



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0057067
(43) 공개일자 2022년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 10/00 (2006.01) G06Q 10/04 (2012.01)

G06Q 10/06 (2012.01) G06Q 50/08 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 10/20 (2013.01)

G06Q 10/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0141899

(22) 출원일자 2020년10월29일

심사청구일자 2020년10월29일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

경남대학교 산학협력단

경상남도 창원시 마산합포구 경남대학로 7 (월영동, 경남대학교 내)

(72) 발명자

김승억

경기도 성남시 분당구 분당로 212, 201동 201호 (분당동, 셋별마을동성아파트)

김정중

경상남도 창원시 마산회원구 양덕로 120 금천빌딩 609호

(74) 대리인

특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 10 항

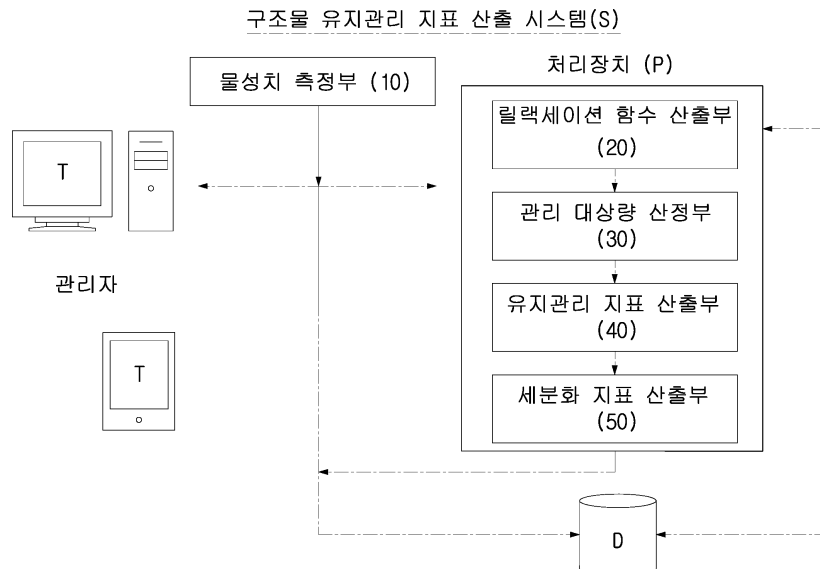
(54) 발명의 명칭 **틸렉세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템 및 방법**

(57) 요약

본 발명은 틸렉세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S) 및 방법(M)에 관한 것이다.

이를 위하여 본 발명은 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 틸렉세이션 함수를 산출하는 틸렉세 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



이선 함수 산출부; 상기 릴랙세이션 함수 산출부가 산출한 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+tm})을 산정하는 관리 대상량 산정부; 및 현 시점의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+tm}$)과, 산정된 관리 대상량(Δ_{n+tm})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하는 유지관리 지표 산출부;를 포함한다.

이로써, 현 시점과 장기거동 시점을 대비하여 유지관리 지표를 산출함으로써 구조물의 현재 시점은 물론 장기거동에 따른 구조 안전성을 검토할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06Q 10/06313 (2013.01)

G06Q 10/06316 (2013.01)

G06Q 10/0639 (2013.01)

G06Q 50/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615011157

과제번호 151846

부처명 국토교통부

과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 국토교통기술촉진연구(R&D)

연구과제명 나노압입을 이용한 케이블 강재의 릴랙세이션 분석 및 구조물 유지관리 기법 개발

연구

기 여 율 1/1

과제수행기관명 세종대학교산학협력단

연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출하는 릴랙세이션 함수 산출부(20);

상기 릴랙세이션 함수 산출부(20)가 산출한 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 산정하는 관리 대상량 산정부(30); 및

현 시점의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)과, 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하는 유지관리 지표 산출부(40);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유지관리 지표 산출부(40)는,

현 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)에 대한 실제 관리 대상량(Δ_n)의 비(R_n)와,

장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)에 대한 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})의 비(R_{n+m})를 바탕으로 유지관리 지표를 산출하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 유지관리 지표 산출부(40)는,

상기 $R_n < 1.0$ 인 경우에

$R_{n+m} < 1.0$ 이면 '양호'로, $R_{n+m} > 1.0$ 이면 '주의'로 산출하며,

상기 $R_n > 1.0$ 인 경우에

$R_{n+m} < 1.0$ 이면 '경계'로, $R_{n+m} > 1.0$ 이면 '심각'으로 산출하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 R_n 과 R_{n+m} 을 이용하여 세분화된 유지관리 지표를 산출하는 세분화 지표 산출부(50);

더 포함하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 세분화 지표 산출부(50)는,

$C_n = (R_n + R_{n+m}) / 2$ 의 값에 근거하여 세분화된 유지관리 지표로서 '매우', '보통' 또는 '약간' 중 어느 하나를 산출하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

구조물에 대한 시료를 바탕으로 나노 압입 시험을 수행하여 릴랙세이션 함수를 산출하는데 요구되는 물성치를 측정하는 물성치 측정부(10);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템.

