 구조물의 현재 예측 변위값을 산출하고, 상기 현재 예측 변위값에 대응한 외력값을 상기 시편의 변위이동을 통해 획득하여 다음 차수의 지진파 데이터에 대한 거동방정식에 반영할 수 있도록 상기 가동 처리유니트를 통해 상기 변위인가부를 제어하면서 상기 지진파에 대한 구조물의 거동예측정보를 산출하는 분석 유니트;를 구비하고,

상기 분석 유니트는

상기 거동방정식의 연산을 통해 산출된 현재 예측 변위값을 설정된 분할인가스텝에 따라 상기 시편에 인가되도록 상기 변위인가부가 가동되게 처리하고, 상기 분할인가스텝은 이전 차수에 산출된 이전 예측 변위값을 현재 구분접근 변위값으로 적용하고, 현재 예측 변위값을 시편 이동 목표값으로 설정한 후 상기 시편 이동 목표값으로부터 상기 현재 구분접근 변위값을 차감한 제1차감값이 설정된 제1허용오차보다 크면 비례적분미분(PID) 제어를 수행하고 수행결과 측정값을 다음 차수의 구분접근 변위값으로 적용하는 제1제어과정과, 상기 제1차감값이 상기 제1허용오차 이하이면서 상기 제1허용오차보다 작게 설정된 제2허용오차보다 크면 상기 제1차감값을 0보다 크고 1보다 작은 수로 설정된 분할값으로 승산한 증분값을 상기 현재 구분접근 변위값에 가산하여 제1스텝업값을 산출하고, 상기 시편이 상기 제1스텝업값 만큼 변위되게 상기 엑츄에이터를 가동되게 처리하면서 상기 제1스텝업값을 다음 차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하는 제2제어과정과, 상기 제1차감값이 상기 제2허용오차보다 작으면 이전 구분접근 변위값들에 대응되어 상기 외력검출부에서 측정된 외력에 대해 선형보간법을 적용하여 산출된 선형보간 외력값을 현재 외력값으로 설정하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1허용오차는 상기 제2허용오차의 5 내지 50배의 크기로 설정된 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2허용오차는 0.2㎜이고,

상기 외력 검출부는

고정부에 일단이 고정된 시편의 타단과 엑츄에이터의 진퇴되는 로드 사이에 장착된 로드셀이 적용된 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 분할값은 1/2이 적용된 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템.

청구항 5

시편에 결합된 엑츄에이터에 의해 상기 시편에 변위를 인가할 수 있도록 된 변위인가부와, 상기 시편의 이동 변위에 대응되어 상기 시편에 인가된 외력을 검출하는 외력검출부와, 상기 시편에 대해 지시된 인가 변위량에 대응되게 상기 엑츄에이터가 가동되도록 상기 변위 인가부를 제어하고 상기 외력검출부에서 검출된 외력값을 전송처리하는 가동 처리유니트와, 상기 시편에 대응한 구조물의 질량, 감쇠계수 정보와 상기 시편에 적용할 지진파 데이터열로부터 상기 지진파의 측정 간격에 대응되는 차수별로 상기 구조물의 동적 거동에 대한 현재 변위예측값을 산출하고, 산출된 현재 변위 예측값을 상기 시편에 인가되게 하면서 상기 외력검출부로부터 검출된 외력을 이용하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출하는 분석 유니트를 구비하여 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보를 산출하는 방법에 있어서,

가. 이전 예측 변위값을 현재 구분접근 변위값으로 적용하는 단계와;

나. 상기 현재 예측 변위값을 시편 이동 목표값으로 설정하는 단계와;

다. 상기 시편 이동 목표값으로부터 상기 현재 구분접근 변위값을 차감한 제1차감값을 산출하는 단계와;

라. 상기 제1차감값이 설정된 제1허용오차 보다 큰지를 판단하는 단계와;

바. 상기 라 단계에서 상기 제1차감값이 상기 제1허용오차 보다 크면 비례적분미분(PID) 제어를 수행하고, 측정된 변위값을 다음차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하여 상기 다단계로 복귀하는 단계와;

사. 상기 라 단계에서 상기 제1차감값이 설정된 제1허용오차 이하이면 상기 제1허용오차보다 작게 설정된 제2허용오차 이내인지를 판단하는 단계와;

아. 상기 사 단계에서 상기 제1차감값이 상기 제1허용오차 이하이면서 상기 제2허용오차보다 크면 상기 제1차감값을 0보다 크고 1보다 작은 수로 설정된 분할값으로 승산한 증분값을 상기 현재 구분접근 변위값에 가산하여 다음 차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하여 상기 사단계로 복귀하는 단계와;

자. 상기 사단계에서 상기 제1차감값이 상기 제2허용오차 이내에 해당하면, 이전 구분접근 변위값들에 대응되어 상기 외력검출부에서 측정된 외력에 대해 선형보간법을 적용하여 산출된 선형보간 외력값을 현재 외력값으로 설정하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 분할값은 1/2이 적용되는 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제2허용오차는 0.2㎜인 것을 특징으로 하는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법에 관한 것으로서, 상세하게는 지진데이터에 대한 구조물 거동 예측 정보의 산출 속도와 정밀도를 높일 수 있는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 세계적으로 지진의 발생 빈도 및 그 규모가 증가하고 있다.