청구항 7

릴랙세이션 함수 산출부(20)가 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출하는 릴랙세이션 함수 산출단계(S20);

관리 대상량 산정부(30)가 산출된 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 산정하는 관리 대상량 산정단계(S30); 및

유지관리 지표 산출부(40)가 현 시점의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)과, 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하는 유지관리 지표 산출단계(S40);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 유지관리 지표 산출단계(S40)는,

상기 유지관리 지표 산출부(40)가 현 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)에 대한 실제 관리 대상량(Δ_n)의 비(R_n)와,

장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)에 대한 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})의 비(R_{n+m})를 바탕으로 유지관리 지표를 산출하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

세분화 지표 산출부(50)가 R_n 과 R_{n+m} 을 이용하여 세분화된 유지관리 지표를 산출하는 세분화 지표 산출단계(S50);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

물성치 측정부(10)가 구조물에 대한 시료를 바탕으로 나노 압입 시험을 수행하여 릴랙세이션 함수를 산출하는데 요구되는 물성치를 측정하는 물성치 측정단계(S10);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 구조물의 나노압입 결과로부터 릴랙세이션 함수를 산출하고, 산출된 릴랙세이션 함수를 고려한 구조물의 유한요소 해석을 바탕으로 구조물의 장기거동을 예측하며, 이에 기반하여 유지관리 지표를 산출함으로써 구조물의 상태를 평가하는 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 건축, 토목 구조물에 적용되는 강구조는 단위 중량에 비해 비강도가 크고 구조물에 들어가는 물량이 상대적으로 작아 경제적이어서 활용도가 매우 높다. 특히, 강재는 강도가 높고 연성이 우수하며, 거동이 예측 가능하므로 설계가 용이한 이점이 있다. 이러한 장점들로 인해, 강재는 단일 강구조 뿐만 아니라 콘크리트로 제작되는 부재에도 인장재로 활용되는 등 건축, 토목 기술분야에서 광범위하게 활용되고 있다.

[0003] 한편, 강재는 인장재로서 기능하므로 최초 확보된 인장응력에도 불구하고, 시간이 경과함에 따라 일정부분 응력이 감소하는 특성이 있다. 이러한 강재의 응력감소를 릴랙세이션(Relaxation)이라 하며, 형상의 측면에서 변형이 점진적으로 증가하는 현상을 크리프(Creep)라 지칭한다. 즉, 강재는 시간이 경과함에 따라 구조재로서 기능이 점진적으로 저하되는 바, 장기거동에 따른 구조물의 유지관리가 필수적이다.

[0004] 이러한 이유로, 최초 강재를 이용한 구조물이 완성되면 초기 설계값에 기초하여 장기거동에 의한 변형율을 사전에 산정하게 되며, 시간의 경과에 따른 특정시점에 구조물을 점검하여 사전에 산정된 변형율과 대비함으로써 이를 구조물의 유지관리에 대한 지표로 삼게 된다.

[0005] 그러나, 이와 같은 종래의 유지관리 지표 산출방식은 주기적으로 반복되는 점검을 바탕으로 사전에 산정된 기준 변형율과의 일대일 대비만으로 현재 시점의 구조 안전성만을 검토하는 것에 국한되었다. 즉, 구조물에 대한 장기간에 걸친 유지관리 계획을 확보하거나, 구조물에 대한 사용지침을 확보하지 못하는 한계가 있었다.

[0006] 나아가, 객관화된 지표가 없이 점검자의 현장점검 결과에만 전적으로 의존함에 따라 부정확한 데이터가 측정되는 경우에는 구조물의 내구성과 안전성을 담보하지 못하였으며, 비파괴 검사 방법을 제외하고는 강재의 점검과정에서 구조물의 손상이 불가피한 한계가 있었고, 비파괴 검사 방법에 의하더라도 여전히 정확성이 담보되지 못하는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 101677840 B1

(특허문헌 0002) KR 101706819 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 구조물의 현재 시점은 물론 장기거동에 따른 구조 안전성을 검토할 수 있으며, 이를 바탕으로 구조물에 대한 장기간에 걸친 유지관리 계획을 확보할 수 있고, 사용지침을 수립할 수 있으며, 추가적으로 구조물의 손상을 최소화하면서도 정확한 진단이 가능한 릴랙세이션에

의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S)은, 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출하는 릴랙세이션 함수 산출부(20); 상기 릴랙세이션 함수 산출부(20)가 산출한 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+tm})을 산정하는 관리 대상량 산정부(30); 및 현 시점의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+tm}$)과, 산정된 관리 대상량(Δ_{n+tm})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하는 유지관리 지표 산출부(40);를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 또한, 상기 유지관리 지표 산출부(40)는, 현 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)에 대한 실제 관리 대상량(Δ_n)의 비(R_n)와, 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+tm}$)에 대한 산정된 관리 대상량(Δ_{n+tm})의 비(R_{n+tm})를 바탕으로 유지관리 지표를 산출할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 유지관리 지표 산출부(40)는, 상기 $R_n < 1.0$ 인 경우에 $R_{n+tm} < 1.0$ 이면 '양호'로, $R_{n+tm} > 1.0$ 이면 '주의'로 산출하며, 상기 $R_n > 1.0$ 인 경우에 $R_{n+tm} < 1.0$ 이면 '경계'로, $R_{n+tm} > 1.0$ 이면 '심각'으로 산출할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 R_n 과 R_{n+tm} 을 이용하여 세분화된 유지관리 지표를 산출하는 세분화 지표 산출부(50);를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 세분화 지표 산출부(50)는, $C_n = (R_n + R_{n+tm}) / 2$ 의 값에 근거하여 세분화된 유지관리 지표로서 '매우', '보통' 또는 '약간' 중 어느 하나를 산출할 수 있다.
- [0014] 그리고 구조물에 대한 시료를 바탕으로 나노 압입 시험을 수행하여 릴랙세이션 함수를 산출하는데 요구되는 물성치를 측정하는 물성치 측정부(10);를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 한편, 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법(M)은, 릴랙세이션 함수 산출부(20)가 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출하는 릴랙세이션 함수 산출단계(S20); 관리 대상량 산정부(30)가 산출된 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+tm})을 산정하는 관리 대상량 산정단계(S30); 및 유지관리 지표 산출부(40)가 현 시점의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+tm}$)과, 산정된 관리 대상량(Δ_{n+tm})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하는 유지관리 지표 산출단계(S40);를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 유지관리 지표 산출단계(S40)는, 상기 유지관리 지표 산출부(40)가 현 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)에 대한 실제 관리 대상량(Δ_n)의 비(R_n)와, 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+tm}$)에 대한 산정된 관리 대상량(Δ_{n+tm})의 비(R_{n+tm})를 바탕으로 유지관리 지표를 산출할 수 있다.
- [0017] 또한, 세분화 지표 산출부(50)가 R_n 과 R_{n+tm} 을 이용하여 세분화된 유지관리 지표를 산출하는 세분화 지표 산출단계(S50);를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 그리고 물성치 측정부(10)가 구조물에 대한 시료를 바탕으로 나노 압입 시험을 수행하여 릴랙세이션 함수를 산출하는데 요구되는 물성치를 측정하는 물성치 측정단계(S10);를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템 및 방법에 따르면, 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 이용하여 릴랙세이션 함수를 산출하고, 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량을 산정하여 현 시점과 장기거동 시점을 대비하여 유지관리 지표를 산출함으로써 구조물의 현재 시점은 물론 장기거동에 따른 구조 안전성을 검토할 수 있다.
- [0020] 또한, 장기거동 시점을 기준으로 한 유지관리 지표를 산출하여 구조물에 대한 장기간에 걸친 유지관리 계획을

확보할 수 있고, 그에 부합하는 사용지침을 수립할 수 있다.

[0021] 나아가, 현장에서는 현 시점에서의 관리 대상량을 측정하고, 나노 압입 시험을 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출함에 요구되는 물성치만을 측정하면 충분한 바, 구조물에 가해지는 손상을 최소화할 수 있다.

[0022] 뿐만 아니라, 정량화된 유지관리 지표를 바탕으로 정확하면서도 객관화된 장기거동에 따른 진단을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 장치의 하드웨어 구성도를 나타낸 블록도.

도 3은 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법을 개략적으로 도시한 흐름도.

도 4 내지 도 7은 실시예 1 내지 4에 있어서, 처짐량에 대한 초기 설계값(파란색)과 업데이트된 값(붉은색)을 나타낸 그래프이다.

도 8은 강재의 릴랙세이션에 대한 개념적 원리를 설명하기 위한 맥스웰 모형의 개념도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하에서는 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S) 및 방법(M)에 대하여 첨부한 도면을 바탕으로 상세하게 설명한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S)의 구성을 개략적으로 도시한 블록도로 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 산출된 릴랙세이션 함수나, 관리자에 의하여 입력된 관리 대상정보가 저장되는 데이터베이스(D), 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출하는 릴랙세이션 함수 산출부(20), 장기거동 시점의 관리 대상량을 산정하는 관리 대상량 산정부(30) 및 유지관리 지표를 산출하는 유지관리 지표 산출부(40)를 포함하는 처리장치(P) 그리고 필요에 따라 각종 정보를 처리장치(P)에 입력하거나 상기 처리장치(P)가 산출한 정보를 제공받는 단말기(T)를 포함한다.

[0026] 또한, 상기 데이터베이스(D), 처리장치(P) 및 단말기(T)는 상호 통신망을 통하여 정보를 송수신할 수 있다. 이 경우, 상기 통신망은 유무선 인터넷, 인트라넷, LAN 등의 다양한 방식으로 제공되어 상호 통신할 수 있으며, 상기 단말기(T)는 태블릿 PC, 노트북 또는 데스크탑 등 다양한 기기가 이용될 수 있다.

[0027] 한편, 본 발명에서 정의하는 "관리장치(P)"는 노트북, 컴퓨터, 스마트폰 또는 스마트패드(E-PAD)등과 같은 단말 상에서 구현되는 중앙처리장치를 의미하며, 서버의 형태로서 인터넷을 통해 소정의 서비스를 제공할 수 있는 형태일 수 있으며, 사용자는 자신의 컴퓨터나 스마트폰 또는 스마트패드 등과 같은 단말을 이용해 서버에 네트워크로 접속하여 제공하는 서비스를 이용할 수 있으며, 도 2에 도시된 바와 같이 하나 이상의 프로세서, 네트워크 인터페이스, 상기 프로세서에 의해 수행되는 컴퓨터 프로그램을 로드하는 메모리, 대용량 네트워크 데이터 및 컴퓨터 프로그램을 저장하는 스토리지 및 시스템 버스를 포함하도록 구현될 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 명세서에서 기술한 '~부'란, '하드웨어 또는 소프트웨어의 시스템을 변경이나 플러그인 가능하도록 구성한 블록'을 의미하는 것으로서, 즉 하드웨어나 소프트웨어에 있어 특정 기능을 수행하는 하나의 단위 또는 블록을 의미한다.