[0003] 특히 2008년 중국 쓰촨성 지진(규모8.0), 2010년 아이티지진(규모7.0) 등은 대부분의 구조물이 내진설계가 되지 않아 많은 인명피해와 재산피해를 발생시켰다.

[0004] 이에 비해 일본, 뉴질랜드 등에서는 잦은 지진 발생에 따른 대책 마련으로 대부분의 구조물에 내진설계가 비교적 엄격하게 적용되어 있어, 대규모 지진이 발생하여도 그 규모에 비하여 피해가 적은 것으로 나타났다.

[0005] 한반도의 경우 상대적으로 지진 안전지대로 인식되어 왔으나 최근의 지진발생 빈도수 증가로 인해 더 이상 안전

지대가 아님을 많은 전문가들이 지적하고 있다.

[0006] 국내 공개 특허 제 10-2005-0024970호 등에는 지진에 대한 구조물의 안전성을 평가하는 시스템이 게시되어 있다.

[0007] 한편, 진동, 태풍 및 지진등의 동적 하중에 대한 구조물의 비탄성 거동을 파악하는 방법으로는 준정적 실험, 유사동적 실험, 그리고 진동대 실험이 있다.

[0008] 준정적 실험의 경우 실험 장비의 구축이 편하고 실험 방법이 간단하다는 장점이 있지만 동적 효과를 고려하지 못한다는 단점이 존재한다.

[0009] 진동대 실험의 경우 동적 효과의 고려가 가능하며 결과의 신뢰성이 높은 반면, 실험 장비의 구축 시 많은 비용이 발생하며, 진동대 사양에 맞추어 실험체를 제작하면 비용이 너무 많이 소요되고, 또한 기존의 진동대 크기에 맞추어 축소된 모형을 제작하게 되면 크기효과(Size effect)로 인해 실험 결과의 신뢰도가 떨어지고 실험 방법이 매우 복잡하고 어렵다.

[0010] 유사동적 하이브리드 온라인 실험의 경우 준정적 재하실험 장비에 수치해석 프로그램을 병행하여 계산된 변위를 실제 구조물에 가하여 측정된 복원력을 다시 수치해석에 적용시켜 매 시간단계마다 수치적으로 풀면서 실험을 진행시켜 나가는 방법이다.

[0011] 이 실험 방법은 준정적 재하실험 장비를 이용하기 때문에 적은 비용으로 실험 장비를 구축 할 수 있으며, 진동대의 크기 제한과 준정적 실험에선 구현할 수 없는 동적특성을 모두 만족하는 실험 방법으로써 내진거동 실험을 위한 좋은 대안이다.

[0012] 그런데, 유사동적 하이브리드 온라인 실험 방식의 경우 계산된 변위를 실제 구조물에 인가할 때 목표값을 초과하는 경우가 발생할 수 있고 이러한 목표값 초과과정이 반복되면 변위값 산출 정밀도가 떨어지게 되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 지진파에 의한 구조물을 거동을 파악하기 위해 계산된 변위를 실제 구조물에 인가할 때 목표값을 초과하지 않도록 하여 구조물에 대해 계산되는 변위값의 산출 정밀도를 높일 수 있으면서 목표값의 도달시간을 단축시킬 수 있는 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템은 지진파에 의한 구조물의 응답특성을 예측할 수 있도록 상기 구조물에 대응되게 장착된 시편을 엑츄에이터에 의한 신축에 의해 변위시킬 수 있도록 된 변위인가부와; 상기 시편의 이동 변위에 대응되어 상기 시편에 인가된 외력을 검출하는 외력 검출부와; 상기 시편에 대해 지시된 인가 변위량에 대응되게 상기 엑츄에이터가 가동되도록 상기 변위 인가부를 제어하고, 상기 외력검출부에서 검출된 외력값을 인터페이스부를 통해 전송처리하는 가동 처리유니트와; 상기 시편에 대응한 구조물의 질량, 감쇄계수 정보가 설정되어 있고, 상기 구조물의 질량, 감쇄계수 및 상기 시편에 적용할 지진파데이터열로부터 구조물의 동적 거동을 산출하는 거동방정식에 의해 상기 구조물의 현재 예측 변위값을 산출하고, 상기 현재 예측 변위값에 대응한 외력값을 상기 시편의 변위이동을 통해 획득하여 다음 차수의 지진파 데이터에 대한 거동방정식에 반영할 수 있도록 상기 가동 처리유니트를 통해 상기 변위인가부를 제어하면서 상기 지진파에 대한 구조물의 거동예측정보를 산출하는 분석 유니트;를 구비하고, 상기 분석 유니트는 상기 거동방정식의 연산을 통해 산출된 현재 예측 변위값을 설정된 분할인가스텝에 따라 상기 시편에 인가되도록 상기 변위인가부가 가동되게 처리하고, 상기 분할인가스텝은 이전 차수에 산출된 이전 예측 변위값을 현재 구분접근 변위값으로 적용하고, 현재 예측 변위값을 시편 이동 목표값으로 설정한 후 상기 시편 이동 목표값으로부터 상기 현재 구분접근 변위값을 차감한 제1차감값이 설정된 제1허용오차보다 크면 비례적분미분(PID) 제어를 수행하고 수행결과 측정값을 다음 차수의 구분접근 변위값으로 적용하는 제1제어과정과, 상기 제1차감값이 상기 제1허용오차 이하이면서 상기 제1허용오차보다 작게 설정된 제2허용오차보다 크면 상기 제1차감값을 0보다 크고 1보다 작은 수로 설정된 분할값으로 승산한 증분값을 상기 현재 구분접근 변위값에 가산하여 제1스텝업값을 산출하고, 상기 시편이 상기 제1스텝업값 만큼 변위되게 상기 엑츄에이터를 가동되게 처리하면서