[0029] 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S)은, 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 산출된 릴랙세이션 함수나, 관리자에 의하여 입력된 안전성 검토항목으로서 처짐량, 장력 등의 관리 대상정보를 포함하는 데이터베이스(D)를 활용하여 구조물에 대한 유지관리 지표를 산출한다.

[0030] 한편, 상기 처리장치(P)의 릴랙세이션 함수 산출부(20)는 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출한다. 이때, 상기 릴랙세이션 함수를 산출하는 구조물의 물성치, 예컨대 탄성계수(E), 점도(η) 등은 후술할 물성치 측정부(10)에 의하여 측정되어 자동으로 데이터베이스(D)에 전송되거나, 관리자가

단말기(T)로 직접 측정된 값을 입력할 수 있다.

[0031] 상기 릴랙세이션 함수는 다음의 수학식 1의 형태로 표현될 수 있다.

수학식 1

$$r(\%) = r_{\lim} \left[1 - e^{-\frac{t}{t_r}} \right]$$

[0032]

[0033] 상기 릴랙세이션 함수는 도 8에 도시된 바와 같이 3개의 요소(2개의 스프링과 1개의 감쇠)를 가진 일반화된 맥스웰 (Generalized Maxwell)모형을 바탕으로 릴랙세이션 손실($r(\%)$)이 계산될 수 있으며, 이는 응력 감소량을 초기 재하응력으로 나눈 값으로, $r_{\lim} = 100E_2/(E_1 + E_2)$ 와 $t_r = \eta/E_2$ (E_1 , E_2 는 탄성계수, η 는 점도)은 매개변수이다.

[0034] 상기 릴랙세이션 함수 산출부(20)에 의하여 릴랙세이션 함수가 산출되면 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산출한 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 산정한다. 유한요소 해석에는 범용의 시뮬레이션 프로그램이 활용될 수 있다. 이때, 장기거동 시점($n+m$)은 현재시점(n)을 기준으로 m 년이 경과된 시점으로 정의할 수 있다.

[0035] 구체적으로, 상기 관리 대상량 산정부(30)는 구조물의 내구연한 이내의 특정한 장기거동 시점($n+m$)을 기준으로 관리 대상량(Δ_{n+m})을 산출한 릴랙세이션 함수와 유한요소 해석을 바탕으로 산정하게 되며, 관리 대상정보가 치집인 경우에는 관리 대상량은 치집량이 되며, 관리 대상정보가 장력인 경우에는 관리 대상량은 장력값이 된다.

[0036] 상기 관리 대상량 산정부(30)가 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 산정하면, 상기 유지관리 지표 산출부(40)가 현 시점(n)의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)과, 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산정한 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 이용하여 유지관리 지표를 산출한다.

[0037] 이때, 현 시점(n)의 실제 관리 대상량(Δ_n)은 구조물의 실측을 바탕으로 단말기(T)를 이용하여 데이터베이스(D)에 입력할 수 있으며, 최초 강재를 이용한 구조물이 완성되면 초기 설계값에 기초하여 장기거동에 의한 변형율을 사전에 산정하게 되므로, 현 시점(n)의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)은 초기 설계값에 대한 현 시점(n)의 경과를 기준으로 특정할 수 있다. 또한, 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)도 마찬가지로 초기 설계값에 대한 장기거동 시점($n+m$)의 경과를 기준으로 특정할 수 있다.

[0038] 따라서, 상기 유지관리 지표 산출부(40)는 측정된 현 시점(n)의 실제 관리 대상량(Δ_n), 초기 설계값으로 이미 설계된 현 시점(n)과 장기거동 시점($n+m$)의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)($\Delta_{d,n+m}$)을 바탕으로, 산정된 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하게 된다.

[0039] 이로써, 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S)에 의하면, 구조물의 현재 시점에 대한 안전성 검토는 물론, 장기거동에 따른 구조적 안전성을 검토할 수 있으므로, 장기거동 시점을 기준으로 한 유지관리 지표를 산출하여 구조물에 대한 장기간에 걸친 유지관리 계획을 확보할 수 있고, 그에 부합하는 사용지침을 수립할 수 있다.

[0040] 일 실시예로, 상기 유지관리 지표 산출부(40)는 현 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)에 대한 실제 관리 대상량(Δ_n)의 비(R_n)와, 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)에 대한 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})의 비(R_{n+m})를 바탕으로 유지관리 지표를 산출할 수 있다.

[0041] 즉, 상기 R_n 과 R_{n+m} 은 다음의 수학식 2로 표현할 수 있다.

수학식 2

$$R_n = \frac{\Delta_n}{\Delta_{d,n}}$$

$$R_{n+m} = \frac{\Delta_{n+m}}{\Delta_{d,n+m}}$$

[0042]

[0043] 상기 유지관리 지표 산출부(40)는 표 1에 도시된 바와 같이 수학식 2를 바탕으로 상기 $R_n < 1.0$ 인 경우에 $R_{n+m} < 1.0$ 이면 '양호'로, $R_{n+m} > 1.0$ 이면 '주의'로 산출하며, 상기 $R_n > 1.0$ 인 경우에 $R_{n+m} < 1.0$ 이면 '경계'로, $R_{n+m} > 1.0$ 이면 '심각'으로 산출함으로써 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표를 산출할 수 있다.

표 1

[0044]

지표에 따른 구조물의 상태 평가

상태	R_n	R_{n+m}
양호	< 1.0	< 1.0
주의	< 1.0	> 1.0
경계	> 1.0	< 1.0
심각	> 1.0	> 1.0

[0045] 한편, 상기 처리장치(P)는 상기 R_n 과 R_{n+m} 을 이용하여 세분화된 유지관리 지표를 산출하는 세분화 지표 산출부(50)를 더 포함할 수 있다. 상기 세분화 지표 산출부(50)는 유지관리 지표 산출부(40)에 의하여 산출된 4가지 상태 지표 항목으로서 '양호', '주의', '경계' 및 '심각'에 대하여 각각 '매우', '보통' 및 '약간'의 단계로 세분화할 수 있다.

[0046] 일 실시예로, 상기 세분화 지표 산출부(50)는 세분화된 유지관리 지표로서 '매우', '보통' 또는 '약간' 중 어느 하나를 산출함에 있어서 다음의 수학식 3에 근거하여 산출할 수 있다.

수학식 3

$$C_n = \frac{R_n + R_{n+m}}{2}$$

[0047]

[0048] 상기 세분화 지표 산출부(50)는 표 2에 도시된 바와 같이 수학식 3을 바탕으로 상기 유지관리 지표 산출부(40)의 지표 항목이 '양호'인 경우에 $C_n < 0.8$ 이면 '매우'로, C_n 이 $0.8 \sim 0.9$ 이면 '보통'으로, C_n 이 $0.9 \sim 1.0$ 이면 '약간'으로 산출하며, '주의'와 '경계'의 경우에 $C_n > 1.1$ 이면 '매우'로, C_n 이 $1.0 \sim 1.1$ 이면 '보통'으로, $C_n < 1.0$ 이면 '약간'으로 산출하고, '심각'인 경우에 $C_n > 1.2$ 이면 '매우'로, C_n 이 $1.1 \sim 1.2$ 이면 '보통'으로, C_n 이 $1.0 \sim 1.1$ 이면 '약간'으로 산출한다.

표 2

[0049]

지표 크기에 따른 구조물의 상태 평가 세분화

상태	강도	C_n
양호	매우	< 0.8

	보통	0.8 ~ 0.9
	약간	0.9 ~ 1.0
	매우	> 1.1
주의	보통	1.0 ~ 1.1
	약간	< 1.0
	매우	> 1.1
경계	보통	1.0 ~ 1.1
	약간	< 1.0
	매우	> 1.1
심각	보통	1.1 ~ 1.2
	약간	1.0 ~ 1.1
	매우	> 1.2

[0050] 또한, 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S)은 물성치 측정부(10)를 이용하여 구조물에 대한 시료를 바탕으로 나노 압입 시험을 수행하여 릴랙세이션 함수를 산출하는데 요구되는 물성치를 측정할 수 있다.

[0051] 상기 물성치 측정부(10)는 구조물에 대한 나노 압입 시험을 바탕으로 물성치를 측정하며, 측정된 물성치를 바탕으로 릴랙세이션 함수를 산출한다. 이때, 상기 물성치 측정부(10)에 의하여 측정되는 구조물의 물성치는 자동으로 데이터베이스(D)에 전송되거나, 관리자가 단말기(T)로 직접 측정된 값을 입력할 수도 있다. 이로써, 점점 과정에서 불필요하게 구조물에 가해지는 손상을 최소화할 수 있다.

[0052] 한편, 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법(M)은, 상술한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S)의 관리장치(P)에 의하여 수행되는 것으로, 도 3에 도시된 바와 같이 물성치 측정단계(S10), 릴랙세이션 함수 산출단계(S20), 관리 대상량 산정단계(S30) 및 유지관리 지표 산출단계(S40)를 포함할 수 있다.

[0053] 상기 릴랙세이션 함수 산출단계(S20)는 상기 릴랙세이션 함수 산출부(20)가 구조물에 대한 나노 압입 시험의 물성치를 바탕으로 수학적 식 1로 표현되는 릴랙세이션 함수를 산출하는 단계이다. 이때, 상기 릴랙세이션 함수를 산출하는 구조물의 물성치, 예컨대 탄성계수(E), 점도(η) 등은 물성치 측정부(10)에 의하여 측정되어 자동으로 데이터베이스(D)에 전송되거나, 관리자가 단말기(T)로 직접 측정된 값을 입력할 수 있다.

[0054] 상기 릴랙세이션 함수 산출단계(S20) 이후에 진행되는 관리 대상량 산정단계(S30)는 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산출된 릴랙세이션 함수와 구조물에 대한 유한요소 해석을 바탕으로 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 산정하는 단계이다. 상기 관리 대상량 산정단계(S30)에서는 구조물의 내구연한 이내의 특정한 장기거동 시점($n+m$)을 기준으로 관리 대상량(Δ_{n+m})을 상술한 릴랙세이션 함수와 유한요소 해석을 바탕으로 산정하게 되며, 관리 대상정보가 처짐인 경우에는 관리 대상량은 처짐량이 되며, 관리 대상정보가 장력인 경우에는 관리 대상량은 장력값이 될 수 있다.