상기 제1스텝업값을 다음 차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하는 제2제어과정과, 상기 제1차감값이 상기 제2허용오차보다 작으면 이전 구분접근 변위값들에 대응되어 상기 외력검출부에서 측정된 외력에 대해 선형보간법을 적용하여 산출된 선형보간 외력값을 현재 외력값으로 설정하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출한다.

[0015] 바람직하게는 상기 제1허용오차는 상기 제2허용오차의 5 내지 50배의 크기로 설정되고, 상기 제2허용오차는 0.2㎜가 적용된다.

[0016] 또한, 상기 분할값은 1/2이 적용된다.

[0017] 또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 방법은 시편에 결합된 엑츄에이터에 의해 상기 시편에 변위를 인가할 수 있도록 된 변위인가부와, 상기 시편의 이동 변위에 대응되어 상기 시편에 인가된 외력을 검출하는 외력검출부와, 상기 시편에 대해 지시된 인가 변위량에 대응되게 상기 엑츄에이터가 가동되도록 상기 변위 인가부를 제어하고 상기 외력검출부에서 검출된 외력값을 전송처리하는 가동 처리유니트와, 상기 시편에 대응한 구조물의 질량, 감쇄계수 정보와 상기 시편에 적용할 지진파데이터열로부터 상기 지진파의 측정 간격에 대응되는 차수별로 상기 구조물의 동적 거동에 대한 현재 변위예측값을 산출하고, 산출된 현재 변위 예측값을 상기 시편에 인가되게 하면서 상기 외력검출부로부터 검출된 외력을 이용하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출하는 분석 유니트를 구비하여 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보를 산출하는 방법에 있어서, 가. 이전 예측 변위값을 현재 구분접근 변위값으로 적용하는 단계와; 나. 상기 현재 예측 변위값을 시편 이동 목표값으로 설정하는 단계와; 다. 상기 시편 이동 목표값으로부터 상기 현재 구분접근 변위값을 차감한 제1차감값을 산출하는 단계와; 라. 상기 제1차감값이 설정된 제1허용오차 보다 큰지를 판단하는 단계와; 바. 상기 라 단계에서 상기 제1차감값이 상기 제1허용오차 보다 크면 비례적분미분(PID) 제어를 수행하고, 측정된 변위값을 다음차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하여 상기 다단계로 복귀하는 단계와; 사. 상기 라 단계에서 상기 제1차감값이 설정된 제1허용오차 이하이면 상기 제1허용오차보다 작게 설정된 제2허용오차 이내인지를 판단하는 단계와; 아. 상기 사 단계에서 상기 제1차감값이 상기 제1허용오차 이하이면서 상기 제2허용오차보다 크면 상기 제1차감값을 0보다 크고 1보다 작은 수로 설정된 분할값으로 승산한 증분값을 상기 현재 구분접근 변위값에 가산하여 다음 차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하여 상기 사단계로 복귀하는 단계와; 자. 상기 사단계에서 상기 제1차감값이 상기 제2허용오차 이내에 해당하면, 이전 구분접근 변위값들에 대응되어 상기 외력검출부에서 측정된 외력에 대해 선형보간법을 적용하여 산출된 선형보간 외력값을 현재 외력값으로 설정하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법에 의하면, 계산된 변위값을 실제 구조물에 대응하는 시편에 유도되게 인가할 때 목표값을 초과하지 않고 목표값 도달까지의 제어시간을 단축하면서도 거동 예측 정보 산출 정밀도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템을 나타내 보인 도면이고,

도 2는 도 1의 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템에 의한 거동예측 정보 산출과정을 도식적으로 나타내보인 도면이고,

도 3은 도 1의 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템에서 산출된 현재 예측 변위값을 변위 인가부에 인가하는 분할인가 스텝을 설명하기 위한 그래프이고,

도 4는 도 3의 제2제어과정을 설명하기 위한 그래프이고,

도 5는 도 3의 선형보간 구간을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법을 더욱 상세하게 설명한다.

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템을 나타내 보인 도면이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템(100)은 변위인가부(110),

로드셀(120), 가동처리유니트(130), 분석 유니트(150)를 구비한다.

[0023] 변위 인가부(110)는 지진파에 의한 구조물의 응답특성을 예측할 수 있도록 구조물에 대응되게 장착된 시편(10)을 엑츄에이터(114)에 의한 신축에 의해 변위시킬 수 있도록 되어 있다.

[0024] 변위 인가부(110)는 프레임(111), 고정부(113), 엑츄에이터(114), 변위 검출부(116)을 구비한다.

[0025] 고정부(113)는 프레임(111)의 하부에서 시편(10)의 일단을 고정시킬 수 있도록 되어 있다.

[0026] 엑츄에이터(114)는 시편(10)의 타단과 결합된 로드셀(120)을 통해 시편을 신축시킬 수 있게 프레임(111) 상부에 장착되어 있다.

[0027] 엑츄에이터(114)는 로드(114a)를 진퇴시킬 수 있는 유압 실린더가 적용되었다.

[0028] 시편(10)은 분석하고자 하는 구조물의 지진파 응답특성을 그대로 반영할 수 있는 구조로 형성된 것을 적용하면 된다.

[0029] 도시된 예에서는 "ㄹ"형태의 굴곡진 패턴을 갖는 형상의 시편(10)이 적용되어 있다.

[0030] 변위 검출부(116)는 시편(10)에 대해 기준위치로부터 엑츄에이터(114)의 로드(114a) 진퇴에 대응되는 위치변화를 검출하여 가동 처리부(132)에 제공한다.

[0031] 여기서 변위 검출부(116)는 엑추에이터(114)의 가동에 대한 시편(10)의 변위를 모니터링할 수 있도록 적용된 것으로서, 로드(114)의 길이변화를 검출할 수 있는 방식 등 다양한 방식을 적용할 수 있다.

[0032] 로드셀(120)은 시편(10)의 이동 변위에 대응되어 시편(10)에 인가된 외력 즉 반발력을 검출하여 가동처리부(132)에 제공하는 외력 검출부로서 적용된 것으로 엑츄에이터(114)의 로드(114a)와 시편(10)의 타단 사이에 설치되어 있다.

[0033] 가동처리유니트(130)는 분석 유니트(150)로부터 시편에 대해 지시된 인가 변위량에 대응되게 엑츄에이터(114)가 가동되도록 변위 인가부(110)를 제어하고, 로드셀(120)에서 검출된 외력값을 인터페이스부(141)를 통해 분석유니트(150)로 전송처리한다.

[0034] 가동 처리유니트(130)는 분석 유니트(150)로부터 시편에 대해 지시된 인가 변위량을 수신하고, 수신된 인가 변위량에 대응되게 시편(10)이 변위되도록 엑츄에이터를 구동하는 구동부(131)를 제어하는 가동처리부(132)를 구비한다.

[0035] 가동처리부(132)는 변위 검출부(116)에서 검출된 변위정보를 이용하여 구동부(131)의 구동을 제어하도록 구축되는 것이 바람직하다.

[0036] 분석유니트(150)는 인터페이스를 통해 가동처리부(132)와 접속되어 있다.

[0037] 분석유니트(150)는 시편(10)에 대응한 구조물의 질량(M), 감쇄계수(C) 정보가 설정되어 있고, 구조물의 질량, 감쇄계수 및 시편(10)에 적용할 지진파데이터열로부터 구조물의 동적 거동 정보를 산출한다.

[0038] 분석유니트(150)는 분석부(151), 조작부(153), 표시부(155) 및 기억부(157)를 구비한다.

[0039] 조작부(153)는 분석부(151)의 지원하에 시편(10)에 대응한 구조물의 질량(M), 감쇄계수(C) 정보 등을 설정할 수 있도록 되어 있다.

[0040] 표시부(155)는 분석부(151)에 제어되어 표시정보를 표시한다.

[0041] 기억부(157)에는 적용할 지진데이터 등이 기록되어 있다.

[0042] 분석부(151)는 구조물의 질량(M), 감쇄계수(C), 시편에 적용할 지진파데이터열로부터 구조물의 동적 거동을 거동방정식에 의해 산출하는 동적구조해석모듈(152)이 탑재되어 있다.

[0043] 분석부(151)는 인터페이스(141)를 통해 가동처리부(132)와 접속되어 있다.

[0044] 분석부(151)는 지진파 데이터열의 지진파 데이터로부터 구조물의 현재 예측 변위값을 산출하고, 현재 예측 변위값에 대응한 외력값을 시편의 변위이동을 통해 획득하여 다음 차수의 지진파 데이터에 대한 거동방정식에 반영할 수 있도록 가동 처리유니트(130)를 통해 변위인가부(110)를 제어하면서 지진파에 대한 구조물의 거동예측정보를 산출한다.

[0045] 이러한 거동예측정보 산출과정을 도 2를 참조하여 설명한다. 도 2에서 참조부호 110a는 변위인가부의 입출력 신호를 도식적으로 나타내보인 것이다.

[0046] 먼저, 분석부(151)는 아래의 수학식 1로 표현된 거동방정식에 의해 지진데이터와 시편으로부터 획득된 반발력인 외력(F) 및 알고 있는 구조물의 질량(M), 및 감쇄계수(C)로부터 구조물의 이동 변위(X(t))를 산출한다.