[0055] 상기 관리 대상량 산정단계(S30) 이후에 진행되는 유지관리 지표 산출단계(S40)는 유지관리 지표 산출부(40)가 현 시점의 실제 관리 대상량(Δ_n)과, 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$) 및 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)과, 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하는 단계이다. 상기 유지관리 지표 산출단계(S40)에서는 측정된 현 시점(n)의 실제 관리 대상량(Δ_n), 초기 설계값으로 이미 설계된 현 시점(n)과 장기거동 시점($n+m$)의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)($\Delta_{d,n+m}$)을 바탕으로, 산정된 장기거동 시점의 관리 대상량(Δ_{n+m})을 이용하여 유지관리 지표를 산출하게 된다.

[0056] 일 실시예로, 상기 유지관리 지표 산출단계(S40)는 현 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n}$)에 대한 실제 관리 대상량(Δ_n)의 비(R_n)와, 장기거동 시점의 설계상 관리 대상량($\Delta_{d,n+m}$)에 대한 산정된 관리 대상량(Δ_{n+m})의 비(R_{n+m})를 바탕으로 유지관리 지표를 산출할 수 있으며, 상기 R_n 과 R_{n+m} 은 상술한 수학적 식 2로 표현될 수 있다. 상기 유지관리 지표 산출단계(S40)에서는 수학적 식 2의 결과값과 표 1에 근거하여 유지관리 지표 항목을 '양호', '주의', '경계' 및 '심각'의 4 가지로 분류하여 산출할 수 있다.

[0057] 한편, 상기 유지관리 지표 산출단계(S40) 이후에는 세분화 지표 산출부(50)가 R_n 과 R_{n+m} 을 이용하여 세분화된

유지관리 지표를 산출하는 세분화 지표 산출단계(S50)가 추가적으로 진행될 수 있다. 일 실시예로, 상기 세분화 지표 산출단계(S50)는 수학적 3의 결과값과 표 2에 근거하여 세분화 항목으로서 각각의 지표 항목별로 '매우', '보통' 및 '약간'의 3 가지로 분류하여 산출할 수 있다.

[0058] 또한, 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 방법(M)은, 상기 릴랙세이션 함수 산출단계(S20) 이전에 상기 물성치 측정부(10)가 구조물에 대한 시료를 바탕으로 나노 압입 시험을 수행하여 릴랙세이션 함수를 산출하는데 요구되는 물성치를 측정하는 물성치 측정단계(S10)를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 물성치 측정단계(S10)에서 측정되는 구조물의 물성치는 자동으로 데이터베이스(D)에 전송되거나, 관리자가 단말기(T)로 직접 측정된 값을 입력할 수도 있다. 이로써, 점검 과정에서 불필요하게 구조물에 가해지는 손상을 최소화할 수 있다.

[0059] 한편, 이하에서는 본 발명의 릴랙세이션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S) 및 방법(M)에 대하여 관리 대상정보를 저장으로 설정한 실시예를 바탕으로 상세하게 설명한다.

실시예 1

[0060] 측정시점 n : 5년, 현 시점(n)의 처짐량(Δ_n): 171mm, 현 시점(n)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 218mm, 장기거동 시점 $n+m$: 35년, 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산정한 장기거동 시점($n+m$)의 처짐량(Δ_{n+m}): 326mm, 장기거동 시점($n+m$)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 391mm 인 경우

[0061] 한편, 도 4는 실시예 1에 있어서, 처짐량에 대한 초기 설계값(파란색)과 현 시점에서 측정되고, 릴랙세이션 함수에 근거하여 업데이트된 값(붉은색)을 나타낸 그래프이다.

[0062] 실시예 1의 경우,

$$[0063] R_n = \frac{\Delta_n}{\Delta_{d,n}} = \frac{171}{218} = 0.784 < 1.0, R_{n+30} = \frac{326}{391} = 0.834 < 1.0$$

$$[0064] C_n = \frac{R_n + R_{n+30}}{2} = \frac{0.784 + 0.834}{2} = 0.809 (> 0.8 \text{ and } < 0.9)$$

[0065] 이므로, 구조물의 유지관리 지표로서 '보통 양호' 상태로 결정한다.

실시예 2

[0066] 측정시점 n : 5년, 현 시점(n)의 처짐량(Δ_n): 199mm, 현 시점(n)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 218mm, 장기거동 시점 $n+m$: 35년, 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산정한 장기거동 시점($n+m$)의 처짐량(Δ_{n+m}): 416mm, 장기거동 시점($n+m$)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 391mm 인 경우

[0067] 한편, 도 5는 실시예 2에 있어서, 처짐량에 대한 초기 설계값(파란색)과 현 시점에서 측정되고, 릴랙세이션 함수에 근거하여 업데이트된 값(붉은색)을 나타낸 그래프이다.

[0068] 실시예 2의 경우,

$$[0069] R_n = \frac{\Delta_n}{\Delta_{d,n}} = \frac{199}{218} = 0.912 < 1.0, R_{n+30} = \frac{416}{391} = 1.064 > 1.0$$

$$[0070] C_n = \frac{R_n + R_{n+30}}{2} = \frac{0.912 + 1.064}{2} = 0.988 (< 1.0)$$

[0071] 이므로, 구조물의 유지관리 지표로서 '약간 주의' 상태로 결정한다.