수학식 1

[0047] $$MXa(t)+cXs(t)+F(t)=-MXga(t)$$

[0048] 여기서, M은 구조물의 질량, C는 구조물의 감쇄계수, Xa는 구조물의 가속도, Xs는 구조물의 속도, Xga는 지진데이터에 대응한 지반가속도이다.

[0049] 또한, 분석부(151)는 F의 초기값은 영(zero)으로 적용한 후 산출된 이동변위를 변위인가부에 적용하여 검출된 외력을 다음 차수의 거동방정식에 반영하는 방식으로 이동변위를 산출해 나간다.

[0050] 또한, 상기 수학식1에 대해 거동방정식을 차수에 대응되게 표현하면 아래의 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0051] $$MXai+cXsi+Fi=-MXgai$$

[0052] 여기서, 첨자i는 지진데이터열에 대응되는 각 지진데이터의 차수에 대응된다.

[0053] 수학식2에 대해 명시적 시간적분 방법인 중앙차분법을 이용하여 인접된 차수끼리의 예측변위값의 상관관계는 아래의 수학식 3으로 표현할 수 있다.

수학식 3

[0054] $$X_{i+1}=(M+\frac{\Delta t}{2c})^{-1}\cdot(2MX_i+\frac{\Delta t}{2c}-m)\cdot X_{i-1}-\Delta t^2(F_i+MX_{gi})$$

[0055] 여기서, Δt는 지진파의 측정간격이다.

[0056] 따라서, 수학식3이 적용된 동적구조해석모듈(152)에 의한 중앙차분법을 이용하여 예측 변위 X_{i+1} 를 지진데이터열에 대해 해당 차수의 지진데이터와 시료의 반발력인 외력 측정정보를 이용하여 순차적으로 산출하면 된다.

[0057] 즉, 현재 산출된 이동변위(X(t))는 변위인가부에 적용하고, 다음 차수의 지진데이터에 대한 거동방정식 산출용 외력(F) 정보로 이용된다.

[0058] 한편, 이러한 산출방식에 의해 구조물의 현재 예측변위값 즉, 이동 변위(X(t))를 차수별로 산출할 때 현재 차수에서 산출된 현재 예측변위값을 다음 차수의 산출에 적용할 반발력인 외력을 구하기 위해 한 번에 시편이 변위되게 엑추에이터(114)를 가동하는 경우 목표 변위를 초과하는 것을 방지하도록 설정된 분할인가 스텝방식에 의해 엑추에이터(114)를 가동한다.

[0059] 분석부(151)는 거동방정식의 연산을 통해 산출된 현재 예측 변위값을 설정된 분할인가스텝에 따라 시편에 인가되도록 변위인가부가 가동되게 처리한다.

[0060] 이러한 분할인가스텝 적용방식을 도 3 내지 도 5를 함께 참조하면서 이하에서 상세하게 설명한다.

[0061] 먼저, 거동 방정식에 의해 현재 산출된 예측 변위값(Xi)라 하고, 바로 이전 단계에서 거동 방정식에 의해 산출된 예측 변위값을 이전 예측 변위값(Xi-1)으로 하여 설명한다.

[0062] 먼저, 이전 예측 변위값(Xi-1)을 현재 구분접근 변위값(Xp)으로 적용한다.

[0063] 다음은 현재 예측 변위값(Xi)을 시편 이동 목표값(XT)으로 설정한다.

[0064] 또한, 시편 이동 목표값(XT)으로부터 현재 구분접근 변위값(XP)을 차감한

[0065] 제1차감값(XT-XP)을 산출한다.

[0066] 이후, 제1차감값의 크기에 따라 비례적분미분(PID)제어를 수행하는 제1제어과정을 적용하거나, 후술되는 제2제어과정을 적용한다.

[0067] 즉, 분석부(151)는 제1차감값이 설정된 제1허용오차 보다 큰지를 판단하고, 제1차감값이 제1허용오차(a) 보다 크면 비례적분미분(PID) 제어를 수행하고, 설정된 분할스텝구간에 대해 비례적분미분(PID) 제어에 의해 가동된 엑츄에이터에 의해 설정된 단위 제어시간에 대해 측정된 변위값을 다음차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하는 과정을 반복한다.

[0068] 비례적분미분(PID) 제어는 공지된 방식을 적용하면 되고 상세한 설명은 생략한다.

[0069] 여기서, 제1허용오차값은 비례적분미분(PID) 제어시 목표 예측값을 초과하지 않을 정도로 적절하게 설정하면 된다.

[0070] 이 경우, 도 3에서 P로 표기된 구간이 비례적분미분(PID) 제어를 수행하는 구간에 해당하여 분할 스텝별로 오버슈팅을 허용하지만 설정된 제1허용오차(a)값에 의해 목표 예측값을 초과하지는 않게 된다.

[0071] 다음은 제1차감값이 설정된 제1허용오차 이하이면서 제1허용오차보다 작게 설정된 제2허용오차(b)보다 크면 제2제어과정을 수행한다.

[0072] 제2제어과정에서는 제1차감값을 0보다 크고 1보다 작은 수로 설정된 분할값으로 승산한 증분값을 현재 구분접근 변위값에 가산한 제1스텝업값을 구하고, 제1스텝업값을 다음 차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용하는 과정을 반복하고 도 3에서 S로 표기된 구간에 해당한다.

[0073] 여기서, 분할값은 1/2로 적용하고, 제2허용오차는 0.2㎜로 적용하는 것이 바람직하다.

[0074] 또한, 제1허용오차(a)는 제2허용오차(b)의 5 내지 50배의 크기 내에서 적절하게 설정한다.

[0075] 이러한 제2제어과정을 좀더 상세하게 설명하면, 산출된 제1차감값이 설정된제1허용오차(a)보다는 작고 제2허용오차(b)보다는 크면, 제1차감값을 설정된 분할값으로 승산한 증분값을 현재 구분접근 변위값에 가산하여 다음 현재구분 접근 변위값에 해당하는 제1스텝업값을 산출하고, 산출된 제1스텝업값 만큼 변위되게 엑츄에이터를 가동하고, 제1스텝업값을 다음 차수의 현재 구분접근 변위값으로 적용한다.

[0076] 이러한 과정을 제1차감값이 제2허용오차 이내가 될 때까지 반복한다.

[0077] 분할 인가 스텝 과정의 예로서, 시편 이동 목표값이 4㎝, 제1허용오차가 2㎜, 분할값은 1/2이고, 제2허용오차는 0.2㎜, 이전 예측 변위값(Xi-1)은 2㎝인 경우 비례적분미분 제어과정을 거쳐 마지막으로 측정된 현재구분 접근 변위값(X_{p0})이3.8㎝에 도달하면, 제1차감값이 제1허용오차이하이므로 제2제어과정을 수행한다.

[0078] 제2제어과정에서 첫번째로 산출되는 제1스텝업값(S1)은 시편 이동 목표값인 4㎝에서 현재 구분접근 변위값인 3.8㎝를 차감하여 얻은 2㎜에 분할값인 1/2을 승산하여 산출된 증분값인 1㎜를 현재 구분접근 변위값인 3.8㎝에 가산하면 되고, 결과적으로 제1값은 3.9㎝로 산출된다.

[0079] 다음은 시편이동목표값인 4㎝와 첫번째로 산출된 제1스텝업값(S2) 3.9㎝와의 차이이값이 제1차이값인 1㎜에 분할값인 1/2을 승산하여 산출된 증분값인 0.5㎜를 현재 구분접근 변위값인 3.9㎝에 가산하면 되고, 결과적으로 제1값은 3.95㎝로 산출된다.

[0080] 이러한 과정은 도 4에 도시된 바와 같이 목표값인 4㎝를 초과하지 않으면서 목표값와 제1스텝업1값의 차이가 0.2㎜ 이내가 될 때까지 수행된다.

[0081] 한편, 목표값와 제1스텝업값의 차이가 0.2㎜ 이내가 되면, 제2제어과정을 종료한다.

[0082] 제2제어과정 종료 이후에는 제2제어과정에서 산출된 이전 구분접근 변위값들인 제1스텝업값들과 이에 대응되어 로드셀(120)로부터 검출된 외력값을 이용하여 선형보간법을 적용하여 산출된 선형보간 외력값을 현재 외력값으로 설정하여 다음 차수의 변위 예측값을 산출한다(도 3의 I구간에 해당함).

[0083] 즉, 도 5에 도시된 바와 같이 제2제어과정에서 마지막으로 산출된 제1스텝업값이 Xn이고, 이때 측정된 외력이 Fn이며, 그 이전에 산출된 제1스텝업값이 Xn-1이고, 이때 측정된 외력이 Fn-1이며 알고 있는 목표 값이 X이고 산출해야할 목표 값에 대응된 외력값이 F인 경우 아래의 수학식 4로 표기된 선형보간식에 의해 산출하면 된다.

수학식 4

[0084] $$F=F_n+\frac{(F_n-F_{n-1})\times(X-X_n)}{X_n-X_{n-1}}$$

[0085] 위 수학식4에서 산출된 F가 선형보간법을 적용하여 산출된 선형보간 외력값이며 이 값을 현재 외력값으로 설정하여 다음 차수의 지진데이와 함께 거동 방정식에 대입하여 예측 변위량을 산출하는 과정을 수행하면 된다.

[0086] 이상에서 설명된 지진파에 의한 구조물 거동 예측정보 산출 시스템 및 산출 방법에 의하면, 계산된 변위값을 실제 구조물에 대응하는 시편에 유도되게 인가할 때 목표값을 초과하지 않으면서 연산속도를 저해하지 않는 방식으로 다단계를 거쳐 인가함으로써 거동 예측 정보 산출 정밀도를 높일 수 있다.