실시예 3

[0072] 측정시점 n : 5년, 현 시점(n)의 처짐량(Δ_n): 258mm, 현 시점(n)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 218mm, 장기거동 시점 $n+m$: 35년, 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산정한 장기거동 시점($n+m$)의 처짐량(Δ_{n+m}): 350mm, 장기거동 시점

($n+m$)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 391mm 인 경우

[0073] 한편, 도 6은 실시예 3에 있어서, 처짐량에 대한 초기 설계값(파란색)과 현 시점에서 측정되고, 릴랙сей션 함수에 근거하여 업데이트된 값(붉은색)을 나타낸 그래프이다.

[0074] 실시예 3의 경우,

$$R_n = \frac{\Delta_n}{\Delta_{d,n}} = \frac{258}{218} = 1.183 > 1.0, R_{n+30} = \frac{350}{391} = 0.895 < 1.0$$

[0075]

$$C_n = \frac{R_n + R_{n+30}}{2} = \frac{1.183 + 0.895}{2} = 1.039 (> 1.0 \text{ and } < 1.1)$$

[0076]

[0077] 이므로, 구조물의 유리관리 지표로서 '보통 경계' 상태로 결정한다.

실시예 4

[0078] 측정시점 n : 5년, 현 시점(n)의 처짐량(Δ_n): 321mm, 현 시점(n)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 218mm, 장기거동 시점 $n+m$: 35년, 상기 관리 대상량 산정부(30)가 산정한 장기거동 시점($n+m$)의 처짐량(Δ_{n+m}): 450mm, 장기거동 시점($n+m$)의 설계상 처짐량($\Delta_{d,n}$): 391mm 인 경우

[0079] 한편, 도 7은 실시예 4에 있어서, 처짐량에 대한 초기 설계값(파란색)과 현 시점에서 측정되고, 릴랙сей션 함수에 근거하여 업데이트된 값(붉은색)을 나타낸 그래프이다.

[0080] 실시예 4의 경우,

$$R_n = \frac{\Delta_n}{\Delta_{d,n}} = \frac{321}{218} = 1.472 > 1.0, R_{n+30} = \frac{450}{391} = 1.151 < 1.0$$

[0081]

$$C_n = \frac{R_n + R_{n+30}}{2} = \frac{1.472 + 1.151}{2} = 1.311 (> 1.2)$$

[0082]

[0083] 이므로, 구조물의 유리관리 지표로서 '매우 심각' 상태로 결정한다.

[0085] 이상에서 살펴본 본 발명에 따른 릴랙сей션에 의한 장기거동을 고려한 구조물 유지관리 지표 산출 시스템(S) 및 방법(M)은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상이나 필수적 특징으로 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0086] 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 한정적인 것이 아닌 것으로 이해되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0087] S: 구조물 유지관리 지표 산출 시스템