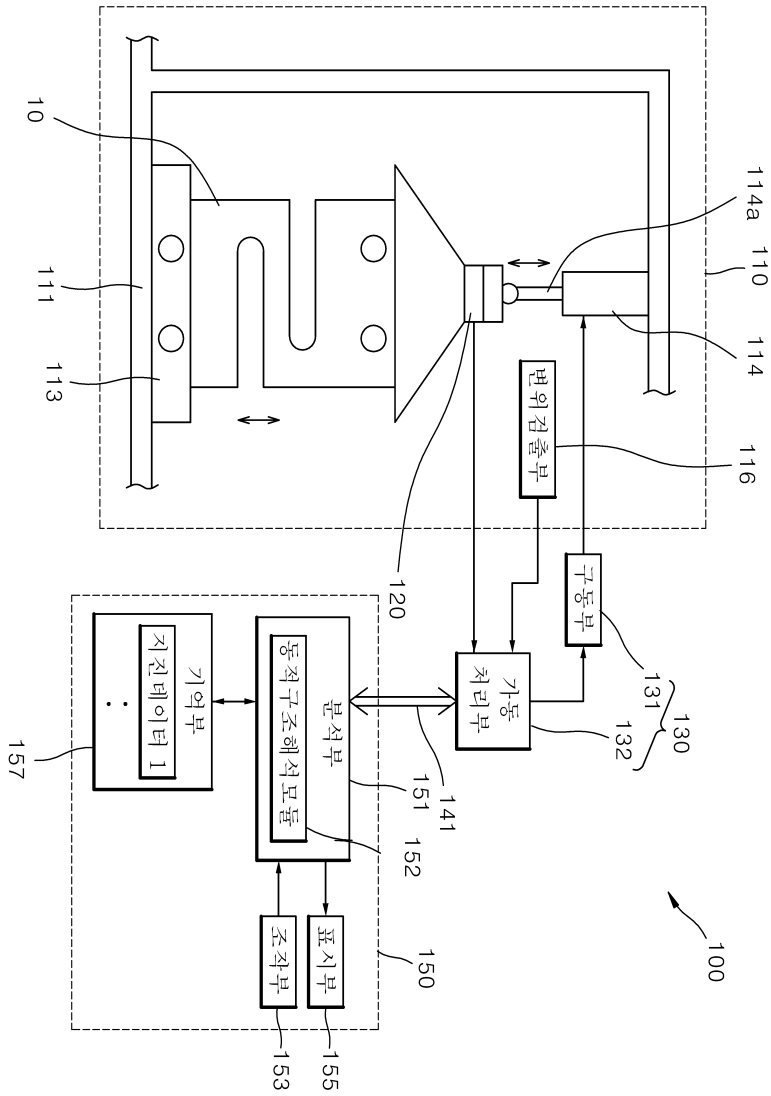
부호의 설명

[0087] 110: 변위인가부 120: 로드셀

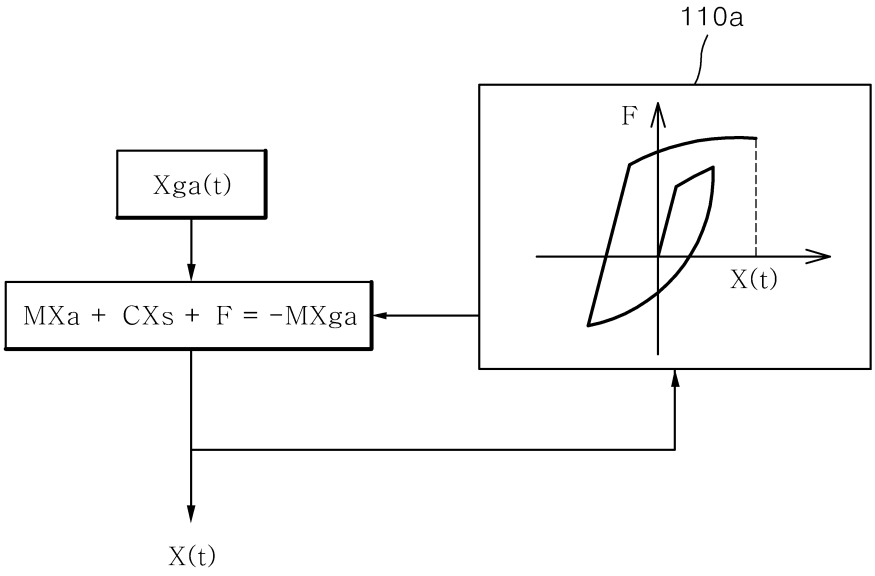
130: 가동처리유니트 150: 분석 유니트

도면

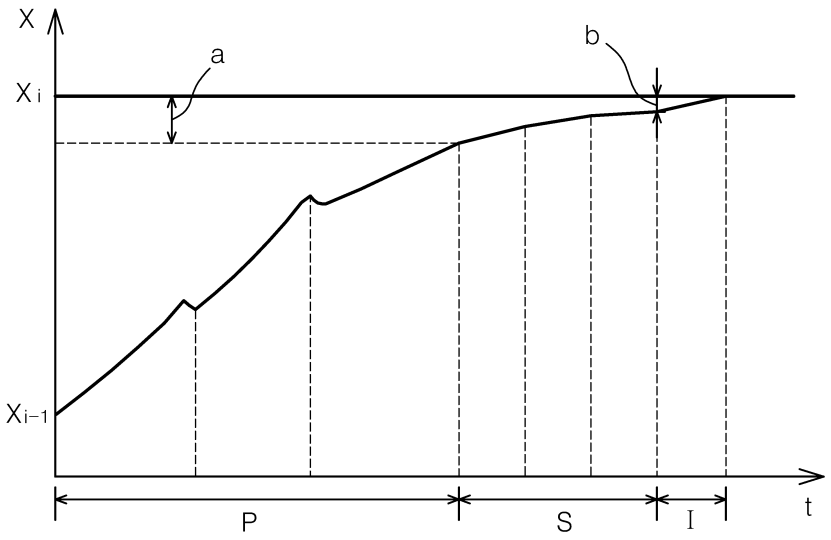
도면1


10
111
113
114a
110