D: 데이터베이스 T: 단말기

P: 처리장치 10: 물성치 측정부

20: 릴랙сей션 함수 산출부 30: 관리 대상량 산정부

40: 유지관리 지표 산출부 50: 세분화 지표 산출부

M: 구조물 유지관리 지표 산출 방법

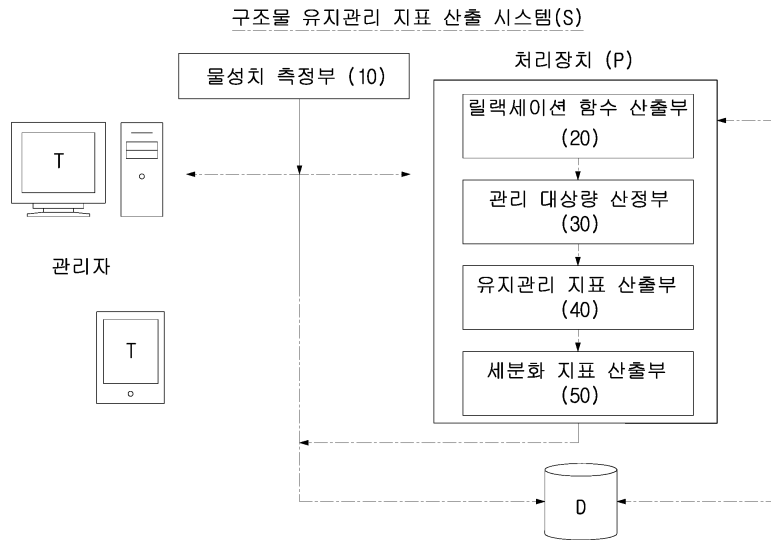
S10: 물성치 측정단계 S20: 릴랙сей션 함수 산출단계

S30:관리 대상량 산정단계 S40:유지관리 지표 산출단계

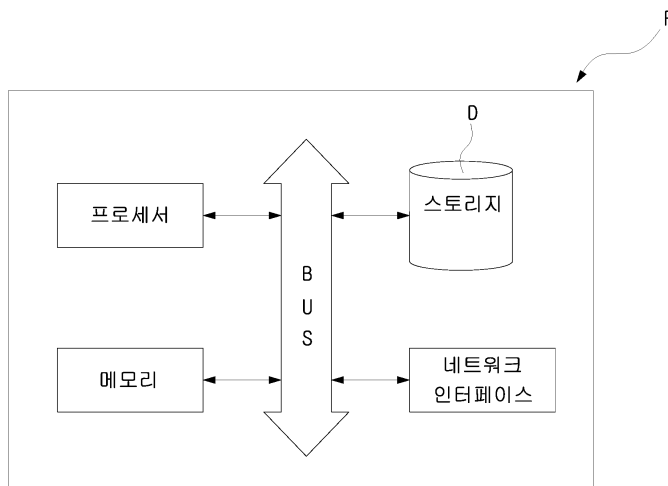
S50:세분화 지표 산출단계

도면

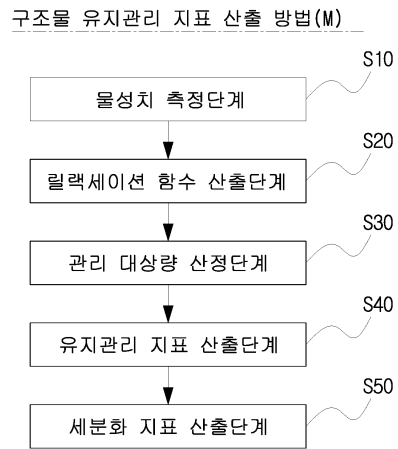
도면1



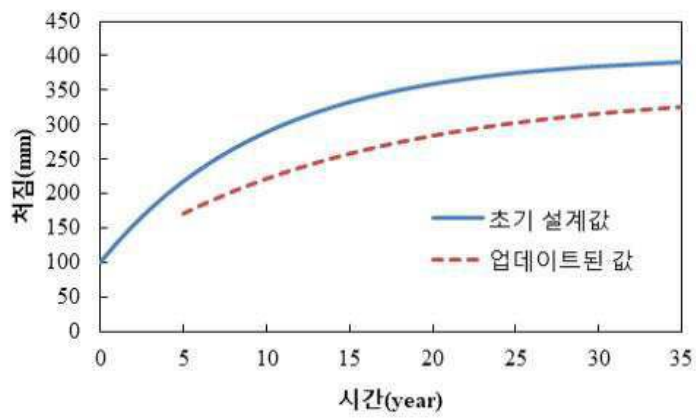
도면2



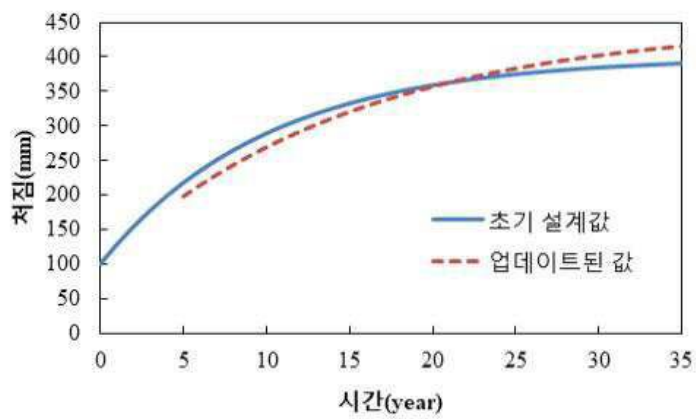
도면3



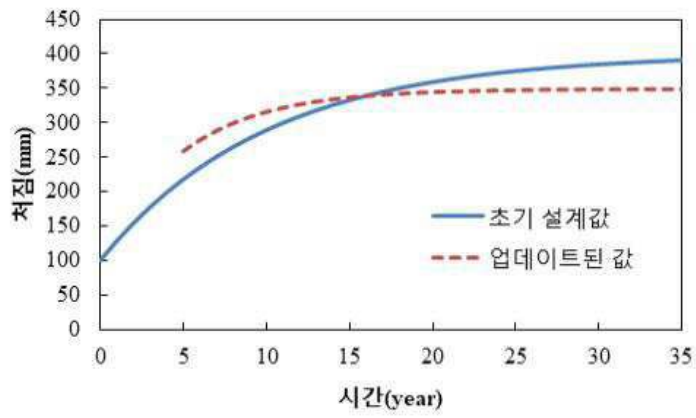
도면4



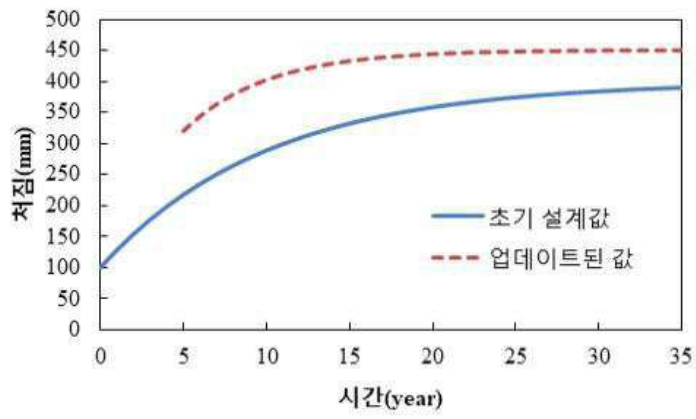
도면5



도면6



도면7



도면8