114
116
변위검출부
120
구동부
131
130
132
가동
처리부
141
151
152
동적구조해석모듈
분석부
기억부
지진데이터 1
157
조작부
표시부
153
155
150
100

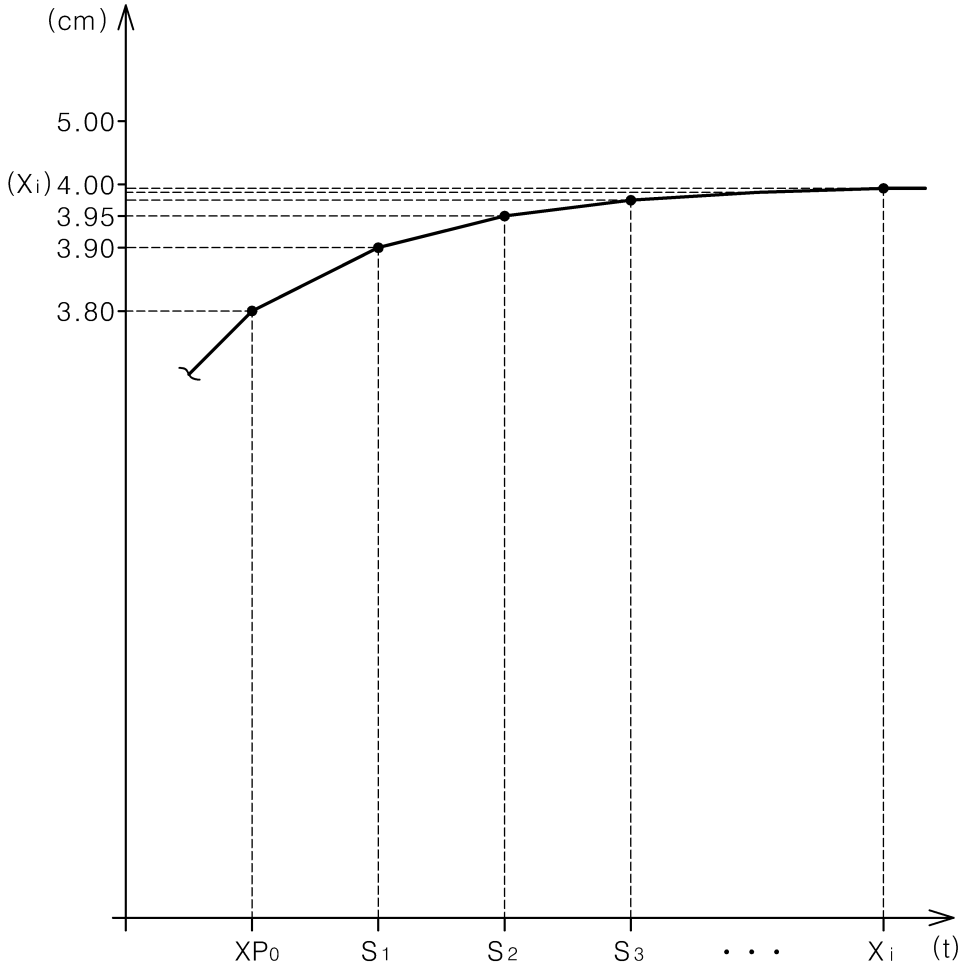
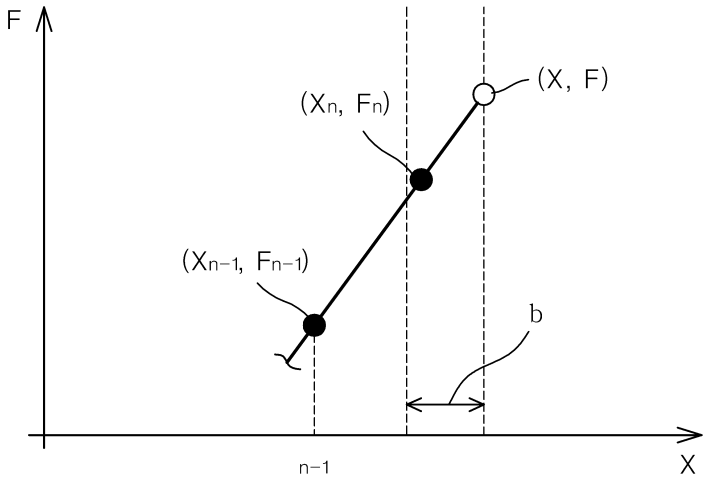
도면2



도면3



도면4



도면5